

## 저체온 개심술시 혈당 및 전해질치의 변화에 관한 연구

영남대학교 의과대학 바위과학교실

유 병 렬 · 김 흥 대

영남대학교 의과대학 병리학교실

이 태 숙

### 서 론

개심술이 활발해짐에 따라 체외순환을 이용한 심장수술시 손상받기 쉬운 심근을 어떻게 보호하느냐가 중요한 과제가 되고있다. 1953년 Gibbon이 처음으로 체외순환을 이용한 개심술에 성공한 이후<sup>1)</sup> 심근을 보호하려는 노력이 계속되어 오면서 지금까지 간헐적 대동맥차단 (intermittent aortic cross clamping), 직접관상동맥관류 (direct coronary perfusion), 저체온(hypothermia), 냉각된 심정지용액(cold cardioplegic solution)의 사용 등 여러가지 방법이 시도되어왔으나 오늘날 후자의 두 방법이 가장 흔히 사용되어지고 있다.

한편 포도당이 심근의 허혈상태(ischemic state)에서는 가장 중요한 에너지원이 되므로 이의 투여가 무산소혈증(anoxemia) 상태의 심근을 보호하고 혈액제관류시 심근기능이 잘 회복된다<sup>2~6)</sup>고 하여 체외순환시 사용되는 충전액 (priming solution)에는 지금까지 포도당용액을 다량으로 혼합하여 사용하여 왔다.

그러나 저체온법을 병용한 체외순환의 경우 여러 가지 기전으로 혈당치가 증가된다는 보고가 많으며<sup>7~9)</sup> 저체온 개심술시 혈당치의 변화에 관한 지금까지의 연구에서는 충전액에 다량의 포도당 용액을 혼합한 상태에서 이루어졌기 때문에 본 연구에서는 충전액내의 혈당치가 100 mg %이하인 2예에서만 포도당을 혼합하고 그 외에는 포도당을 혼합하지 않고 만든 인공심폐기의 충전액을 사용한 저체온하 체외순환에서의 혈당과 전해질치의 변화를 관찰하였던 바 그 결과를 보고하는 바이다.

### 대상 및 방법

1986년 6월 1일부터 동년 8월 31일까지 3개월간 영남대학교 의과대학 부속병원에서 시행된 개심술환자중 체외순환기간이 40분이상인 환자 25명을 대상으로 하였으며 수술이 계획된 성인에서는 마취 8시간전부터, 소아에서는 6시간전부터 금식시켰고 마취전처치는 마취유도 2시간전부터 포도당농도가 100 mg % (Hartmann's solution 1,000ml + 50% dextrose 2 ml)인 포도당함유 평형전해질용액을 성인에서는 5ml/kg/hr로, 소아에서는 10ml/kg/hr로 정수 유지하였고 전투약으로는 morphine sulfate 0.1 mg/kg hydroxyzine 1 mg/kg와 glycopyrrolate 0.01 mg/kg (최고용량 0.2 mg) 을 마취유도 1시간전에 혼합 근육주하였다. 환자가 수술실에 도착한후 각종 감시장치를 부착하였으며 마취유도는 산소전처치(preoxygenation)와 동시에 정확에 따라 Valium® 0.2 mg/kg과 morphine 0.2 mg/kg 또는 penthotal sodium 3~5 mg/kg 을 먼저 정주한후 Norcuron® 0.1 mg/kg을 정주하여 3분간 용수조전호흡을 시행한 후 기관내삽관하였고 환자의 동맥혈이산화탄소분압 (PaCO<sub>2</sub>) 이 35 torr 정도가 되도록 분당 호흡량을 계산한 마취용호흡기를 이용하여 조절호흡을 시행하였다. 직접동맥모확보는 마취유도전 또는 유도 후에 modified Allen's test로 좌골동맥의 혈류를 확인한 후 좌측 요골동맥을 천자하여 22 G 카테타를 삽입하고 pressure transducer (Model P<sub>23</sub>, Gould Inc., Oxnard, California, USA)를 통하여 Lifescope II (Model OMP-7201, Nihon Kohden, Tokyo, Japan)에 연결한후 직접동맥압을 계속 감시하였고 중심정맥모는 쇄골상위식 쇄골하정맥 카테타삽입법으로 우측쇄골하정맥에 카테타를 삽입하였으며 수술중 주입되는 모든 수액은 100 mg %의 포도당함유 평형전해질용액으로 하였다.

인공심폐기의 oxygenator는 Bentley BOS-

10™ 또는 BOS-5™ (Bentley Laboratory, Irvine, California, USA)으로, pump는 roller pump(Model Polystan A/S, Polystan Copenhagen, Denmark)를 사용하였다. 심폐기내 충전액의 총량은 체중이 25 kg미만의 환자는 1,200 ml로, 25 kg이상의 환자는 1,700 ml로 하였고 충전액에는 체외순환시의 저혈구용적이 30%정도가 유지되도록 하기위하여 저장기간이 48시간 이내의 저장전혈을 계산하여 혼합하였는데 혼합혈액은 전혈의 포도당치는 미리 검사하여 알아모았으며 충전액에 필요한 양의 저장전혈을 혼합한 후 충전액용액의 포도당치를 측정하여 100mg %이상이면 포도당용액을 추가하지 않았고 100 mg %이하인 경우에는 포도당용액을 추가하였다. 충전액에 저장전혈을 혼합할 때에는 저장전혈 1 pint (400 ml)당 sodium bicarbonate 10 mEq, heparin 10~20 mg과 calcium chloride 360 mg을 첨가하고 또한 충전액에는 albumin 2.5 gm와 mannitol 1.0 gm/kg을 추가하였으며 나머지 용량은 Hartmann 용액으로 보충하였다.

체외순환시작후 심폐기를 이용하여 환자의 체온을 서서히 하강시켜 전체외순환시 진화에 따라 체온이 27°C~31°C가 되도록 하였으며 심정지용액은 KCl 30mEq, albumin 2.5 gm, mannitol 5.0 gm, sodium bicarbonate 36 mEq 포도당 5.0 gm을 Hartmann's solution 950ml에 혼합하고 이를 4°C로 냉각하여 폐상동맥으로 주입하였으며 EKG 상에 심근주축이 돌아올려는 증상이 나타나면 반복 주입하였다. 심내수축이 끝난 뒤부터 가온하여 저장온도가 35.5°C 이상이 되고 회복징후(vital signs)가 안정된 후 부분체외순환을 정지하였다.

전 수술과정중 혈당 및 전해질치의 검사와 동맥혈 가스분석은 마취유도후, 부분체외순환시, 전체외순환 5분후, 전체외순환 30분후, 전체외순환 60분후 전체외순환 90분후 체외순환 종료시 및 체외순환 종료 1시간후에 각각 시행하였으며 혈당은 자동분석기(Hitachi Ltd, Tokyo, Japan)를 이용하여 효소법으로, 전해질의 K<sup>+</sup> 치는 Astra-B 시약으로, Ca<sup>++</sup> 치는 Abbott 시약으로 측정하였으며 동맥혈가스치를 Gas Analyser (Model Corning 178, Corning Co., Medifield, Massachusetts, USA)를 사용하여 측정하였다.

얻어진 각각의 치는 평균치±표준편차로 표시하였으며 통계치리는 student's t-test를 이용하였다.

## 성 적

### 1. 연령 및 질병분포

평균연령은 13.2세 (5개월~49세)로서 남자: 14 명이고 여자는 11명이었으며 평균체중은 26.1 kg (5.1 kg~54.0 kg)이었다. 질병분포는 심실중격결손증(VSD: Ventricular Septal Defect)이 11예였고 판막질환(판막질환(Valvular heart disease)은 7예로서 승모판협착증(MS: Mitral Stenosis)이 3예, 승모판역류증(MR: Mitral Regurgitation), 삼첨판역류증(TR: Tricuspid Regurgitation), 대동맥판역류증(AR: Aortic Regurgitation), 대동맥판협착증(aortic regurgitation and mitral stenosis)이 각각 1예이었으며 Fallot씨 4증후군(TOF: Tetralogy of Fallot)이 5예, 심

Table 1. Distribution of age and disease of the patients.

Age (yr)	Diseases			Total
	VSD	ASD	TOF	
1~9	8	1	5	14
10~19	2			5
20~29	1	1		3
30~39				2
40~49				1
Total	11	2	5	25

VSD: Ventricular septal defect

ASD: Atrial septal defect

TOF: Tetralogy of Fallot

### 2. 충전액의 혈당치

충전액의 총용량은 1,430 ± 259.2 ml였고 충전액

Table 2. Components of priming solution

Total volume (ml)	1,430 ± 259.2
Mixed amount of banked blood (ml)*	678.0 ± 128.2
Added amount of dextrose solution (mg)	0 **
Glucose levels of priming solution (mg%)	151.6 ± 31.3

Mean ± S. D.

\* Glucose level of banked blood for 48 pints: 352.0 ± 23.2 mg%

\*\* 2 cases: Added 100mg, 400mg respectively.

방중격결손증(ASD: atrial septal defect)이 2  
에 있다(Table 1).

**2. 중전액의 혈당치**

중전액의 총용량은 1,430 ± 259.2ml였고, 중전액  
의 저혈구용적이 30%정도가 되도록 하기 위하여  
혼합한 저장전혈의 양은 678.0 ± 128.2ml 였으며  
중전액에 혼합한 저장전혈 중 48 pints의 평균 혈  
당치는 352.0 ± 23.2 mg %이었다. 중전액에 혼합된  
저장전혈량이 적은 2예에서는 중전액의 포도당치가  
100 mg %이하이어서 dextrose 용액 400 mg, 포도  
100 mg을 각각 추가하였으며 그외의 모든예에서는  
포도당용액은 보충하지 않았으며 중전액의 혈당치는

151.6 ± 31.3 mg %이었다 (Table 2)

**3. 혈당치의 변화**

마취유도후의 체취혈에서 환자의 혈당치는 93.3  
± 16.9 mg %이었으며 부분체외순환이 시작되어 환  
자의 혈액과 중전액이 혼합된 후의 혈당치는 135.  
9 ± 26.9 mg %이었다. 체외순환이 시작되고 체온이 하강  
된 전체의순환 5분후의 혈당치는 148.7 ± 21.3 mg  
%로 부분체외순환시의 혈당치인 135.9 ± 26.9 mg  
%보다 유의한 증가를 나타내었으며 (P < 0.05)  
(Table 3, Fig. 1), 체온이 하강되고 체외순환시  
간이 지속됨에 따라 혈당치는 점차 증가되어 전체외  
순환 90분후에는 혈당치가 224.0 ± 25.0 mg %로 부

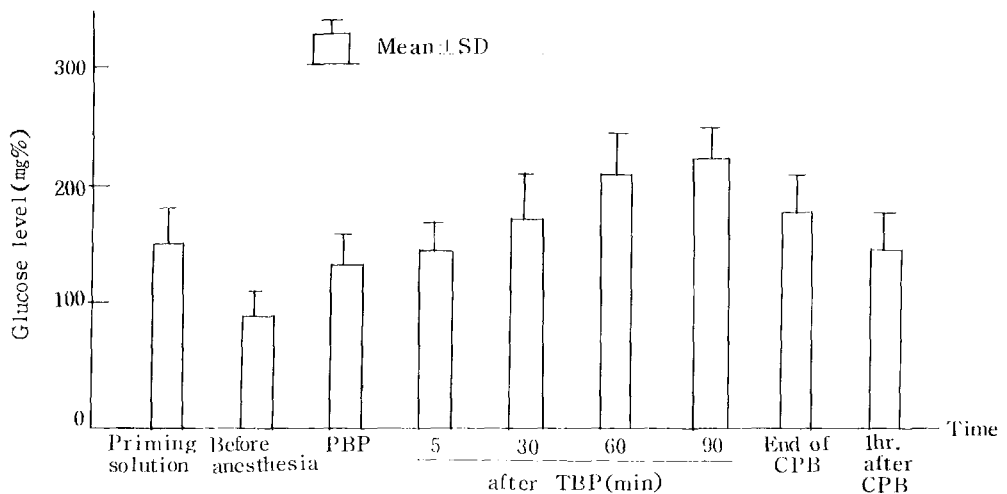
**Table 3.** Changes in serum glucose and electrolyte levels during open heart surgery

Parameter	After induc - tion		After TBP(min)				End of CPB	1 hr. after CPB
	PBP	5	30	60	90			
Glucose (mg%)	93.3 ± 16.9	135.9 ± 26.9	148.7 ± 21.3*	175.4 ± 31.4**	210.3 ± 34.0**	224.0 ± 25.0**	180.3 ± 33.6**	151.8 ± 31.6*
K <sup>+</sup> (mEq / L)	4.0 ± 0.7	3.3 ± 0.6	3.2 ± 0.5	2.9 ± 0.4*	2.9 ± 0.4*	3.2 ± 0.4	3.1 ± 0.3	3.6 ± 0.4
Ca <sup>++</sup> (mEq / L)	8.8 ± 0.9	8.7 ± 1.0	11.8 ± 2.0*	11.2 ± 1.8*	11.0 ± 1.8*	8.6 ± 0.4	9.9 ± 1.3	9.8 ± 1.1

Mean ± S. D., PBP : Partial by-pass, TBP : Total by-pass

CPB : Caridopulmonary by-pass

\* P < 0.05, \*\*P < 0.005, compared to the values shown in PBP



**Fig. 1.** Changes in glucose level during open heart surgery.

분체외순환시보다 훨씬하게 증가되었으며( $P < 0.005$ ) 체온이 가운데에 따라 혈당치는 저서히 감소되어 체온이 정상화되고 체외순환이 종료되기 직에는 혈당치가  $180.3 \pm 33.6 \text{ mg \%}$ 로서 저체온체외순환 90분후보다도 낮았으나( $P < 0.005$ ) 부분체외순환시보다도 높았으며( $P < 0.005$ ) 체외순환 종료 1시간후에는 혈당치가  $151.8 \pm 31.6 \text{ mg \%}$ 로 더욱 감소되었는데 이는 부분체외순환시의 혈당치보다도 증가된 상태를 나타내었다( $P < 0.05$ ). 체외순환기간은 최단 40분 최장 2시간 15분으로 평균  $79.6 \pm 27.8$ 분이었으며 체외순환기간이 길어질수록 혈당치는 뚜렷하게 증가되었다.

그러나 심실중격결손증, 심방중격결손증, Fallot

씨 4중후궁, 원막전좌 등의 질병에 따른 혈당치의 변화에는 큰 차이가 없었으며(Fig. 2) 연령별로는 초아가 성인보다 조금 낮았으나 뚜렷한 차이는 없었다(Fig. 3)

3. 전해질치의 변화

비취유도후의 체취혈에서 환자의 혈청  $K^+$  치는  $4.0 \pm 0.7 \text{ mEq / L}$ 이었고 부분체외순환후의 환자의 혈청  $K^+$  치는  $3.3 \pm 0.6 \text{ mEq / L}$ 이었으나 체온이 저하됨에 따라 감소되어 저체온체외순환 60분후에는  $2.9 \pm 0.4 \text{ mEq / L}$ 이었으며( $P < 0.05$ ) 가운데에 따라 점차 증가하여 체외순환이 끝나고 1시간후에는  $3.6 \text{ mEq / L}$ 로 비취유도후보다 조금 낮았다. 혈청

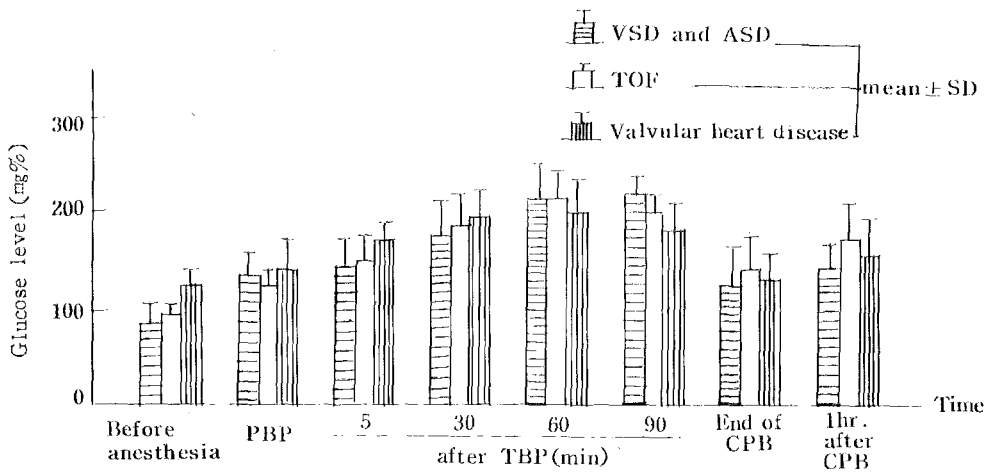


Fig. 2. Changes in glucose levels of disease during open heart surgery.

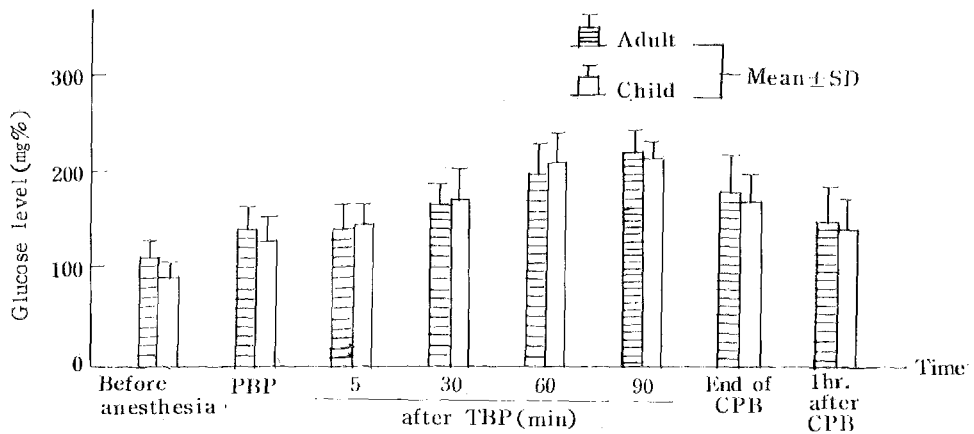


Fig. 3. Change in glucose levels of ages during open heart surgery.

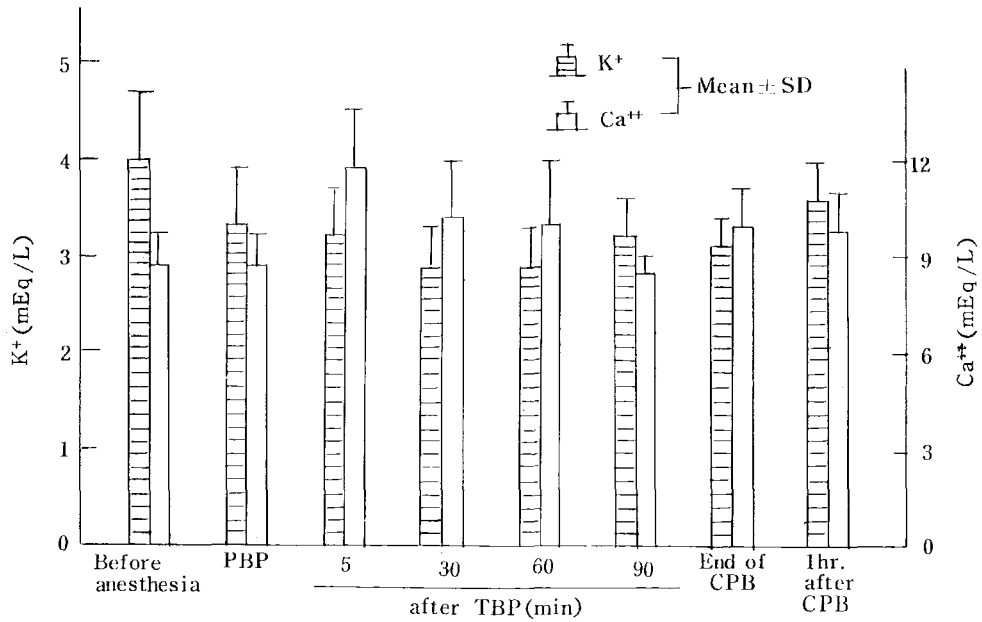


Fig. 4. Changes in electrolyte levels during open heart surgery.

Ca<sup>++</sup> 치는 충진액에 calcium chloride 를 보충 하였기때문에 체외순환중에는 증가되었으나 체외순환 후에는 감소되었다 (Table 3 & Fig. 4).

4. 동맥혈 가스분석치의 변화

마취유도후 산소흡입농도의 증가로 인하여 마취전 과정을 통하여 동맥혈산소분압 (PaO<sub>2</sub>) 은 270mm

Hg 이상으로 높았으며 동맥혈이산화탄소 (PaCO<sub>2</sub>) 은 체외순환중에는 마취유도후 보다 조금 낮았으나 통계적 의의는 없었다. pH 및 HCO<sub>3</sub>는 의의있는 변화없이 거의 일정한 수준으로 유지되었으며 염기과잉 (base excess) 정도도 마취전과정을 통하여 정상범위내이었다 (Table 4 & Fig. 5).

Table 4. Arterial blood gas analysis during open heart surgery

Parameter	After		After TBP (min)				End	1 hr
	induc- tion	PBP	5	30	60	90	of CPB	after CPB
pH	7.42 ± 0.06	7.38 ± 0.05	7.36 ± 0.06	7.43 ± 0.08	7.42 ± 0.07	7.45 ± 0.05	7.44 ± 0.04	7.42 ± 0.05
PCO <sub>2</sub>	35.0 ± 6.3	36.3 ± 4.2	35.0 ± 5.1	33.6 ± 5.3	34.0 ± 6.1	32.1 ± 3.9	31.6 ± 3.4	36.3 ± 3.8
PO <sub>2</sub>	212.0 ± 87.9	197.8 ± 79.9	280.8 ± 168.6	351.0 ± 184.0	372.5 ± 162.3	336.7 ± 157.7	302.2 ± 132.5	240.6 ± 95.9
HCO <sub>3</sub>	22.2 ± 2.8	21.8 ± 2.6	21.7 ± 1.8	21.3 ± 1.8	21.9 ± 1.6	21.8 ± 0.5	21.33 ± 1.8	23.7 ± 2.3
B. E.	-0.55 ± 3.17	-2.72 ± 2.74	-2.82 ± 2.46	-2.10 ± 1.87	-1.96 ± 1.99	-0.95 ± 1.66	-1.82 ± 1.92	-0.04 ± 2.83

Mean ± S. D.

PBP : Partial by-pass

TBP : Total by-pass

CPB : Cardiopulmonary by-pass

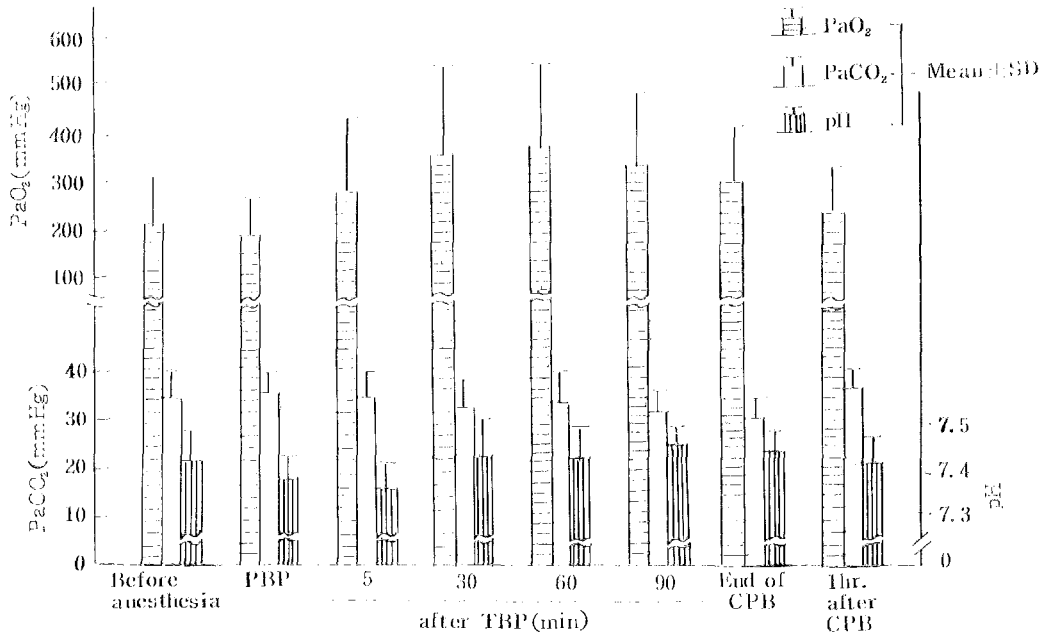


Fig.5. Arterial blood gas analysis during open heart surgery.

고 찰

체외순환 및 저체온의 이로운 기술이 발달됨에 따라 이에 따른 심전제사에 의한 인공도 많이 현명해 지 저체온하에서 체외순환을 시행하는 경우 현명이 증가된다는 것은 이미 주지된 사실이다.

이러한 현명증가의 원인으로서는 저체온에 의한 insulin의 현명도 감소, 감각능 저하 및 포도당배지에 관련된 효소의 억제 등<sup>22) 포도당이용의 감소, stress 및 insulin분비의 감소 등<sup>23) 내적인 요인</sup>을 들 수 있다.</sup>

Hewitt 등<sup>24)은 정성체온과 저체온하에서의 체외순환을 비교한 결과 저체온시 외부에서 주입된 포도당에 대한 insulin반응의 저하를 확인하였으며 이 중<sup>25)도 저체온하 체외순환중 insulin치가 낮아졌고 체온회복시 insulin치가 상승되었다고 하였다. 이러한 insulin반응의 저하를 체장혈류감소도 고려할 수 있지만 췌장의 심전제사 반응의 감소와 관련된다고 하였으며<sup>26)저하된 insulin반응은 가온후 정상체온에서도 계속되며 체외순환후 6시간이 지나야 정상으로 돌아온다고 하였다.<sup>27)또한 주혈중, 마취,병은 등의 stress도 현명증가의 요인으로 작용하며<sup>28)체외순환 그 자체로 catecholamine의 증가가 유래된다. 한편<sup>29)현중 catecholamine이 증가하는 경우 epinephrine과 norepinephrine의  $\alpha$  receptor가 자극되어 insulin분비를 억제하고<sup>30)</sup></sup></sup></sup></sup></sup></sup>

$\beta$  receptor가 자극되어 간당원분해 (hepatic glycogenolysis)가 증가되며 현명이 상승 하게 된다.<sup>31)또 catecholamine의 증가는 췌장의  $\beta$  cell에 직접 작용하여 insulin분비를 저하시킬 뿐이 아니라<sup>32) 간접적으로  $\beta_2$  receptor를 자극하여 현중 K<sup>+</sup>치를 감소시킨다.<sup>33)한다. 체외순환시 나타나는 현중 K<sup>+</sup>치 감소의 원인으로서는 혈액 희석, 호르몬성알칼리증, mineralo-corticoid의 분비증가 및 소변으로 K ion의 배설배분이라고 한다.<sup>34)호르몬성알칼리증에서는 세포내의 H ion이 현명대로 이용되어 감소되며 세포내의 양이온이 평형을 이루기 위하여 현명대의 K ion이 세포내로 이용됨으로써 현명 K<sup>+</sup>치가 감소되며<sup>35)그 정도는 PaCO<sub>2</sub> 10 torr 감소시 K ion은 0.5mEq/L 감소된다고 한다.<sup>36) 그러므로 본 실험에서는 PaCO<sub>2</sub>를 35 torr 정도로 유지시켜 PaCO<sub>2</sub>변화에 따른 K<sup>+</sup>치의 변화를 배제하였다. 체외순환중 초래되는 호전형현명도 또한 이종의 K ion의 세포내 이용에 의하여 현중 K<sup>+</sup>치가 감소되는 원인이 된다.<sup>37) 저체온을 모한 심한 저칼륨혈증 (hypokalemia)을 초래하며 Mavor 등<sup>38)은 저체온시 K<sup>+</sup>치가 감소되는 기전으로 K ion이 소변으로 배설되는 것보다 조직내부의 이용이 더욱 중요하다고 하였으나 김등<sup>39)은 체외순환시 소변 통한 K ion의 배설은 현중 K<sup>+</sup>치와 관련없이 체외순환시보다 체외순환후에 더욱 증가한다고 하였다. 본 실험에서의 현명 K<sup>+</sup>치는 체외순환중의 저체온시에는 낮게 유지되었으나 체온상승후에</sup></sup></sup></sup></sup></sup></sup></sup></sup>

는 점차 증가하였으며 이는 아동<sup>10)</sup>의 결과와도 일치하는 것으로 저체온에서 K ion의 감소는 노중 빠짐보다는 조직내 아동이 더 중요한 것으로 사료된다. 또한 Conn<sup>27)</sup>은 K ion의 감소 자체가 carbohydrate tolerance를 감소시켜 endogenous insulin분비의 감소를 초래하며 이는 고혈당증을 유발시킬 수 있다고 하였다. 또한 체외순환시에는 혈청 K<sup>+</sup>치 외에 Ca<sup>+</sup>치도 감소될 수 있는데 Ca<sup>++</sup>치의 감소도 insulin의 분비를 저하시켜 고혈당증을 유발하는 요인이 된다고 하였으나<sup>28)</sup> 본 실험의 체외순환시에는 Ca<sup>++</sup>치가 증가하였는데 이는 충진액에 저장전액의 혼합시 calcium chloride를 보충하였기 때문이라고 생각된다.

그외에도 체외순환시에는 glucocorticoid의 증가<sup>29)</sup> 성장호르몬의 증가<sup>29)</sup> 또는 출중 glucagon의 증가<sup>30)</sup> 등이 초래되어 insulin분비나 포도당진전제사에 관여함으로써 고혈당증을 일으킬 수도 있고 또 물리지 요인으로는 insulin이 plastic 튜브의 내벽에 붙거나<sup>9)</sup> 산소화기(oxygenator) 사용시 insulin 분자조성중 sulfhydryl linkage에 영향을 주어 산소화기 1시간 사용시 insulin 양이 42% 감소했다는 보고도 있다.<sup>10)</sup>

이상에서 열거된 여러가지 기전에 의하여 체외순환 중에는 혈당치가 증가하게 되는데 이때 외부에서 추가로 다량의 포도당용액을 혼합하면 고혈당증을 더욱 악화 시켜서 과혈당증, 전해질농도이상, 세포의 탈수 및 혼수상태 등을 초래할 수 있게된다. 충진액에 포도당용액을 혼합하는 이점으로는 저산소증 상태에서의 심근보호<sup>2-6)</sup> 소변량의 유지, 충분한 조직관류 및 각종 장기의 신속한 회복<sup>31)</sup>을 돕고 있다. 체외순환 중에는 저산소증 상태에서 심근을 보호해 줄 수 있을 정도의 혈중포도당 농도를 유지해 주는 것이 중요하나 불필요한 고혈당증은 예방함이 타당하겠다.

Butchard 등<sup>6)</sup>은 심근을 보호할 수 있을 정도의 혈중 포도당농도는 150 mg% 이상이라고 하였으며 Miller<sup>10)</sup>는 체외순환중의 혈당치의 유지는 150~300 mg%정도가 적절하다고 하였다. 따라서 충진액내의 포도당농도를 적당한 수준으로 유지하기 위해서는 충진액의 제조시에 저장전혈을 혼합할때에는 저장전혈내에는 저혈구의 생존을 위하여 많은 량의 포도당이 포함되어 있음을 고려해야만 하겠다. 김 등<sup>32)</sup>은 ACD저장전혈의 혈당치가 338.5 mg%라 하였으며 이는 본 실험에서 사용된 ACD저장전혈의 평균혈당치 352.0 ± 23.2 mg%와 비슷한 함량이며 Miller<sup>10)</sup>도 CPD저장전혈의 혈당치는 신선혈시에는 345 mg%이고 저장기간이 길수록 낮아진다고 하

였다. 따라서 충진액에 저장전혈을 혼합하는 경우 혼합되는 저장전혈량에 따라 혈당치가 증가됨을 고려하여 충진액에 혼합하는 저장전혈이나 신선전혈의 양에 따른 전체 충진액내의 혈당치를 계산한 후 저혈당상태의 경우에만 적당량의 포도당용액을 혼합하여 사용됨이 저체온체외순환시 초래될 수 있는 고혈당증을 예방할 수 있는 방법이라 사료된다.

## 요 약

1986년 6월부터 8월 사이에 영남대학교 의과대학 부속병원에서 시행된 개심술 환자 25명(체중 5.1kg~54.0kg)에서 충진액내의 혈당치가 100 mg% 이하인 2예에서만 포도당을 혼합하고 그 외에는 포도당을 혼합하지 않고 만든 인공심폐기의 충진액을 사용한 저체온하 체외순환시 혈당과 전해질치의 변화를 관찰하였던 바 다음과 같은 결과를 얻었다.

- 1) 체외순환전 충진액의 혈당치는 151.6 ± 31.3 mg%였다.
- 2) 마취유도후의 체취혈에서 환자의 혈당치는 93.3 ± 16.9 mg%이었으며 부분체외순환이 시작되어 환자의 혈액과 충진액이 혼합된후의 혈당치는 135.9 ± 26.9 mg%이었다.
- 3) 체외순환중 혈당치는 체온이 하강함에 따라 점차 증가되어 전체외순환 90분후에는 224.0 ± 25.0 mg%로 부분체외순환시 혈당치인 135.9 ± 26.9 mg%보다 현저하게 증가되었으며 (P < 0.005) 체외순환종료시에는 체온상승으로 인하여 점차 감소되어 체외순환 90분후에는 151.8 ± 31.6 mg%로 체외순환 90분후 보다는 낮았으나 (P < 0.005), 부분체외순환시 보다는 높았으며 (P < 0.05) 체외순환기간이 길수록 혈당치는 증가되었으나 나이와 질환에 따른 차이는 없었다.

4) 혈청 K<sup>+</sup>치는 전체외순환 60분 후에는 2.9 ± 0.4 mEq/L로 부분체외순환시의 3.3 ± 0.6 mEq/L보다 낮게 유지되었으며 (P < 0.05) 체외순환종료 후에는 점차 증가되었고 혈청 Ca<sup>++</sup>치는 체외순환중에는 높게 유지되었으나 체외순환 후에는 점차 감소되었다.

이상의 결과로 비추어보아 충진액에 다량의 포도당용액을 과량적으로 사용하는 것보다는 저장전혈의 혼합에 따른 충진액내의 포도당치를 계산한 후 필요에 따라 포도당액을 추가하는 것이 저체온체외순환중의 고혈당증을 예방할 수 있는 타당한 방법으로 생각되며 앞으로 충진액에 대한 더 많은 연구가 필요한 것으로 사료된다.

## 참 고 문 헌

1. Gibbon, J. H., Miller, B. T., and Fineberg, C.: An improved mechanical heart-lung apparatus. *Med. Clin. North America*, 31 : 1603, 1953.
2. Weissler, A. M.: Role of anaerobic metabolism in the preservation of functional capacity and structure of anoxic myocardium. *J. Clin. Invest.*, 47 : 403, 1968.
3. Winbury, M. W.: Influence of glucose on contractile activity of papillary muscle during and after anoxia. *Am. J. Physiol.*, 187 : 135, 1956.
4. Austen, W. G., Greenberg, J. J., and Piccinini, J. C.: Myocardial function and contractile force affected by glucose loading the heart during anoxia. *Surgery*, 57 : 839, 1965.
5. Petracek, M. R., Stevenson, R. L., Jr., Lewis, K. B., Wright, J. R., and Love, J. W.: Effect of hyperglycemia on cardiac tolerance to normothermic anoxic arrest during cardiopulmonary bypass in dogs. *Ann. Surg.*, 172 : 1069, 1970.
6. Butchard, E. G., McEnany, M. T., Strich, G., Sbokos, G., and Austen, W. G.: The influence of prearrest factors on the preservation of left ventricular function during cardiopulmonary bypass. *J. Thorac. Cardiovasc. Surg.*, 79 : 812, 1980.
7. Churchill-Davidson, H. C.: A practice of anaesthesia. 5th ed, Chicago, Year Book Medical Publishers, 1984, p. 538.
8. Lake, C. L.: Cardiovascular anesthesia. New York, Springer-Verlag, 1985, p. 324.
9. Hewitt, R. L., Woo, R. D., and Rydn, J. R.: Plasma insulin and glucose relationships during cardiopulmonary bypass. *Surgery*, 71 : 905, 1972.
10. 이윤우 · 박서우 · 박광원 : 계심술이 혈당 및 insulin 수치에 미치는 영향. *대한내과학회지*, 16 : 138, 1983.
11. Stremmel, W., Schlosser, V., and Koehnlein, H.E.: Effect of open heart surgery with hemodilution perfusion upon insulin secretion. *J. Thorac. Cardiovasc. Surg.*, 64 : 263, 1972.
12. Allison, S. P., Tombin, P. J., and Chamberlain, M. J.: Some effects on anaesthesia and surgery on carbohydrate and fat metabolism. *Br. J. Anaesth.*, 41 : 588, 1969.
13. Baum, D., and Porte, D.: Adrenergic regulation of inhibition of insulin in hypothermia. *Diabetes*, 17 : 298, 1968.
14. Bauer, W. E., Vigas, S. N. M., Haist, R. E., and Drucker, W. R.: Insulin response during hypothermic shock. *Surgery*, 66 : 80, 1969.
15. Moffitt, E. A., Rosevear, J. W., Townsend, C. H., and McGoon D. C.: Myocardial metabolism in patients having aortic valve replacement. *Anesthesiology*, 31 : 310, 1969.
16. Mandelbaum, I., Morgan, C. R.: Effect of extracorporeal circulation upon insulin. *J. Thorac. Cardiovasc. Surg.*, 55 : 526, 1968.
17. Moffitt, E. A., Rosevear, J. W., Molnar, G. D., and McGoon, D. C.: Myocardial metabolism in open-heart surgery: Correlation with insulin response. *J. Thorac. Cardiovasc. Surg.*, 59 : 691, 1970.
18. Miller, R. D., Jr.: Anesthesia. 2nd ed, New York, Churchill Livingstone, 1986, p. 1510, & p. 1335.
19. Katz, J., Benumof, J., and Kadis, L. B.: Anesthesia and uncommon disease. Philadelphia, W. B. Saunders, 1981, p. 3.
20. Fishman, A. P., Fredrickson, D. S., and Gellhorn, A.: Mechanisms of insulin secretion. *N. Engl. J. Med.*, 283 : 522, 1970.
21. Lockwood, R. H., and Lum, B. K. B.: Effects of adrenergic agents and antagonists on potassium metabolism. *J. Pharmacol. Exp. Ther.*, 189 : 119, 1974.
22. Dieter, R. A., Neville, W. E., and Pirarce, R.: Hypokalemia following hemodilution cardiopulmonary bypass. *Ann. of Surg.*, 171 : 17, 1970.
23. Neville, W. E.: Extracorporeal circulation : Current problems in surgery. Chicago,



- Year book publishers, 1967, p. 64.
24. Edwards, R., Winnir, A. P., and Ramamurphy, S.: Acute hypocapnic hypokalemia: An iatrogenic complication. *Aneth. Analg.*, 56: 786, 1977.
  25. Mavor, G. E., Harder, R. A., McEvoy, R. K., McCoord, A. B., and Mahoney, E. B.: Potassium and the hypothermic heart. *Am. J. physiol.*, 185: 521, 1956.
  26. 권중혁, 지행옥 · 김근호: 개심술환자의 뇨중  $K^+$  배설에 관한 임상적 연구. *대한흉부외과학회지*, 15: 40, 1982.
  27. Conn, J. W.: Hypertension, the potassium ion and impaired carbohydrate tolerance. *N. Engl. J. Med.*, 273: 1135, 1965.
  28. Britt, C. I., Lloyd, J. R., Blizzard, R. M., Hamwi, G. I., and Sirak, H. D.: Adrenocortical response to total body perfusion. *Arch. Surg.*, 82: 584, 1961.
  29. MacDonale, R. G., Bucker, J. M. H., and Deverall, P. B.: Growth hormone and blood glucose concentrations during cardiopulmonary bypass. *Br. J. Anaesth.*, 74: 713, 1975.
  30. Russell, R. C. G., Waler, C. J., and Bloom, S. R.: Hyperglucagonaemia in the surgical patient. *Br. Med. J.*, 4: 10, 1975.
  31. Cooley, D. A., Beall, A. C., and Alexander, J. K.: Acute massive pulmonary embolism: Successful surgical treatment using temporary cardiopulmonary bypass. *J. A. M. A.*, 177: 283, 1961.
  32. 김애라 · 전제규: ACD저장혈액의 가스분석 및 칼륨과 혈당치의 관찰. *대한마취과학회지*, 17: 199, 1984.

· Abstract ·

## Changes in Blood Glucose and Electrolyte During Open Heart Surgery

Byeung Lyeul Yoo and Heung Dae Kim

*Department of Anesthesiology  
College of Medicine, Yeungnam University*

Tae Sook Lee

*Department of Pathology  
College of Medicine, Yeungnam University  
Taegu, Korea*

This study deals with the changes in the concentrations of blood glucose and electrolytes during open heart surgery.

Blood glucose and electrolytes in connection with age, disease and anesthetic period were measured in 25 patients about to undergo heart surgery which were performed between June 1986 and August 1986 in Yeungnam University Hospital.

Because glucose solution is commonly used as priming solution, and the priming solution is hyperglycemic and hyperosmolar, glucose level of priming solution in this study was adjusted to 100-200 mg% level to minimize hyperglycemic and hyperosmolar effect.

The following results were obtained.

1. Glucose level of priming solution before extracorporeal circulation was  $151.6 \pm 31.3$  mg%.
2. With body cooling, blood glucose level was elevated. As duration of extracorporeal circulation is prolonged, blood glucose level was elevated more, but no difference between age and diseases were observed. On warming, blood glucose level was progressively lowered.
3. Despite the low serum potassium level during by-pass, the potassium level was progressively elevated following by-pass, but the serum potassium level was low compared to control values. Elevated calcium level was maintained during by-pass.