

개심술시 체외순환에 의한 혈청 POTASSIUM변동에 관한 연구

고태환* · 김영진* · 김용한* · 이종욱* · 손동섭* · 조대윤* · 양기민*

—Abstract—

A Clinical Study of Changes in Serum Potassium Ion Concentration Before and After Extracorporeal Circulation with Heart-Lung Machine

Tae Whan Koh, M.D., Young Jin Kim, M.D., Yong Han Kim, M.D., Jong Wuk Lee, M.D.,
Dong Suep Sohn, M.D., Dai Yun Cho, M.D. and Ki Min Yang, M.D.

Since the open heart surgery was performed, various kinds of problem concerning the extracorporeal circulation(ECC) have been knowledged. The author investigated the changes of serum potassium ion before and after ECC among the 102 patients including 63 adults and 39 childrens who underwent open heart surgery from April 1986 to February 1990 in Chung-Ang University Hospital.

The mean values of potassium ion before and after ECC were analyzed according to the influencing factors such as priming solution, aortic cross clamping time, the underlying disease, the type of oxygenator and the amount of cardioplegic solution.

The results were as follows :

1. In the aspect of congenital and acquired heart disease groups, the mean values of serum potassium ion(Mean±S.D.) before and after ECC revealed a significant change only in the acquired heart disease group(congenital : $3.87 \pm 0.48\text{mEq/L}$ vs. $4.05 \pm 0.73\text{mEq/L}$, $P > 0.05$, acquired : $4.40 \pm 0.98\text{mEq/L}$ vs. $4.11 \pm 0.52\text{mEq/L}$, $P < 0.05$). Between the two groups, the changes of the mean values of serum potassium ion before and after ECC were significant($P < 0.05$). But all values were within normal limits.

2. In the aspect of the aortic cross clamping time(ACCT), in the groups of less or more than 120 minutes, the mean values of serum potassium ion before and after ECC revealed no significant change(less than 120 min : $3.97 \pm 0.64\text{mEq/L}$ vs. $3.99 \pm 0.67\text{mEq/L}$, $P > 0.05$, more than 120 min : $4.34 \pm 0.82\text{mEq/L}$ vs. $4.27 \pm 0.62\text{mEq/L}$, $P > 0.05$), and The changes of mean values of serum potassium ion between the two groups were not significant($P > 0.05$).

3. In both membrane and bubble oxygenator groups, the mean values of serum potassium ion before and after ECC did not reveal a significant difference respectively (membrane : $4.74 \pm 1.40\text{mEq/L}$ vs. $4.28 \pm 0.31\text{mEq/L}$, $P > 0.05$, bubble : $4.02 \pm 0.60\text{mEq/L}$

*중앙대학교 의과대학 흉부외과학교실

*Department of Thoracic and Cardiovascular Surgery, College of Medicine, Chung-Ang University
1990년 9월 29일 접수

vs. $4.05 \pm 0.68 \text{mEq/L}$, $P > 0.05$), and no differences between the membrane and bubble oxygenator groups ($P > 0.05$).

4. In the groups of membrane and bubble oxygenator in the cases of ACCT more than 120 minutes, the mean values of serum potassium ion before and after ECC did not reveal a significant difference respectively (membrane : $4.36 \pm 0.85 \text{mEq/L}$ vs. $4.37 \pm 0.26 \text{mEq/L}$, $P > 0.05$, bubble : $4.30 \pm 0.80 \text{mEq/L}$ vs. $4.23 \pm 0.67 \text{mEq/L}$, $P > 0.05$), and no differences between the two groups ($P > 0.05$).

5. In spite of increased amount of cold potassium cardioplegic solution, the mean values of serum potassium ion before ECC were similar to those of serum potassium ion after ECC (less than 20ml/kg : $4.34 \pm 0.77 \text{mEq/L}$ vs. $4.20 \pm 0.59 \text{mEq/L}$, $P > 0.05$, more than 20ml/kg : $3.94 \pm 0.64 \text{mEq/L}$ vs. $4.01 \pm 0.68 \text{mEq/L}$, $P > 0.05$).

Also there was no significant changes of mean values of serum potassium ion between the two groups ($P > 0.05$).

The above results indicated that the mean values of serum potassium ion before and after ECC remained unchanged except several cases. The author concluded that our priming solution, cardioplegic solution and methods of ECC did not provoke the significant changes of serum potassium ion.

key words : Potassium ion concentration, Extracorporeal circulation

서 론

인공 심폐기를 이용한 체외순환은 개심술과 혈관수술의 발전에 기여한바 크다. 1953년 Gibbon이 처음으로 인공 심폐기로써 개심술에 성공한 이후 개심술에 사용되는 의료장비들의 개선으로 오늘날 개심술을 보편화시키고 있다. 이와 더불어 체외순환으로 야기되는 생체의 변화에 대한 연구중 전해질 특히 심기능에 영향이 많은 K^+ 에 대한 관심도가 높아지고 있다.

혈중 K^+ 치의 변화에 따라 심실성 부정맥 또는 심정지 등과 같은 부작용이 나타날 수 있으며, 보고자마다 충전액 및 심정지액의 K^+ 함량이 달라 체외순환중 혹은 후에 K^+ 의 추가가 필요한 경우도 있다고 보고되고 있다.

체외순환에서 K^+ 치에 영향을 미치는 인자로는 혈액손상 및 용혈, 산염기 불균형, 충전액 사용 및 혈액회석, 심정지액 주입, 다량의 수혈, 저체온, 체외순환기간, 체외순환에 따른 생체반응, 그리고 술전후에 사용된 약제 영향 등을 생각할 수 있는 데, 본 연구에서는 체외순환과 관련하여 K^+ 치가 가장 많은 영향을 받을 수 있는 경우로서 K^+ 이 다량 함유되어 있는 충전액 및 심정지액, 산화기 종류, 체외순환기간 등에 따른 K^+ 의 변화를 체외순환 전, 후로 관찰하여 심폐기 체외순환의 이용을 더욱 더 안전하고, 합리적인 방

으로 유지하도록 하는 데 그 목적이 있다.

관찰 재료 및 방법

1. 관찰 재료

중앙대학교 의과대학 흉부외과학교실에서 1986년 4월부터 1990년 2월까지 심폐기 체외순환을 이용하여 개심술을 시행한 선천성 및 후천성 심장질환 환자중 신부전이 없고, 관찰이 가능했던 102명을 대상으로 하였다.

1) 연령별 성별 질환 분포

성별은 남자가 46명 여성이 56명이며, 연령은 3개월부터 71세였다. 체중은 평균 39.5kg 으로 9kg 에서 66kg 이었고, 체표면적은 평균 1.23M^2 으로 0.30M^2 에서 1.80M^2 이었다. 질환별로는 선천성이 63예이고 후천성 심장질환이 39예였다(표 1).

2) 각 군으로 분류

각 군으로의 분류는 후천성 심장질환군이 술전 약제 사용이 많고 체외순환시간이 길다는 점에서 선천성과 후천성 심장질환군의 두 군, 대동맥 차단 시간이 길수록 혈액손상이 많고 심정지액의 투여량이 증가한다는 점에서 대동맥 차단 시간에 따른 120분 이하와 120분 이상의 두 군, 막형 산화기가 혈액손상이 적으므로 막형과 기포형 산화기 사용의 두 군, 그리고 타 논문

표 1. 연령별 성별 질환 분포.

연령	선천성				후천성		합계
	비청색성		청색성		남	여	
	남	여	남	여			
< 9	15	9	1	1	-	-	26
10 - 19	9	5	1	2	1	1	19
20 - 29	5	8	1	1	1	5	21
30 - 39	1	-	-	-	1	2	4
40 - 49	-	2	-	-	4	10	16
50 - 59	-	-	-	-	3	8	11
60 <	-	-	-	-	1	4	5
합 계	30	24	3	4	11	30	102

의하면 대동맥 차단 시간이 120분 이하군에 있어서는 산화기별 차이가 없다고 하였으므로 대동맥 차단 시간이 120분 이상인 군에서 막형과 기포형 산화기 사용의 두 군, 또한 전환자의 심정지액 투여량 평균치인 20ml/kg를 기준으로 투여량이 20ml/kg 이상인 군과 이하인 군으로 나누어 분석하였다.

2. 체외순환방법

마취 방법은 각 환자에 대한 마취전 투약으로 성인 및 소아에서 Tridol 2-4 mg/kg, Atropine 0.01 mg/kg를 수술 1시간 전에 근주하고, 소아는 정맥로 가 없을 때에는 회복실에서 Ketamine 4-5 mg/kg를 근주하였고, 정맥로가 확보된 경우는 Thiopental을 정주하여 보호자와 격리하였다. 심전도를 제외한 모든 감시장치를 마취유도후 설치하였고, 마취유도는 Atropine 0.01 mg/kg, Thiopental 3-5 mg/kg, Succinylcholine 1 mg/kg를 정주한 후 기관내 삽관을 하였다. 마취유지는 Halothane 1.0-1.0%와 N₂O : O₂=1 : 1로 하였으며, 근이완제는 Pancronium 또는 Vecronium 0.1 mg/kg로 하였다.

심폐기는 인공 심폐기(Cobe, Lakewood, USA)에 열교환장치(Hemotherm, Cincinnati, USA), 기포제거기(Bubble Trap), 혈액저장기(blood Reservoir), 산화기(Oxygenator) 등을 Tygon tube로 연결하여 조립하였다. 산화기는 기포형 산화기로서 소아에서는 체중에 따라 Bentley 5(Lakewood, USA)와 Bentley Bio(Lakewood, USA)를 선택하여 사용하였고, 성인에서는 Shiley S-110A(Lakewood, USA)를 사용하였으며 1989년 6월부터 10명의 환자에서 막형 산화

기(Cobe VPCML, Lakewood, USA)를 사용하였다.

충진액은 주로 Ringer's lactate 용액과 전혈을 이용한 혈회석충진법을 사용하였다(표 2). 또한 경우에 따라 알부민 등을 추가하였다.

산화기의 산소는 체외순환 초기에는 체외순환 관류량의 1.5배 즉, 대개 3-5 L/min로 투여하였고, 그후 1.8-3.6 L/min로 최하 0.3 L/min에서 최고 5.0 L/min의 투여속도로 산소화(oxygenation) 상태를 유지할 수 있었다.

체외순환 관류량은 체외순환 초기에는 1.8-2.0 L/min/m²로 시작하였고, 그후 1.4-2.4 L/min/m²로 유지하였으며, 체외순환 관류압은 최하 30 mmHg에서 최고 100 mmHg로서 대개 50-65 mmHg로 유지하였다.

체외순환 관류시간은 최하가 25분, 최고가 278분이고, 60분 이하가 33명, 61-120분이 42명, 121-180분이 15명, 180분 이상이 12명이었다.

저체온법은 대동맥 차단 직후 4℃의 심정지액(St. Thomas 용액, 중외제약)(표 3) 10 ml/kg를 대동맥기시부에 주입하였으며, 그후 30분마다 초기 투여량의

표 2. 충진액의 구성 성분 및 양.

구성 성분	양
Hartman	15ml/kg
Mannitol	6ml/kg
Heparin	30mg/blood 1 pint
NaHCO ₃	12mEq/20kg 12mEq/fluid 50ml 12mEq/blood 2 pint
K+	1mEq/kg
Calcium	10mg/blood 1 pint
W/Blood	Hct < 35 : 3 pints 35-50 : 2 pints 50-60 : 1 pint > 60 : none
5% D/W	500ml

표 3. 심정지액의 구성성분 및 양(100ml).

구성 성분	양(gram)
NaCl	6.430g
KCl	1.193g
CaCl ₂	0.176g
MgCl ₂	3.253g
증류수	적량

1/2를 추가하였고, 동시에 0℃의 생리식염수와 얼음 절편을 심낭내에 넣어 심근을 냉각상태로 지속시키도록 하였으며, 열교환장치를 이용하였고, 냉각 온도는 식도에서 15.2-31.0℃로서 평균 25.2℃였고, 직장에서 17.0-34.0℃로서 평균 27.6℃로 유지될 수 있었으며, 투여된 심정지액은 우심방이나 좌심실에서 일반 흡인기와 vent로 거의 전량을 제거하도록 노력하였다.

체외순환 중 발생할 수 있는 혈액응고를 방지하기 위하여 흉골절개 후 Heparin 3 mg/kg를 정주하였고, 또한 수술이 끝난 후 Heparin 투여량과 동량 또는

1.5배 Protamine sulfate를 평균 동맥압을 60-80torr를 유지하면서 정맥내로 서서히 투여하여 Heparin을 중화시켰다.

수술중 K⁺의 투여는 충전액과 심정지액을 제외하고는 없었으며, 이노제 사용은 충전한 Mannitol 외에는 Furosemide만을 사용하였다.

3. 개심술법

각 환자의 진단 및 수술방법은 표 4와 같다.

표 4. 각 질환별 수술방법.

질 환	수술 방법	환자수
PAPVR	CS-LA shunt with patch	1
SR	excision	1
VSD	direct closure	15
	patch closure	14
VSD+PS	direct closure+pulmonary commissurotomy	3
ASD	direct closure	12
ASD+PS	direct closure+pulmonary commissurotomy	3
PDA	direct closure	6
PS	pulmonary commissurotomy	1
TOF	total correction	5
TA+VSD+PS+SA	modified Fontan operation	1
VSR+ASD	VSR repair+direct closure	1
VSR+VSD	VSR repair+patch closure	1
MS	MVR	5
MS+AI	MVR+AVR	2
MS+TI	MVR+TVR	1
MS+ASI	MVR+AVR	4
MSI	MVR	7
MSI+TI	MVR+TAP	1
MSI+TI+AI	MVR+AVR+TCP	2
MI	MVR	1
MI+TI	MVR+TAP	3
	MVR+TCP	1
MI+AI	MVR+AVR	1
TI	TVR	1
	TAP	1
AI	AVR	3
ASI	AVR	1
LAM	tumor extirpation	1
LAM+TI	tumor extirpation+de Vega annuloplasty	1
합 계		102

CS, coronary sinus : LA, left atrium : SR, supramitral ring : SA, single atrium : MVR, mitral valve replacement : AVR, aortic valve replacement : TVR, tricuspid valve replacement : TAP, tricuspid annuloplasty : TCP, tricuspid Carpentier's ring annuloplasty : VSR, valsalva sinus rupture.

4. K⁺의 측정방법

측정용 혈액을 중심정맥에 삽입한 카테터를 통하여 채혈하였다. 채혈시기는 심폐기 가동직전 즉 흉골중정절개 직후와 체외순환 중지후 즉 protamine준 후 30분에 채혈하였으며, 즉시 Flame Photometry(Corning 480, England)를 이용하여 K⁺을 정량 측정하였다.

5. 통계 처리

선천성 및 후천성 심장 질환으로 개심술을 시행받은 환자 102명을 대상으로 심폐기를 이용한 체외순환 전, 후의 각 K⁺치의 측정치를 가지고 평균치와 표준편차치로 표를 작성하였다. 이 모든 통계처리는 IBM 호환기종 컴퓨터에 dBASE III Plus로 데이터를 입력한 후, MINITAB Program을 이용하여 통계처리를 하였으며, 체외순환 전후의 K⁺치를 기준으로 하고, 체외순환 후의 K⁺를 비교하였는데, 이들간의 유의성 검사에는 Paired & Individual T test로 검정하여 P<0.05이면 유의한 차이가 있었다고 판정하였다.

결 과

각 전해질의 검사성적은 다음과 같다.

1. 선천성과 후천성 심장질환에 따른 변화(표 5)

선천성 심장질환군에 있어서 체외순환전 K⁺치가 최저 2.7 mEq/L에서 최고 5.7 mEq/L로 평균 3.87±0.48 mEq/L에서 체외순환 후에는 최저 2.9 mEq/L에서 최고 6.2 mEq/L로 평균 4.05±0.73 mEq/L였으며, 체외순환전과 비교하여 변화가 없었다.

표 5. 선천성과 후천성 심장질환에 따른 변화(Mean±S.D.)

질환	K ⁺ level(mEq/L)	
	체외순환전	체외순환전
선천성 심장질환 (n=63)	3.87±0.48	4.05±0.73
후천성 심장질환 (n=39)	4.40±0.89	4.11±0.52

* : p<0.05

후천성 심장질환군에 있어서는 체외순환전 K⁺치가 최저 3.1 mEq/L에서 최고 5.9 mEq/L로 평균 4.40±0.89 mEq/L에서 체외순환 후에는 최저 3.3 mEq/L에서 최고 6.3 mEq/L로 평균 4.11±0.52 mEq/L였으며, 체외순환전과 비교하여 유의한 감소가 있었다(P<0.05).

또한 선천성 심장질환군에서는 체외순환 전후 평균치의 변화가 0.18 mEq/L, 후천성 심장질환군에서는 0.29 mEq/L로서 체외순환 전후로 두군간 유의한 차이가 있었다(P<0.05).

2. 대동맥 차단 시간에 따른 변화(표 6)

대동맥 차단 시간이 120분 이하인 군에서는 체외순환 전 K⁺치가 최저 2.7 mEq/L에서 최고 5.9 mEq/L로서 평균 3.97±0.64 mEq/L에서 체외순환 후 최저 2.9 mEq/L에서 최고 6.1 mEq/L로서 평균 3.99±0.67 mEq/L로 변화가 없었다.

대동맥 차단 시간이 120분 이상인 군에서도 체외순환 전 K⁺치가 최저 3.1 mEq/L에서 최고 6.1 mEq/L로서 평균 4.34±0.82 mEq/L에서 체외순환 후 최저 3.3 mEq/L에서 최고 6.3 mEq/L로서 평균 4.27±0.62 mEq/L로 변화가 없었다.

또한 대동맥 차단시간이 120분이하인 군에서는 체외순환 전후 평균치의 변화가 0.02 mEq/L, 120분이상인 군에서는 0.07 mEq/L로서 체외순환 전후로 두군간 차이가 없었다.

3. 막형과 기포형 산화기 사용에 따른 변화(표 7)

막형 산화기군에서는 체외순환전은 최저 3.4 mEq/L에서 최고 6.3 mEq/L로 평균 4.74±1.40 mEq/L에서 체외순환후는 최저 3.8 mEq/L에서 최고 4.7 mEq/L로 평균 4.28±0.31 mEq/L였으며, 체외순환전과 비교하여 변화가 없었다.

기포형 산화기군에서 체외순환전은 최저 2.7

표 6. 대동맥 차단 시간에 따른 변화(Mean±S.D.)

대동맥 차단 시간	K ⁺ level(mEq/L)	
	체외순환전	체외순환전
≤ 120분 (=71)	3.97±0.64	3.99±0.67
> 120분 (n=31)	4.34±0.82	4.27±0.62

표 7. 막형과 기포형 산화기 사용에 따른 변화 (Mean±S.D.)

산화기	K ⁺ level(mEq/L)	
	체외순환전	체외순환전
막형 (n=10)	4.74±1.40	4.28±0.31
기포형 (n=92)	4.02±0.60	4.05±0.68

mEq/L에서 최고 6.1 mEq/L로 평균 4.02±0.60 mEq/L에서 체외순환후는 최저 2.9 mEq/L에서 최고 5.3 mEq/L로 평균 4.05±0.68 mEq/L였으며, 체외순환전과 비교하여 변화가 없었다.

또한 막형 산화기군에서 체외순환 전후 평균치의 변화가 0.46 mEq/L, 기포형 산화기군에서는 0.03 mEq/L로서 체외순환 전후로 이 두 군간 차이가 없었다.

4. 대동맥 차단 시간이 120분 이상인 경우에서 막형과 기포형 산화기 사용에 따른 변화(표 8)

막형 산화기군에서는 체외순환전 K⁺치가 최저 3.4 mEq/L에서 최고 5.9 mEq/L로 평균 4.36±0.85 mEq/L, 체외순환 후에는 최저 4.1 mEq/L에서 최고 4.7 mEq/L로 평균 4.37±0.26 mEq/L로서 체외순환전과 비교하여 변화가 없었다.

기포형 산화기군에서 체외순환전은 최저 3.1 mEq/L에서 최고 6.1 mEq/L로 평균 4.30±0.80 mEq/L, 체외순환 후에는 최저 3.3 mEq/L에서 최고 5.5 mEq/L로 평균 4.23±0.67 mEq/L였으며, 체외순환전과 비교하여 변화가 없었다.

또한 대동맥 차단시간이 120분이상인 경우 막형 산화기군에서 체외순환 전후의 평균치의 변화가 0.01 mEq/L, 기포형 산화기군에서는 0.07 mEq/L로서 체외순환 전후로 두 군간 차이가 없었다.

표 8. 대동맥 차단 시간이 120분 이상이면서 막형과 기포형 산화기 사용에 따른 변화(Mean±S.D.)

산화기	K ⁺ level(mEq/L)	
	체외순환전	체외순환전
막형 (n=7)	4.36±0.85	4.37±0.26
기포형 (n=25)	4.30±0.80	4.23±0.67

5. 심정지액의 반복투여에 의한 체중당 투여량에 따른 변화(표 9)

심정지액이 20 ml/kg이하인 군에 있어서 체외순환전이 최저 3.2 mEq/L에서 최고 6.1 mEq/L로 평균 4.34±0.77 mEq/L이고 체외순환후가 최저 3.3 mEq/L에서 최고 6.3 mEq/L로 평균 4.20±0.59 mEq/L로서 변화가 없었다.

심정지액이 20 ml/kg이상인 군도 체외순환전이 최저 2.7 mEq/L에서 최고 6.2 mEq/L로 평균 3.94±0.64 mEq/L이고 체외순환후가 최저 2.9 mEq/L에서 최고 5.3 mEq/L로 평균 4.01±0.68 mEq/L로서 변화가 없었다.

또한 심정지액 투여량이 20 ml/kg 이하인 군에서 체외순환 전후 평균치의 변화가 0.14 mEq/L, 20 ml/kg이상인 군에서는 0.26 mEq/L로서 체외순환 전후로 두 군간 차이가 없었다.

표 9. 심정지액의 반복투여에 의한 체중당 투여량에 따른 변화(Mean±S.D.)

심정지액	K ⁺ level(mEq/L)	
	체외순환전	체외순환전
≤ 20ml/kg (n=34)	4.34±0.77	4.20±0.59
> 20ml/kg (n=68)	3.94±0.64	4.01±0.68

고 찰

저칼륨혈증(Hypopotassemia)은 체외순환을 이용한 개심술이외에도 기타 대수술후에도 발생할 수 있으며, 체외순환후 K⁺감소로 저칼륨혈증이 발생하는 요인으로는 술전 약제 특히 Digitalis, Thiazide계 이뇨제 사용으로 인한 K⁺ 총량의 감소¹⁾, 수술중후의 외과적 침습으로 인한 부신피질의 반응²⁾, 과환기로 인한 호흡성 알칼리증³⁾, 충전액의 다량의 염분과 소량의 K⁺(4), K⁺ influx의 증가, Kaluresis⁵⁾ 등이 알려져 있다.

심질환이 있는 경우에 혈청 K⁺의 변화는 이뇨제, Digitalis와 더불어 심각한 문제를 야기시킬 수 있어서 중요시 된다. Digitalis glycoside의 작용은 심근세포의 K⁺이 심근세포내로 돌아가는 것을 방해함으로써

심기능에 장애를 일으킬 수 있다. 따라서 일상용량의 Digitalis라 하더라도 혈청 K^+ 이 부족한 상태에서는 독성작용을 나타낼 수 있으며, 방실해리부정맥(Atrial and ventricular ectopic rhythm)도 혈청 K^+ 의 감소와 Digitalis의 독성이 원인이 될 수 있다.

외과적 침습으로 인한 반응으로 Aldosterone 분비가 항진되고 이 Hyperaldosteronism 작용은 결과적으로 저칼륨혈증성 대사성 알카리증(Hypokalemic Metabolic Alkalosis)을 동반하여서 원위세뇨관의 이온 교환에서 H^+ 과 K^+ 에 대한 Na^+ 의 교환기전을 촉진함으로써 K^+ 의 배설이 촉진되는 데, 체외순환하에 시술한 개심술후에는 H^+ 과 Na^+ 이 혈청 K^+ 을 감소시키므로 충진액에 함유된 많은 양의 Na^+ 은 K^+ 의 배설을 증가시킬 수가 있다고 하였다⁴⁾.

본 연구에서 선천성 심장질환군이 체외순환 전후로 정상 범위를 유지하면서, 유의한 변동이 없이 소폭의 증가만 보인 반면, 후천성 심장질환군은 체외순환 전후로 유의한 감소를 보이면서 정상 범위를 유지하였고, 체외순환 전후로 두 군간의 차이를 검정해 보면 유의한 차이가 있었는데, 이는 일반적으로 후천성이 선천성에 비해 마취 및 수술, 체외순환 시간이 길고 심정지액 투여량 증가 등의 차이에 기인한 것으로 추정된다.

충진액의 종류에 관계없이 체외순환중에는 혈청 K^+ 이 노증으로의 배설과 세포내 이동으로 인해 감소하고, 체외순환 직후에는 혈청과 조직의 K^+ 은 감소하고 세포내 K^+ 은 증가하였다고 하였고⁶⁾, 체외순환중에 K^+ 이 감소하여 측정치에 따라서 적정량의 K^+ 보충이 필요하다고 하였다^{4,7,8)}.

개심술의 지속시간이 길수록 K^+ 의 노증 배설이 많아져 혈중 K^+ 이 감소하며⁹⁾, 최 등¹⁰⁾은 대동맥 차단시간이 120분 이내에서 술중 및 술후 혈중 K^+ 치가 약간 저하하는 것을 볼 수 있었으며, 이런 현상은 산화기내 충진액의 낮은 K^+ 치와 노에 의한 K^+ 배설에 비해 심정지액에 의해 추가되는 K^+ 배설에 비해 심정지액에 함유된 총 K^+ 이 증가하여 술후 K^+ 치가 증가하지만, 이같은 증감은 모두 정상 범위내에 있었다고 하였다.

그러나 본 연구에서는 대동맥 차단시간이 120분 이하인 경우 체외순환전에 비해 체외순환후 K^+ 치가 증가하였고, 120분 이상인 경우에 오히려 체외순환후 K^+ 치가 감소하였다. 체외순환 시간이 120분 이하인 경우나 120분 이상인 경우 모두 수술후 정상 범위를

유지하는 것으로 보아 본 연구에 사용한 충진액의 성분 구성이 K^+ 변동이란 면에서는 적절한 구성이라고 사려된다.

최근 산화기는 막형과 기포형 등 2종이 주로 사용되고 있는 데, 본 연구에서는 기포형과 막형의 산화기 사용에 따른 전해질 중 K^+ 치의 변동은 체외순환 전후에 두 군 모두 유의한 변동이 없이 정상 범위를 유지하였으며, 체외순환 전후로 두 군간의 차이를 검정했을 때 유의한 차이를 보이지 않는 것으로 보아 기포형 산화기가 막형에 비해 여러가지 불리한 점이 있기는 하나, 전해질 중 K^+ 치의 변화에는 별 영향이 없는 것으로 생각된다.

Clark 등¹¹⁾은 120분 이하의 체외순환시는 막형 산화기가 기포형에 비해 생화학적 또는 혈액학적 잇점이 없으나, 120분 이상의 체외순환시는 막형 산화기사용군에서 기포형군에 비해 혈장내 혈색소와 백혈구수가 낮고 IgG, IgM, C3 등의 손실이 적어서 120분 이상의 체외순환시는 막형 산화기가 더 효과적이라 하였으며, 유소아의 개심술시 막형 산화기군은 혈장내 혈색소양이 적어서 술후 수혈량을 감소시킬 수 있다고 하였다^{11,12)}. 그러나 혹자는 막형 산화기군이 기포형 산화기군에 비해 혈액학적인 측면에서는 우수하나, 체외순환기간에 관계없이 plasma Hb이나 프로트롬빈 시간 측면에서는 차이가 없었다고 하였다¹³⁾.

막형과 기포형 산화기 사용에 따른 K^+ 치 변동이 없는 것으로 나타났고, 최 등¹⁰⁾은 대동맥 차단시간이 120분 이상인 경우 체외순환후 K^+ 치가 체외순환전에 비해 증가하였다고 하였으나 이는 충진액이 Hartman 이고 심정지액내 K^+ 이 30 mEq/L로 본 연구에서 사용한 충진액(1 mEq/kg), 심정지액(15 mEq/L)보다 높았기 때문으로 사려되며, 기포형군에 비해 소변 배출량이 증가하고 혈액용혈량이 감소한다고 하였는데, 본 연구 결과 대동맥 차단 시간이 120분 이상의 경우에 있어서 체외순환 전후로 막형과 기포형 산화기 사용에 따른 K^+ 치 변동이 유의성이 없는 것으로 보아서, 막형이나 기포형 산화기 사용은 각각 영향이 없다고 볼 수 있으며, 또 두 군간에도 유의성이 없는 것으로 보아 두 산화기 사용차이도 없다고 할 수 있다.

개심술시 심근보호방법으로 저체온법이 20년이상 동안 이용되어 왔고, K^+ 을 함유한 심정지액 사용에 대해 보고하였고¹⁴⁾, 동시에 유럽에서 K^+ 대신 마그네슘과 프로카인을 함유한 심정지액에 대한 연구가 시작

되었다. 이 두 종류의 심근보호 정도를 비교해 본 결과 심근보호력에서는 비슷하였으나, 마그네슘과 프로카인의 많은 양이 혈중에 흡수될 경우의 독성 효과를 피하기 위해 K⁺을 함유한 심정지액을 사용할 수 있다고 하였다¹⁵⁾.

고농도의 K⁺을 함유한 심정지액의 사용은 심근보호 효과가 우수하며^{16,17)}, 장시간의 대동맥 차단시 특히 무혈성 심정지액보다 K⁺을 함유한 혈심정지액이 혈액역학, 심전도, 전자현미경 소견, CK-MB, LDH 등으로 심근보호와 심기능을 측정한 결과 더 우수하다고 하였고^{18,19,20,21)}, 이 심정지액에 함유된 고농도의 K⁺이 반복 투여되는 경우 체외순환후 혈중 K⁺치가 증가하게 되고, 부정맥 발생 등 문제점이 있으나²²⁾, 이 혈중 K⁺치의 증가에 대해서는 투여된 심정지액내의 총 K⁺양이 50 mEq를 넘지않고 정상 신기능을 가진 환자라면 과칼륨혈증을 유발하지 않고 혈중 K⁺치를 정상으로 유지할 수 있다고 하였다²⁴⁾. 또한 고농도의 K⁺을 함유한 심정지액의 반복투여로 심한 방실해리부정맥이 초래될 수 있으며, 이런 부정맥의 발생을 줄이기 위하여 첫 1회만 20 mEq/L로 투여하고 이후부터는 5 mEq/L를 사용하여 방실해리부정맥을 훨씬 줄일 수 있었으며, 수술중 심근온도가 20°C이하일 때에는 K⁺ 자체가 고에너지 인산염의 보존에 거의 영향을 미치지 않는다고 했다²³⁾.

심정지액내 적정 K⁺ 농도에 대해서 논란이 많으나 40 mEq/L 이상의 K⁺양은 세포내로 Ca⁺⁺의 유입을 초래하고 에너지 소비를 증가시키므로 40 mEq/L이상으로 하지 말아야 하며²⁵⁾, 정상 체온의 쥐 심근에서 여러 K⁺치에 의한 실험에서 25 mEq/L까지도 심근 보호를 위해 부작용 없이 안전하게 사용할 수 있으며, 정상체온법의 경우는 심정지액내 고농도의 K⁺에 의해 심근손상이 증가되므로 K⁺양이 30 mEq/L이상 넘지 않아야 한다고 했다¹⁹⁾. 본 연구에서는 중등도의 저체온법으로 K⁺이 심정지액내 15 mEq/L, 충전액내 1 mEq/kg를 이용하였다.

심정지액의 사용량도 다양하여 초회 1-1.5L를 투여하며 30분마다 또는 전기적 활동이 나타날 때마다 500 ml씩 투여하고, 심근 주위에 얼음절편을 채움으로써 심근 온도를 20°C이하로 유지하는 방법²⁷⁾이 있는가 하면, 초회는 400 ml, 재투여시는 300 ml만을 투여하고도 심근주위에 얼음절편을 채우면 심근온도를 10-15°C로 유지할 수 있는 방법등도 제시되고 있다²¹⁾.

혈중 K⁺치의 변화에 대하여 대부분의 연구에서 다량 반복 투여하여도 체외순환중 안전하며 과칼륨혈증 상태를 일으키지 않으며 K⁺ 배설은 뇨의 양 및 K⁺ 농도에 직접 관계되며 수술후 대량의 K⁺투여가 72시간까지도 지속해서 필요하다고 했다^{20,28,29)}. 그러나 심판상동맥에 주입된 심정지액은 대부분 흡인기로 외부로 제거되고 있으므로 K⁺치에는 영향이 없다는 보고가 있고³⁰⁾, 많은 연구에서도 K⁺치가 독성이나 부정맥을 일으킬 정도로 변화되는 않는다고 했다^{10,31)}.

본 연구에서도 체중당 투여된 심정지액량에 따른 K⁺치 변동을 보기위해 102명의 환자에게 투여된 평균치인 20 ml/kg 이상인 경우와 이하인 경우로 나누어 102명의 환자를 살펴 본 결과, 체외순환의 전후로 심정지액의 양에 관계없이 K⁺치가 거의 정상 수준을 유지하였으며, 두군간의 유의한 차이가 없는 것으로 보아 심정지액은 효과적으로 외부로 흡인되었다고 사료되고 일부 전신 혈액순환으로 들어갔다고 하더라도 K⁺치의 변화에는 영향이 없는 것으로 추정된다.

따라서 본 연구에서 사용한 충전액 및 심정지액의 구성성분과 그 사용방법은 체외순환 전후로 K⁺치의 변동에 영향을 미치지 않으며, K⁺치가 정상 범위내에서 유지되고 있다고 사려되었다.

그밖의 K⁺ 변동에 영향을 줄 수 있는 요인으로서 체외순환 시간이나 산화기 종류에 따른 혈액용혈 및 무혈심정지액과 혈심정지액의 전해질 변동에 대한 비교 연구가 진행되어야 하며, 아울러 호흡기계, 심근대사, 혈액학적 연구가 수반되어 보완되어야 체외순환 전후의 영향에 관한 연구가 완결될 것이다.

요 약

중앙대학교 의과대학 흉부외과 교실에서 심폐기 체외순환을 이용하여 개심술을 받은 선천성 및 후천성 심장질환 환자 102명을 대상으로 체외순환전, 체외순환후에 각각 K⁺치를 측정하였다. K⁺치 변화에 영향을 주는 요소중 5가지를 중심으로 분석하였으며 다음과 같은 결과를 얻었다.

1. 선천성 심장질환군이 체외순환전 평균 3.87±0.48 mEq/L, 체외순환후 평균 4.05±0.73 mEq/L로서 변화가 없는 반면, 후천성 심장질환군에서는 체외순환전 평균 4.40±0.89 mEq/L, 체외순환후 평균 4.11±0.52 mEq/L로서 유의한 차이를 보였다(P<0.05).

2. 대동맥 차단 시간이 120분이하인 경우 체외순환 전 평균 3.97 ± 0.64 mEq/L, 체외순환후 평균 3.99 ± 0.67 mEq/L로서 변화가 없었고, 120분 이상인 경우에는 체외순환전 평균 4.34 ± 0.82 mEq/L, 체외순환후 평균 4.27 ± 0.62 mEq/L로서 변화가 없었다.

3. 막형 산화기군에서 체외순환전 평균 4.74 ± 1.40 mEq/L, 체외순환후 평균 4.28 ± 0.31 mEq/L로서 변화가 없었고, 기포형 산화기군에서는 체외순환전 평균 4.02 ± 0.60 mEq/L, 체외순환후 4.05 ± 0.68 mEq/L로서 변화가 없었다.

4. 대동맥 차단 시간이 120분 이상인 경우에서 막형 산화기군에서 체외순환전 평균 4.36 ± 0.85 mEq/L, 체외순환후 평균 4.37 ± 0.80 mEq/L로서 변화가 없었고, 기포형 산화기군에서는 체외순환전 평균 4.30 ± 0.80 mEq/L, 체외순환후 평균 4.23 ± 0.67 mEq/L로 변화가 없었다.

5. 심정지역의 반복투여에 의한 체중당 투여량에 따른 K⁺치 변화는 심정지역 20 ml/kg이하인 군에서는 체외순환전 평균 4.34 ± 0.77 mEq/L, 체외순환후 평균 4.20 ± 0.59 mEq/L로서 변화가 없었고, 20 ml/kg 이상인 군에서도 체외순환전 평균 3.94 ± 0.64 mEq/L, 체외순환후 평균 4.01 ± 0.68 mEq/L로 변화가 없었다.

이상의 결과로 본 연구에서 사용한 총진액과 심정지역의 구성성분 및 사용방법하에서 K⁺의 추가 보충없이도 체외순환 전후로 평균 K⁺치가 정상 범위로 유지되었고, 체외순환 전후로 유의한 차이가 없었다.

REFERENCES

- Lockey, E., Ross, D.N., Longmore, D.B. and Sturridge, M.F. : *Potassium and open heart surgery. Lancet* 1:671, 1966
- Moore, F.D., Boling, E.A., Ditmore, H.G.Jr., Sicala, J.E., Teterick, A.E., Ellison, S.J. and Ball, M.R. : *Body sodium and potassium deficiency and surgical stress to acute hypokalemia in man. Metabolism* 4:379, 1955
- Neville, W.E. : *Extracorporeal circulation, Current problems in surgery. Year book publishers Inc Chicago* 64, 1967
- Diete, R.A.Jr., Neville, W.E. and Pifarre, R. : *Serum electrolyte changes after cardiopulmonary bypass with Ringer's lactate solution used for hemodilution. J Thorac Cardiovasc Surg* 59:168, 1970
- 김윤, 조범구, 홍승록 : 체외순환 전후 혈중 및 소변에서의 Potassium변화에 관한 관찰. 대한흉부외과학회지 11:296, 1978
- Neville, W.E., and Talso, P.J. : *Postperfusion compartment fluid alterations. Surgery* 63:220, 1968
- Babka, B.T., Piffare, R. : *Potassium replacement during cardiopulmonary bypass. J Thorac Cardiovasc Surg* 73:212, 1977
- 김근호 : 심폐기 체외순환에 의한 혈청 전해질 변동에 관한 연구. 대한흉부외과학회지 11:404, 1978
- 권중혁, 지행욱, 김근호 : 개심술환자의 뇨중 K⁺ 배설에 관한 임상적 연구. 대한흉부외과학회지 15:40, 1982
- 최종범, 공국영, 이재성, 최순호 : 개심술시 대동맥차단후 반복투여되는 K-심정지혈액이 혈중 K⁺치에 미치는 영향. 대한흉부외과학회지 19:549, 1986
- Clark, R.E., and Beauchamp, R.A. : *Comparison of bubble and membrane oxygenators in short and long perfusions. J Thorac Cardiovasc Surg* 78:655, 1979
- Niguidula, F.N., and Lemole, G.M. : *Clinical experience with membrane oxygenators on infants and children; comparison with bubble oxygenators on 154 consecutive patients. Am J Cardio* 38:261, 1977
- Liddicoat, J.E., Bekassy, S.M. and Debakey, W.E. : *Membrane vs bubble oxygenator; clinical comparison. Ann Surg* 181:747, 1975
- Gay, W.A.Jr., Ebert, P.A. : *Functional, metabolic, and morphologic effects of potassium induced cardioplegia. Surgery* 74:284, 1973
- Engelman, R.M., Levitsky, S. : *The significance of multidose cardioplegia and hypothermia in myocardial preservation during ischemic arrest. J Thorac Cardiovasc Surg* 75:555, 1978
- Adams, P.X., Cunnigham, J.N.Jr., Trehan, K., Brazier, J.R., Reed, G.E. and Spencer, C. : *Clinical experience using potassium induced cardioplegia with hypothermia in aortic valve replacement. J Thorac Cardiovasc Surg* 75:564, 1978
- Bladerman, S.C., Joginder, N.B., Binette, P., Chan, A., Gage, A., and Alder, R.H. : *Perioperative preservation of high energy phosphates*

- in man. J Thorac Cardiovasc Surg* 82:860, 1981
18. Barner, H.B., and Codd, J.E. : *Cold blood as the vehicle for potassium cardioplegia. Ann Thorac Surg* 28:509, 1979
 19. Jellinek, M., Standeven, J.W., Menz, L.J. and Barner, H.B. : *Cold blood potassium cardioplegia, effects of increasing concentration of potassium. J Thorac Cardiovasc Surg* 82:26, 1981
 20. Catinella, F.P., Cunningham, J.N.Jr., and Spencer, F.C. : *Myocardial protection during prolonged aortic cross-clamping. J Thorac Cardiovasc Surg* 88:411, 1984
 21. Codd, J.E., Barner, H.B., Pennington, D.G., Merjavy, J.P., Kaiser, G.C., Devine, J.E. and William, V.L. : *Intraoperative myocardial protection, a comparison of blood and asanguinous cardioplegia. Ann Thorac Surg* 39:125, 1985
 22. Tucker, W.Y., Ellis, R.J. and Ebert, P.A. : *Questionable importance of high potassium concentration in cardioplegic solutions. J Thorac Cardiovasc Surg* 77:183, 1979
 23. Ellis, R.J., Mavroudis, C., Turley, K., Ulliyot, D. and Ebert, P.A. : *Relationship between atrioventricular arrhythmias and the concentration of K^+ ion in cardioplegic solution. J Thorac Cardiovasc Surg* 80:517, 1980
 24. Azar, I., Satyanarayana, T., Turndorf, H. : *Urine and serum potassium levels after potassium cardioplegia. J Thorac Cardiovasc Surg* 81:516, 1981
 25. Buckberg, G.D. : *A proposed solution to the cardioplegic controversy. J Thorac Cardiovasc Surg* 7:803, 1979
 26. Gharagozoo, F., Bulkley, B.H., Hutchins, G. M., Bixler, T.J., Flaherty, J.T. and Gardner, T.J. : *Potassium induced cardioplegia during normothermic cardiac arrest. J Thorac Cardiovasc Surg* 77:602, 1979
 27. Catinella, F.P., Cunningham, J.N.Jr., Adams, P.X., Snively, S.L., Gross, R.I. and Spencer, F.C. : *Myocardial protection with cold blood potassium cardioplegia during prolonged aortic cross-clamping. Ann Thorac Surg* 33:228, 1982
 28. Breckenridge, I.M., Deverall, P.B., Kirklin, W., Digerness, S.B. : *Potassium intake and balance after open intracardiac operations. J Thorac Cardiovasc Surg* 63:305, 1972
 29. Mammana, R.B., Levitsky, S., Beckmann, B., Vasu, A. and Sernaque, D. : *Systemic effects of multidose hypothermic potassium cardioplegia. Ann Thorac Surg* 31:347, 1981
 30. 이홍균, 김세화, 광문섭, 한영숙, 조건현, 김치경, 박희철 : *Cardioplegic solution을 이용한 개심술의 실험적 연구. 대한흉부외과학회지* 11:385, 1978
 31. 기노석, 민용일, 조인택, 박병순, 문병탁, 오봉석, 김상형, 이동준 : *냉혈 K^+ 심정지액의 반복 사용시 전신적인 영향 : 동물실험 6례. 대한흉부외과학회지* 17:587, 1984