

開心術患者의 尿中 K⁺ 배설에 관한 臨床的研究

權仲赫* · 池幸玉* · 金近鎭*

— Abstract —

A Clinical Study on Changes in the Concentration of Urine Potassium During and After Open Heart Surgery

Jung Hyuk Kwon M.D.,* Heng Ok Jee. M.D.,* Kun Ho Kim M.D.*

A Clinical study was carried out to observe changes in cocentration of serum and urinary potassium during and after open heart surgery under extracorporeal circulation with Heart-Lung-Machine.

The patients studied in the present work included eight cases of congenital heart anomalies and seven cases of acquired valvular diseases of the heart.

Blood and urine samples were collected at intervals of 30 minutes during open heart surgery and at intervals of 8 hours until 48 hours after the operation to determine concentration of serum and urinary potassium.

1. While the concentration of urinary potassium was not changed during the operation, the concentration of urinary potassium was rapidly increased after the operation. Eight hours after the operation, the concentration of urinary potassium was increased to the highest value of 86.97 ± 43.96 mEq/L and was gradually decreased thereafter. The concentration of urinary potassium, however, still remained elevated even 48 hours after the operation, the concentration being greater than preoperative state by 19.90 mEq/L.
2. The concentration of urinary potassium after the operation was higher in the group who went through 90 minutes of extracorporeal circulation (108.71 ± 94.71 mEq/L) than in the group who went through 60 minutes of extracorporeal circulation (86.58 ± 50.87 mEq/L). The increased level of urinary potassium observed in the group who went through 90 minutes of extracorporeal circulation continued for longer period of time as compared with that in the group who went through 60 minutes of extracorporeal circulation.
3. The increased level of urinary potassium was observed in the both group of patients with or without diuretics plus digitalis therapy. However, the increased level of urinary potassium appeared to continue for longer period of time in the group of patients receiving diuretics plus digitalis therapy prior to the operation than in the group of patients receiving no diuretics plus digitalis therapy.

序 論

Gibbon¹⁾ (1953), Crafoord²⁾ (1954), Kirklin³⁾ (1955)

* 漢陽大學校 醫科大學 腦部外科學教室

* Department of Thoracic and Cardiovascular Surgery,
Hanyang University, Medical School.

등이 처음으로 人工心肺器(HLM) 體外循環(ECC) 을
開心手術(OHS)에 이용하여 心臟內手術을 성공시킨 이
후로 HLM, FCC에 관한 많은 연구가 진행되어서 ECC
기술이 발달하였기 때문에 현재는 선천성 및 후천성 심
장질환에 대한 개입술이 좋은 성적으로 시술되고 있다.
그러나 아직도 많은 미해결문제들이 남아 있어서 HLM

ECC는 시간제한을 면치 못하고 있는 실정이다.

HLM, ECC 하에 시술하는 개심술 환자에 술중과 술 후에 血清 K^+ 가 감소한다는 보고는 많다.^{4,5,6,7,8)}

그리고 혈청 K^+ 가 감소하는 이유에 대해서도 여러가지 要因들이 발표되었다.^{7,9,10,11)}

그러나 아직도 혈청 K^+ 가 감소하는 확실한 기전은 밝혀지지 않고 있는 상태이다. 혈청 K^+ 가 감소하는 요인 중에서 가장 중요시되고 있는 것이 술중과 술 후에 많은 細胞外 K^+ 가 尿中으로 배설된다는 사실이다.^{7,9,12)} 특히 술전에 心不全으로 digitalis glycoside와 이노제를 사용하고 있었던 환자에서 개심술 후에 K^+ 가 尿中으로 많이 배설된다는 사실도 여러학자들이 지적하였다.^{4,7,9,13)} 그리고 술후 K^+ 의 감소로 인한 hypokalemia는 술후 합병증인 不整脈과 digitalis中毒의 발생과는 밀접한 관계가 있다는 것도 여러 사람들이 관찰하였다.^{5,6,7,9)}

이상 문헌에 나타난 여러가지 사실로 미루어 볼때 개심술 후에 hypokalemia로 말미암아 발생하는 심장율동 (rhythm)의 장애로 심각한 문제가 야기할 수 있으므로 개심술후 hypokalemia의 예방과 치료는 중요한 문제의 하나이다.

본연구는 개심술 환자의 혈청 K^+ 감소의 중요성에 입각하여 선천성 및 후천성 심장질환에 대한 개심술환자에서 술중과 술후에 경시적으로 尿中 K^+ 를 측정하여 뇨중 K^+ 배설을 상세히 관찰하여 술후 hypokalemia와 부정맥을 예방하여 개심술성적을 향상시키자는 것이 연구목적이다.

觀 察 對 象

한양대학교 의과대학 부속병원 흉부외과에서 1980년부터 선천성 및 후천성 심장질환에 대하여 HLM, ECC 하에 개심술을 시술한 환자 15명을 관찰대상으로 선정하였다.

심장질환과 수술은 선천성 심장기형에 대한 근치교정술이 7명이며, 이들의 연령은 4세부터 27세로 평균 13.5세이며 남자 6명 여자 1명이다. 후천성 판막질환에 대한 인조판막 대치술이 8명이며 이들의 연령은 17세부터 59세까지로 평균 37.8세이며 남자 2명 여자 6명이다.

15명중 7명은 술전에 心不全症狀과 肝肥大가 발생하여 digitalis와 이노제로 내과적치료를 받았고 나머지 8명은 digitalis와 이노제 치료를 받은 사실이 없었다.

手術方法과 檢査方法

ECC에 사용한 HLM은 Sarns model 5000이며 血酸化器는 Shiley S 100A이다. HLM와 혈산화기는 주로 Hartman's 용액 1,800~2,500 ml로 충전하였고 ACD 保存血 1~2 pint를 혼합하는 血稀釋充塡法을 이용하였다. ECC는 중등도 低溫(直腸溫 30~32°C)로 관류시켰다. 관류량은 2.4L/min/M² 부터 3.2L/min/M² 까지이며 평균 2.8L/min/M²의 혈류량을 유지하여서 혈압은 53~90mmHg의 범위였으나 대체로 70mmHg 이상이 유지되어서 尿배설이 순조로운 양호한 상태를 유지하였다.

開心切開 후에 심장내의 병리해부를 조사하고 진단을 확인한 다음 4°C로 냉각시킨 Bretschneider's 心停止液을 冠狀動脈에 관류시켜서 심박동을 정지시키고 교정수술 혹은 판막대치수술을 시작하였다. 수술경과에 따라서 경시적으로 심정지액의 관상동맥관류를 추가 하였다.

선천성 심장기형의 교정술 7명은 심실중격결손의 폐쇄술이 4명, 심방중격결손의 폐쇄술이 2명, 심방중격결손의 폐쇄와 폐동맥관 절개를 시술한 것이 1명이였다. 후천성 판막질환 8명에서는 승모판과 대동맥판의 인조판막 대치술이 각각 6명과 1명이였으며 승모판과 대동맥판의 동시 대치술이 1명이였다.

血清 K^+ 와 尿中 K^+ 는 Flamephotometry로 측정하였다. 먼저 술전의 혈청 K^+ 와 뇨중 K^+ 를 측정하여 대조치로 정하였다. 다음 개심술 중에는 매 30분 간격으로 채혈과 채뇨하여 혈청 K^+ 와 뇨중 K^+ 를 측정하고 이어서 ECC가 끝난 직후 10분, 다음은 매 8시간마다 술후 48시간까지 혈청 K^+ 와 뇨중 K^+ 를 측정하여 그 변동을 관찰하였다.

檢 査 成 績

1) 血清 K^+ 의 변동

체내 細胞外 K^+ 가 뇨중으로 배설되는 것과 혈청 K^+ 농도와의 상관관계를 관찰하기 위하여 혈청 K^+ 를 측정하였다.

환자 15명의 혈청 K^+ 를 술중과 술후에 경시적으로 측정한 측정치를 각각 평균하여 평균치와 표준편차를 도표로 표시한 것이 Fig.1이다.

개심술 시작후 30분에는 2.82 mEq/L로 감소하였으나 60분에는 술전치로 회복하였다. 술후 48시간 까지

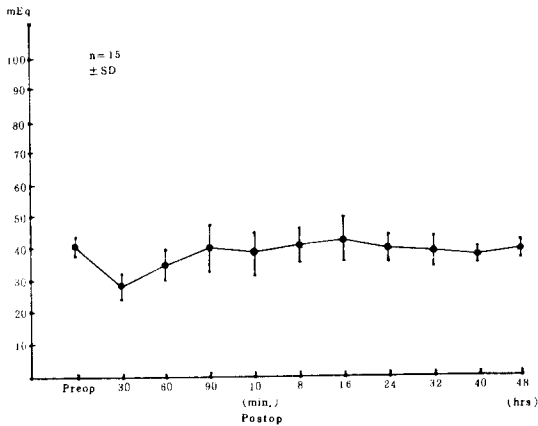


Fig. 1. 술중과 술후의 혈청 K⁺의 변동

는 3.85부터 4.28 mEq/L 사이로 변동하였으나 정상 범위를 나타냈다. 이와같이 혈청 K⁺가 정상치를 유지할 수 있었던 것은 술중에 다음과 같은 K⁺의 보충이 있었기 때문이다.

개심술 술중에는 혈청 K⁺가 반드시 감소한다는 사실에 입각하여 모든 환자에서 일률적으로 개심술이 시작되면 KCL 용액(생리적 식염수 100 ml 중에 KCL 2 mEq/Kg체중을 함유)을 분당 8~12 방울씩 혈액순환회로에 계속 점적 주입하여 K⁺를 보충하였다. 그러나 술후에는 혈청 K⁺를 측정하여 부족하면 보충하였다. 15명 중 술후에 혈청 K⁺ 부족으로 K⁺를 보충한 환자는 2명 뿐이고 나머지 13명은 K⁺의 보충이 없이 정상치를 유지할 수 있었다.

이상 혈청 K⁺를 뇨중 K⁺ 농도의 변동과 상관시키면 술후에는 혈청 K⁺와는 상관없이 뇨중 K⁺ 배설이 상당히 있는 것은 어떠한 체내 K⁺대사에 의한 것인지는 알 수 없다.

2) 뇨중 K⁺의 변동

개심술 환자 15명의 뇨중 K⁺를 술중과 술후에 경시적으로 측정된 측정치를 평균하여 평균치와 표준편차를 도표로 표시한 것이 Fig. 2이다.

개심술 중에는 술전치와 비슷한 뇨중 K⁺농도가 계속되었다. 그러나 술후 직후 10분부터 뇨중 K⁺ 농도가 급속히 증가하기 시작하여 술후 8시간에는 86.97 ± 43.96 mEq/L로 술전치 21.63 ± 9.76 mEq/L에 비하면 4배 이상인 302.0% 증가로 술후 최고 뇨중 K⁺ 농도를 나타냈다. 술후 8시간 이후는 뇨중 K⁺ 농도가 3.6~19.61 mEq/L 범위내로 서서히 감소하였으나 술

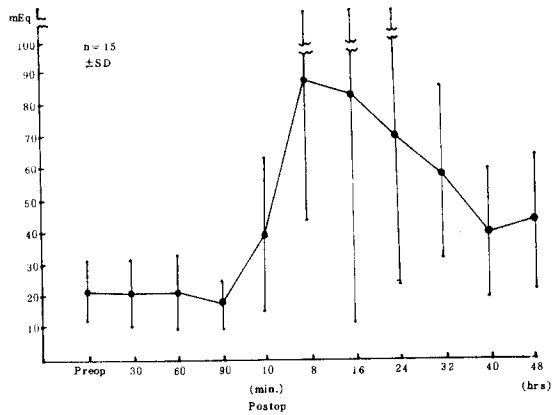


Fig. 2. 술중과 술후의 뇨중 K⁺의 변동

후 48시간에도 술전치를 상회하고 있었다.

이상 뇨중 K⁺변동을 혈청 K⁺변동과 상관시키면 혈청 K⁺농도와는 관계없이 많은 세포의 K⁺가 뇨중으로 배설되고 있음을 알 수 있다.

3) 뇨중 K⁺의 변동과 체외순환의 지속시간

체외순환 및 개심술이 60분이었던 8명과 90분이었던 7명을 2개군으로 나누어서 뇨중 K⁺의 변동을 비교 관찰하기 위하여 각군의 뇨중 K⁺ 측정치의 평균치를 도표로 표시한 것이 Fig. 3. 이다.

양군 모두 체외순환 종료 직후 10분부터 뇨중 K⁺가 급속히 증가하는 것은 Fig. 2와 비슷하다.

60분군에서는 술후 8시간에 최고치 86.58 ± 50.87 mEq/L를 나타냈다가 술후 16시간에는 급속히 감소하였으나 그 후는 서서히 감소하였지만 48시간에도 술전

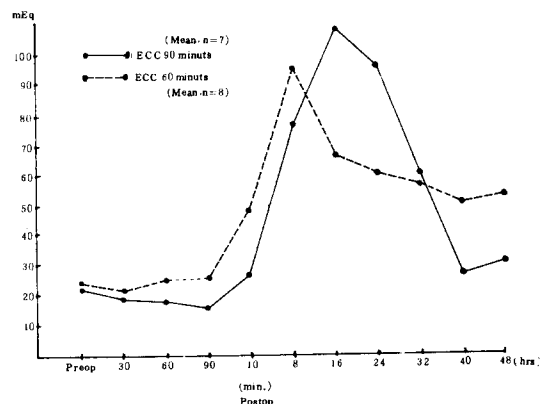


Fig. 3. 술중과 술후 뇨중 K⁺의 변동과 ECC 지속시간과의 관계

치의 2 배를 나타냈다. 90 분군에 있어서는 술후 16 시간 까지 급속히 계속 상승하여 최고치 108.71 ± 94.71 mEq/L를 나타냈고 24 시간 까지도 높은 K^+ 농도를 지속하다가 그후 급속히 감소하여 48 시간에는 술전치에 가까운 농도로 환원하였다.

양군을 비교하면 체외순환 및 개심술의 지속시간이 길수록 술후 노중 K^+ 농도는 더욱 높아지고, 높은 K^+ 농도의 지속시간도 길어진다. 즉, 개심술의 지속시간이 길수록 K^+ 의 노중배설이 많아진다는 것을 알 수 있다.

4) 尿中 K^+ 변동과 Digitalis 및 이뇨제의 술전사용

개심술 15 명 중에서 心不全 및 肝肥大 때문에 digitalis와 이뇨제 치료를 받은 환자 7 명을 A군, 받지 않았던 환자 7 명을 B군으로 나누고 양군의 노중 K^+ 변동을 비교하기 위하여 각군의 노중 K^+ 측정치의 평균치를 도표로 표시한 것이 Fig. 4이다.

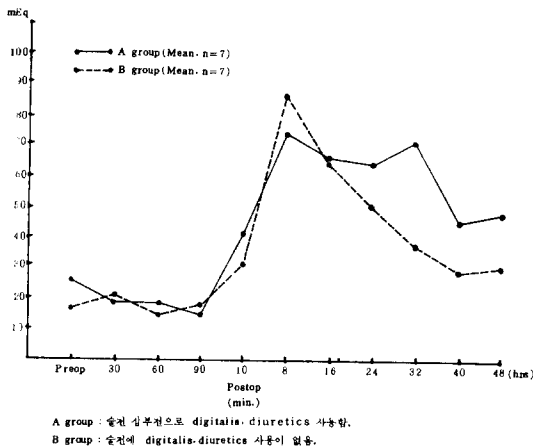


Fig. 4 노중 K^+ 의 변동과 Digitalis, Diuretics 술전사용과의 관계

양군 모두 술중에는 대차없는 노중 K^+ 농도를 나타냈고 ECC 종료 10 분후 부터 노중 K^+ 농도가 급속히 증가하는 변동은 Fig. 2와 3과 비슷하다.

술후에 최고 노중 K^+ 농도를 나타낸 시기는 A군, B군 모두 술후 8 시간이며 각각 74.36 ± 34.85 mEq/L, 87.75 ± 37.35 mEq/L이었다. A군이 약간 적기는 하나 그 대신 술후 32 시간 까지 높은 노중 K^+ 농도를 나타냈고 그후 감소하였으나 술후 40 ~ 48 시간에도 술전치의 2 배의 노중 K^+ 농도를 나타냈다. B군은 술후 8 시간에 최고 노중 K^+ 농도를 나타냈으나 그후는 계속 빠른 속도로 감소하였으나 술후 40 ~ 48 시간에는 술후치의 2 배의 노중 K^+ 농도를 나타냈다.

이상을 종합하면 술전에 심부전과 간비대로 digitalis와 이뇨제 치료를 받았던 환자군은 술후 24 시간 까지 높은 노중 K^+ 농도를 나타내서 많은 K^+ 가 노중으로 배설되었음을 알 수 있다.

考 察

心肺器(HLM) 體外循環(ECC)을 이용한 開心術(OHS)의 처음 성공에 발표된 이후로 HLM의 개선과 ECC, OHS의 이론과 기술이 발달하여 현재 OHS은 좋은 수술성적으로 시술되고 있다. 그러나 아직도 많은 문제들이 미해결상태로 있기 때문에 HLM, ECC는 시간 제한을 면치 못하고 있다는 사실은 서론에서 언급하였다.

심장의 심근기능과 K^+ 는 밀접한 관계가 있다는 사실은 1878년 Ringer¹⁴⁾가 처음으로 개구리 심근의 실험으로 증명하였고 그후 약 50년후인 1953년 Sampson et al¹⁵⁾이 처음으로 digitalis에 의하여 발생한 부정맥 환자에 K^+ 를 경구적으로 부여하여 치료한 임상례를 발표하였다. 그후 이뇨제와 혈청 K^+ 의 감소, digitalis와 부정맥에 관한 많은 연구로 심질환이 있는 심근에 있어서는 K^+ 감소로 발생하는 저카륨혈증의 영향은 digitalis glycoside와 더불어 심각한 문제가 야기할수 있다는 사실이 증명되었다.

방실성 기외성 심장율동(atrial and ventricular ectopic rhythm)은 혈청 K^+ 의 감소와 digitalis의 독성이 합병하여서 발생한다. Digitalis glycoside 작용은 심근세포의 K^+ 농도에 변화를 초래하여 digitalis 치료시에는 심수축후에 K^+ 가 심근세포 내로 되돌아가는 것을 방해하여서 심기능에 장애를 일으킬 수 있다. 따라서 보통 사용하는 안정량의 digitalis라 할지라도 혈청 K^+ 가 부족한 상태에서는 독성작용을 나타낼 수 있는 것이다.

ECC, OHS에 있어서 술중과 술후에 혈청 K^+ 가 감소한다는 사실은 널리 알려져 있으나 그 이유는 단순하지 않고 여러가지 요인이 작용한다.

Neville와 Talso⁴⁾는 ECC, OHS에 있어서 혈청 K^+ 는 노중으로 배설되는 것과 세포내로 이동하는 것 때문에 감소한다는 사실을 관찰하였으나 이와같은 변동이 저산소성 혈산증 때문인지, ECC중 HCO_3^- 가 감소하기 때문인지 분명치 않다고 말하였다. Dieter et al⁶⁾은 325~390 mEq의 Na^+ 를 함유하는 Rigger's lactate 용액 2,500~3,000 ml를 HLM에 충전한 회피적 ECC으로 시술한 개심술 500예에서 관찰한바 혈청 Na^+ 는 대조치를 유지하여서 변동이 없었으나 ECC 중과 후에

강력한 이뇨현상이 야기하였다. 이 이뇨현상이 결국 노중 K^+ 배설을 촉진하는 결과가 되어서 노중의 K^+ 는 평균 38 mEq/L 였으나 노중 K^+ 배설의 범위는 $4.3 \sim 106.0 \text{ mEq/L}$ 였다. 이들이 사용한 충전액에 함유한 K^+ 는 10 mEq/L 였으므로 K^+ 의 노중 배설이 많은 경우 KCL 용액의 주사로 K^+ 를 보충하지 않으면 안되었 증례가 있었다고 하였다. HLM 충전액에 많은 Na^+ 가 함유하거나 수액으로 식염수를 이용하였을 때 강한 이뇨작용으로 Na^+ 와 K^+ 가 많이 배설된다는 사실은 Hayes et al.¹⁶⁾ Rand et al.¹⁷⁾ 등도 관찰하였다.

Lockey et al.⁹⁾는 술전에 이뇨제 thiazide 투여로 체내 K^+ 총량이 부족한 상태에서는 술중과 술후에 혈청 K^+ 의 부족상태를 초래한다고 하였으며 Dieter et al.⁶⁾은 술전에 이뇨제를 사용할 환자군에서 술후 노중 K^+ 배설이 많았으며 그 환자중에서 합병증인 부정맥의 발생이 있었다고 하였다. 이것과 비슷한 결과는 본 연구에서도 관찰하였다. 술전에 심부전과 간비대로 digitalis와 이뇨제 사용한 환자군과 사용하지 않은 환자군을 비교한 바 양군 모두 술후 즉시부터 노중 K^+ 농도가 증가하기 시작하여 술후 8시간에 최고 노중 K^+ 농도를 나타냈는데 그후 비사용군에서는 계속 감소하여 술후 32시간에는 $37.5 \pm 23.65 \text{ mEq/L}$ 로 감소하였는데 사용군에서는 술후 32시간 까지도 $71.36 \pm 25.17 \text{ mEq/L}$ 를 나타내어 높은 노중 K^+ 농도가 오래 지속하였다.

Neville¹¹⁾는 술후에 호흡기를 사용하는 보조호흡으로 발생하는 호흡성 alkalosis도 혈청 K^+ 가 감소하는 원인이 된다고 하였다. 이러한 과호흡에 의한 급성 호흡성 alkalosis가 발생하면 세포내의 H^+ 가 혈청내로 이동하여 소실하는 것에 대하여 평형을 맞추기 위하여 혈청 K^+ 가 세포내로 이동하여서 세포의 K^+ 가 감소하게 된다. 이런 경우에 나타나는 K^+ 의 변동은 속빠르며 뿔을 통하는 K^+ 의 배설과는 관계없이 일어난다. 이러한 호흡성과 대사성 alkalosis의 두가지에 의하여 세포외의 K^+ 가 감소한다는 사실은 Fienma와 Young¹⁸⁾, Krohn et al.¹⁹⁾ 들도 지적하였다.

Moore et al.¹⁰⁾에 의하면 외과적 천습에 대한 반응으로 aldosteron 분비가 항진하고 이 hyperaldosteron 작용은 결과적으로 hypokalemic metabolic alkalosis를 동반하면서 K^+ 의 노중 배설을 촉진시킨다고 한다. 이것은 원위 세뇨관의 ion 교환처에서 H^+ 와 K^+ 에 대한 Na^+ 의 교환기전이 자극되어서 촉진하기 때문이라고 말하였다.

이상의 문헌들은 ECC, OHS에 있어서 술중과 술후에 저카륨혈증을 발생시킬 수 있는 여러가지 요인을 소개한 것이다. 이러한 여러가지 요인들이 상호작용하여 혈청 K^+ 를 감소시키는데 결과적으로 불배 혈청과 세포외액의 K^+ 는 세포내로 이동하는 것과 노중 배설의 증가로서 혈청 K^+ 가 감소한다. 그 중에서도 K^+ 의 노중 배설이 더욱 중요한 역할이 있다는 것을 알 수 있다. 따라서 ECC, OHS에 있어서 노중 K^+ 의 변동을 관찰하는 연구는 의의있는 일이다.

結 論

心肺器 體外循環下에開心術을 시술한 先天性心臟騎型 8명과 後天性 心瓣膜疾患 7명 합계 15명에 대한 술중과 술후에 血清 K^+ 와 尿中 K^+ 농도를 경시적으로 측정하여 그 변동을 관찰한바 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 尿中 K^+ 농도는 술중은 술전치와 비슷하였으나 술후는 체외순환 종료 직후부터 급속히 증가하여 술후 8시간에 최고 노중 K^+ 농도 $86.97 \pm 43.96 \text{ mEq/L}$ 를 나타냈고 그 후는 서서히 감소하였으나 술후 48시간에도 $41.53 \pm 21.73 \text{ mEq/L}$ 로서 술전치의 약 2배의 농도를 나타냈다. 노중 K^+ 농도의 증가는 혈청 K^+ 농도와 관계없이 증가하였다.

2. 노중 K^+ 농도의 변동은 체외순환 지속시간과 관계가 있으며 체외순환 60분은 노중 K^+ 농도의 최고치 $86.58 \pm 50.87 \text{ mEq/L}$ 인 것에 비하여 90분군은 최고치 $108.71 \pm 94.71 \text{ mEq/L}$ 으로 더욱 높은 노중 K^+ 농도를 나타냈고, 90분군의 높은 K^+ 농도는 그 지속시간도 길었다.

3. 술전에 digitalis와 이뇨제를 사용한 환자군과 비사용군을 비교하면 사용군은 술후 32시간에도 $71.36 \pm 25.17 \text{ mEq/L}$ 로 높은 노중 K^+ 농도의 지속이었는데 비사용군은 $37.5 \pm 23.65 \text{ mEq/L}$ 으로 낮은 노중 K^+ 농도였고 술후 48시간에도 사용군이 비사용군보다 노중 K^+ 농도가 높았다.

REFERENCES

1. Gibbon, J.H., Miller, B.J., and Feinberg, C.: *An improved mechanical heart and lung apparatus*, *Med. Clin. N. Amer.*, 37:1603, 1953.
2. Crafoord, C.: *Operationen offenen Herzen mit*

- Herz-Lungen-Maschine (Stockholmer Modell), Langenbecks Arch.*, 289:257, 1958.
3. Kirklin, J.W., DuShane, J.W., Patrick, R.T., Donald, D.D., Hetzel, P.S., Harshbarger, H.G., and Wood, E.H.: *Intracardiac surgery with the aid of a mechanical pump-oxygenator system (Gibbon type); Report of eight cases, Mayo Clin. Proc.*, 30:201, 1955.
 4. Neville, W.E. and Talso, P.J.: *Postperfusion compartment fluid alterations, Surgery*, 63:220, 1968.
 5. Breckenridge, I.M., Deverall, P.B., Kirilin, J.W., and Digerness, S.B.: *Potassium intake and balance after open intracardiac operations, J. Thorac. Cardiovasc. Surg.*, 63:305, 1972.
 6. Dieter, R.A., Neville, W.E., and Pifarre, R.: *Hypokalemia following hemodilution cardiopulmonary bypass, Ann. Surg.*, 171:17, 1970.
 7. Dieter, R.A., Neville, W.E., and Pifarre, R.: *Serum electrolyte changes with Ringer's lactate solution used for hemodilution, J. Thorac. Cardiovasc. Surg.*, 59:168, 1970.
 8. Babka, R. and Pifarre, R.: *Potassium replacement during cardiopulmonary bypass, J. Thorac. Cardiovasc. Surg.*, 73:212, 1977.
 9. Lockey, E., Ross, D.N., Longmore, D.B., and Sturridge, M;F.: *Potassium and open heart surgery, Lancet*, p-671, March 26, 1966.
 10. Moore, F.D., Boling, E.A., Dittmore, H.B.Jr., Sicula, J.E., Tetelick, 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.
 11. Neville, W.E.: *Extracorporeal circulation, Current problems in surgery, Chicago, 1967, Year book publishers, Inc., p. 64.*
 12. Krohn, B.G., Magidson, O., Lewis, R.R., TSuji, H.K., Redington, J.V., and Kay, J.H.: *Prevention of metabolic alkalosis following heart surgery, J. Thorac. Cardiovasc. Surg.*, 56:748, 1968.
 13. Kay, R.G.: *The effect of an aldosterone antagonist upon the electrolyte respons to surgical trauma, BRit. J. Surg.*, 55:266, 1968.
 14. Ringer, S.: *J. Physiol., London*, 1:72, 1878: cited from No. 14.
 15. Sampson J.J., Alberton, E.C., and Kondo, B.: *Am. Heart J.*, 26:164, 1943; cited from No. 14.
 16. Hayes, M.A., Williamson, R.J., and Heidereich, W.F.: *Endocrine mechanisms involved in water and odium metabolism during operation and convalescence, Surgery*, 41:353, 1957.
 17. Rand, P.W., Austin, W.H., and Chatterjee, M.: *Abnormal diuretic patterns following open heart surgery, Surgery*, 53:456, 1963.
 18. Flemma, R.J. and Young, W.G.Jr.: *The metabolic effects of mechanical ventilation and respiratory alkalosis in postoperative patients, Surgery*, 56:36, 164.
 19. Krohn, B.G., Urghart, R.R., Magidson, O., Tsuji, H.K., Redington, J.V., and Kay, J.H.: *Metabolic alkalosis following heart surgery, J. Thorac. Cardiovasc. Surg.*, 56:732, 1968.