

## 체외순환 전후 혈중 및 소변에서의 Potassium 변화에 관한 관찰

김 윤 · 조범구 · 홍승록

=Abstract=

### Studies of Serum and Urine Potassium Changes During, and after Extracorporeal Circulation in open Heart Surgery

Yun Kim, M.D., Bum Koo Cho, M.D., and Seung Nok Hong, M.D.

This experiment was carried out to study the change of potassium before, during, and after extracorporeal circulation.

Serum potassium and urinary potassium excretion were examined in 7 cases of patient who were taken open heart surgery using extracorporeal circulation. All of 7 cases were administered 10-25mEq of KCl during extracorporeal circulation

Serum potassium was not changed significantly during, and after operation, but urinary potassium excretion was declined during extracorporeal circulation and tend to rise after extracorporeal circulation.

This result showed no remarkable relation of serum potassium and urinary potassium excretion.

#### 서 론

인공심폐기 사용시의 Potassium의 변화에 관하여는 많이 알려져 있으며 수술전의 투약관계 (Digitalis Diuretics), 수술중의 Hyperventilation, Kaluresis, 및 prime-용액내의 낮은 potassium 농도와 수술후의 hyperaldosteronism, mechanical ventilation, Kaluresis 등이 potassium 변화에 영향을 준다고 하겠는데 본논문에서는 체외순환 (extracorporeal circulation), 전후를 통하여 혈청 및 소변내 potassium 농도의 변화를 비교하여 혈청의 potassium이 감소하는 시기와 Kaluresis 사이의 시차관계를 관찰하여 수술전후를 통한 Hypokalemia를 사전에 예방하고 수술도중 potassium 용액을 보충하는데 참고되는 점을 찾을가 하였다.

#### 방법 및 대상

대상은 본 의료원 흉부외과에서 개심술을 시행했던 환자 중 7예를 대상으로 수술직전부터 수술후 일정한 시간까지 혈청 및 소변에서의 potassium 농도를 측정하여 동일도표 선상에서 비교하였으며 수술전 투약관계는 별도로 고려하지 않고 모두 같은 조건으로 간주하였다.

체외순환시 사용한 주요 부품은 Sarn's Roller pump, Hervey bubble oxygenator를 사용 하였으며 prime 용액은 부분회석 방법을 사용하며 5% Dextrose water와 Hartman solution을 사용하였으며 여기에 whole blood와 mannitol이 혼합하였고 수술중 체온은 26~30°C로 유지 하였다.

#### 결 과

\*이 논문은 1977년도 교수연구비로 작성 하였음.  
연세대학교 의과대학 흉부외과학교실

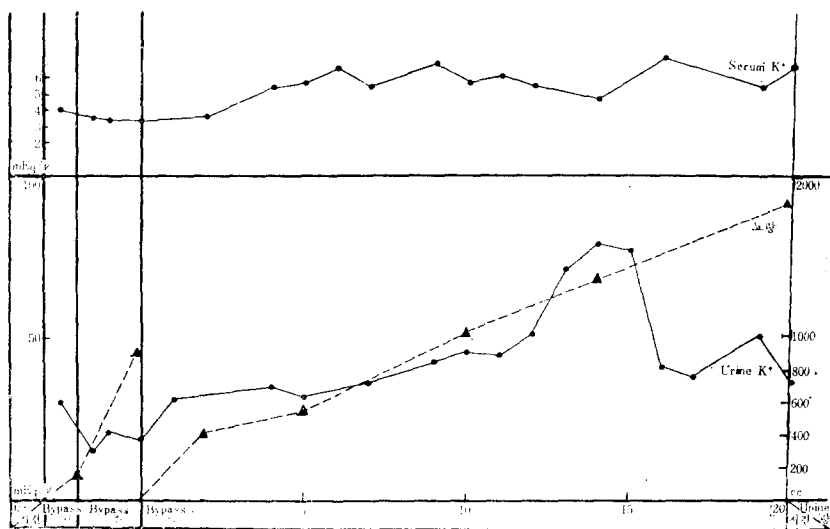
일정 시간마다 변하는 체내 potassium의 변화치를

7 Cases of Patient

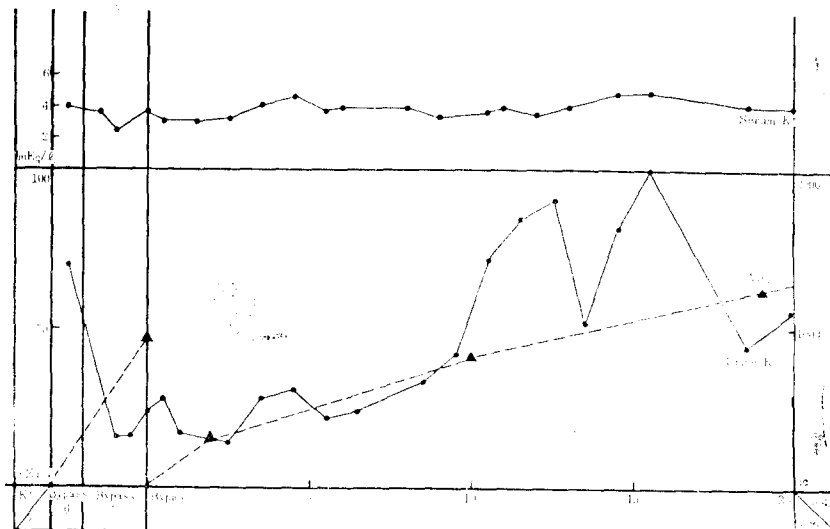
Case	Name	Sex	Age	B.S.A. (m <sup>2</sup> )	Diagnosis	Name of Operation
1	이○호	M	20	1.52	Detached patch of VSD	Repair of VSD
2	안○자	F	36	1.42	M.S. (R.H.D.)	Open mitral commissurotomy; Tricuspid valve annuloplasty
3	송○자	F	10	0.82	T.O.F.	Total correction of T.O.F.
4	이○제	M	41	1.61	ASD Secundum	Repair of VSD.
5	이○식	M	7	0.78	P.S. (Valvular)	Valvulotomy
6	원○원	F	6	0.74	VSD	Repair of VSD.
7	이○식	M	55	1.7	MS + LA thrombus	Open Mitral Commissurotomy

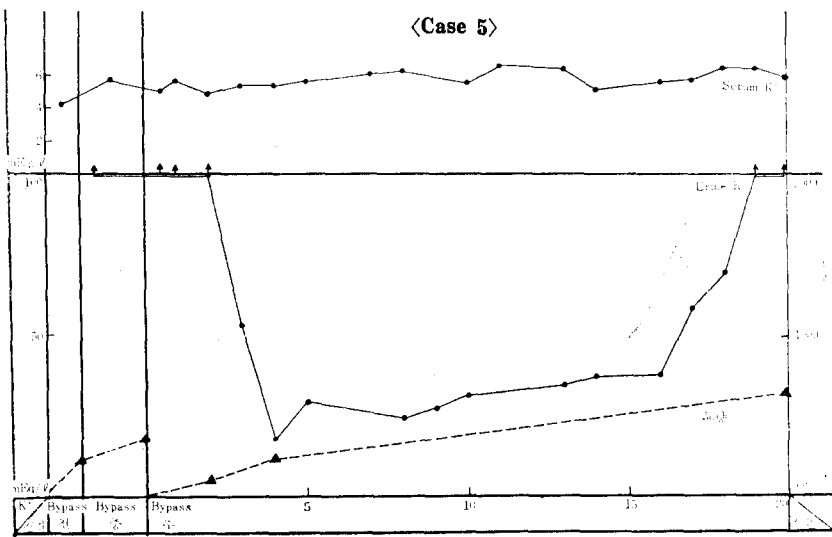
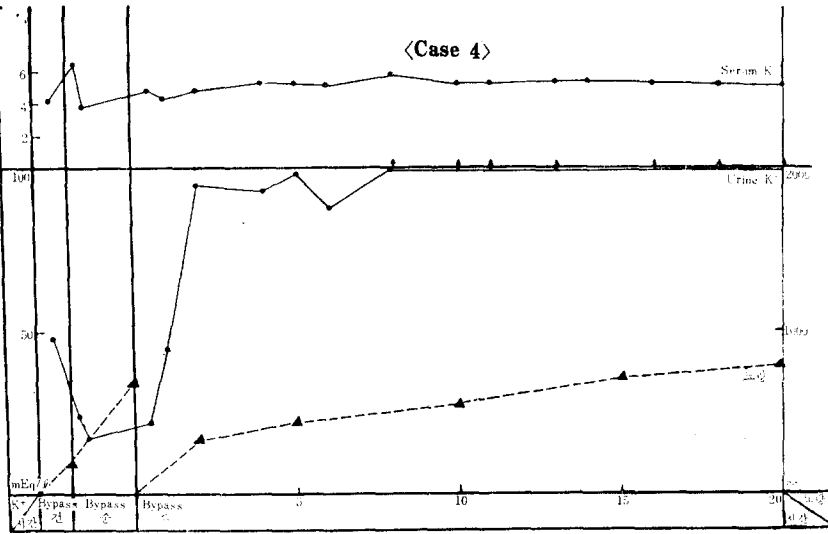
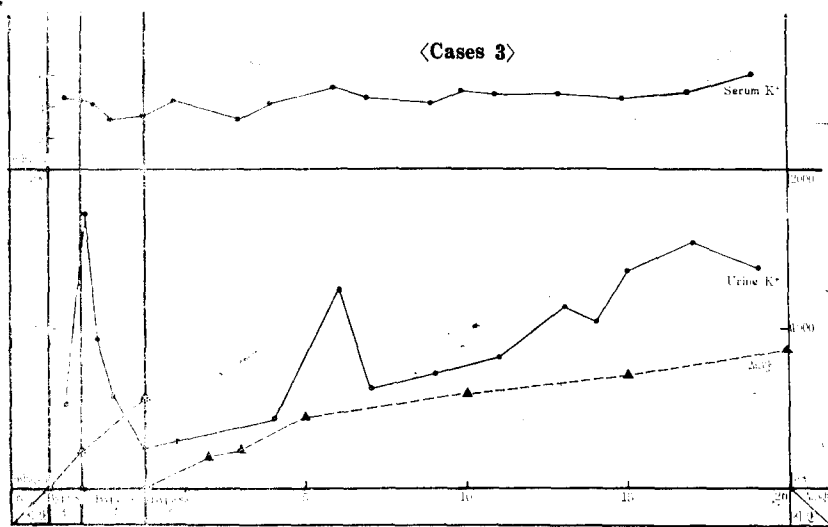
B.S.A.; Body Surface Area

<Case 1>

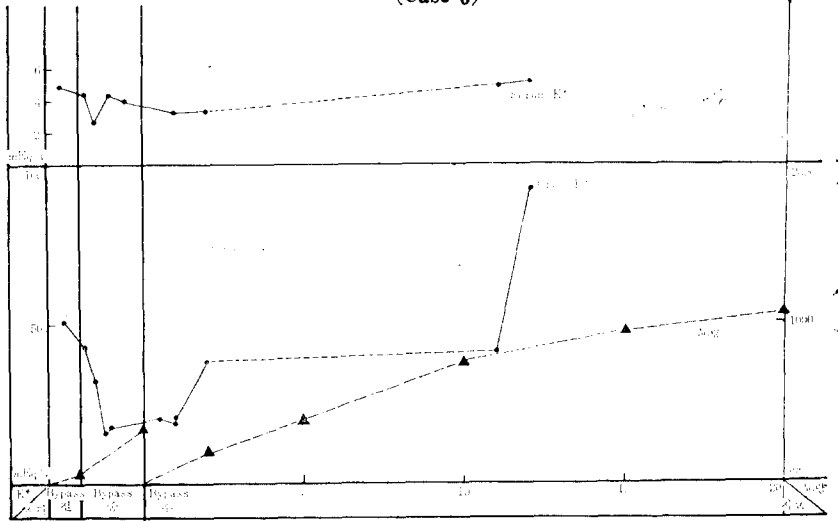


<Case 2>

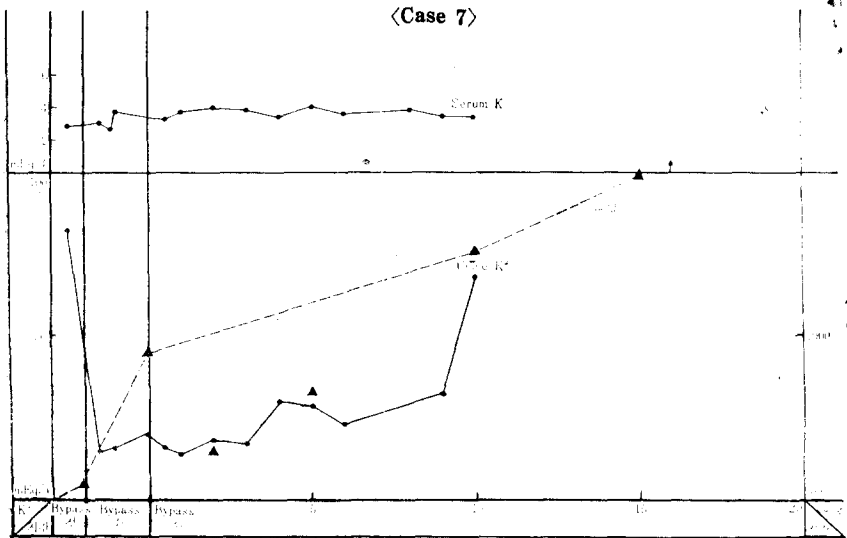




〈Case 6〉



〈Case 7〉



보는것은 소변에 배설되는 potassium 농도와의 관계의 비교가 목적이므로 본도표에서 보는바와 같이 7예를 통해 볼때 대체로 potassium의 혈청농도는 수술전후를 통해 큰 변화없이 유리되는데 비해 소변에 배설되는 potassium의 양을 제 3예와 5예를 제외하고는 모두 제외순환이 시행되는 동안 급격히 소변에서의 potassium 배설량이 감소했다가 수술후 점차 증가하는것을 볼 수 있는데 제 3예의 경우에는 제외순환 직후에 potassium의 배설량이 증가 되었다가 제외순환 시행중 점차 감소 하였으며 수술후 다른 경우와 마찬가지로 점차 증가한 것을 볼수있겠고 5예의 경우에는 제외순환 끝난후 2시간대 부터 감소했다가 서서히 증가한 모양을 보여주고

있어서 시간적 간격은 있으나 전체적인 곡선의 모양은 비슷하다고 볼수있겠다.

### 고 찰

Potassium이 정상 심근운동에 중요한 역할을 한다는 것은 잘알려진 사실이며 Ringer(1878)는 개구리 실험에서 관류액내의 sodium, potassium, Calcium 농도의 상관관계가 심근운동에 절대적 역할을 함을 관찰하였으며 Rothenberg나 Witerberg (1911)는 개에게 Potassium Chloride 용액을 정맥주입하여 atrial 및 Ventricular ectopic beat이 소실되고 tachycardia

		case 1		case 2		case 3		case 4		case 5		case 6		case 7	
		serum		urine		serum		urine		serum		urine		serum	
Bypass 전		4.0	30.0	4.0	70.0	4.6	26.0	4.2	48.0	4.2		5.0	50.5	2.9	82.0
Bypass중						4.4	85.5	6.5	23.5			4.4	43.5		
	30분	3.5	13.0	3.6		4.2	47.5	3.8	17.0	5.8	100↑	2.7	32.0	3.0	14.0
						2.7	29.0					4.4	16.0	2.8	9.3
	1시간	3.4	21.0	2.5	16.0	3.4	9.5					4.0	18.0	3.8	16.0
					2.6										
	2시간		19.0	3.7	16.0	3.5	12.5								20.0
	3시간	3.4	21.0	3.8	24.0										
Bypass후				3.0	28.0			4.8	22.0	5.2	100↑		20.5	3.3	16.0
	30분														
	1시간		31.5	3.0	17.0	4.4	15.0	4.2	44.5	5.7	100↑	3.4	19.0	3.7	14.0
	2시간	3.5	25.5	3.2	14.0			4.9	95.0	4.9	100↑	3.5	38.2	4.0	18.5
	3시간			4.2	28.0	3.2				5.5	53.5			3.8	17.0
	4시간	5.5	35.0	4.6	31.0	4.1	21.0	5.3	93.0	5.4	18.0			3.5	30.0
	5시간	5.7	32.5	3.7	22.0			5.2	98.0	5.7	19.5			4.0	28.5
	6시간	6.5		3.9	23.5	5.1	62.0	5.1	88.0					3.7	23.0
	7시간	5.4	36.5			4.5	31.5			6.1					
	8시간			3.9	34.5			5.8	100↑	6.3	24.5			3.9	
	9시간	6.8	43.0	3.3	42.0	4.1	36.0				27.0			3.5	32.5
	10시간	5.7	46.5	3.6	72.0	5.0		5.2	100↑	5.7				3.5	68.0
	11시간	6.1	45.0	3.9	84.5	4.7	41.0	5.2	100↑	6.8	31.5	4.8	41.0		
	12시간	5.5	51.0	3.5	91.0							5.2	92.0		
	13시간	1.2	71.0	3.9	52.0	4.8	57.0	5.5	100↑	6.5	34.5				
	14시간	4.7	79.0	4.4	82.0		52.0	5.5		5.2	37.0				
	15시간		77.0	4.8	101.0	4.5	68.5								
	16시간	7.1	41.5					5.3	100↑	5.8	37.5				
	17시간	8.0	38.5			4.8	77.5			5.9	58.5				
	18시간			4.0	45.0			5.2	100↑	6.6	69.0				
	19시간	5.4	51.5			6.0	69.0			6.7	100↑				
	20시간	6.7	38.0	3.9	55.2			5.1	100↑	6.2	100↑				

혈청과 소변내의 potassium ion의 양

가 없어지는것을 관찰하였다.

Moore(1954) 등은 total exchangeable potassium과 Serum potassium 농도 사이에는 직접 관련이 없음을 관찰하였는데 본논문에서 관찰 할수있는 것은 수술도중 KCl 용액을 보충하여 정상치를 유지하는데도 소변의 Potassium 양은 극히 감소되어 있으므로 수술도중 혈 중 Potassium 농도와 소변내 Potassium 배설사이에는 직접 상관관계는 볼수없는 점이라 하겠다.

Moore(1954) 등의 관찰에 의하면 수술후 처음 1~5 일간은 소변내 potassium 양이 증가하는 것을 관찰하였다고 하는데 Gibbon(1954)이 체외순환을 이용한 심장수술에 성공한 이래 수술전후 potassium 농도의 변

화에 관한 연구는 더욱 관심을 끌게 되었으며 Ebast(1964) 등은 수술후 hypokalemia가 수술후 부정맥과 관계있다고 보고하였다.

만성질환을 앓고 있는 환자에서는 E.C.F.의 total exchangeable NaCl은 증가하게되고 total exchangeable potassium, cell mass, body fat는 감소하게 되겠는데 cardiac edema를 갖는 환자에서도 마찬가지로 현상을 볼수있겠다. potassium은 primary intracellular cation으로써 cell mass가 감소하거나 cell metabolism의 장애에 의한 병변이있는 경우 감소하게되며 또 수술전에 이뇨제 치료를 받은 환자는 더구나 Hypokalemia에 빠지기 쉽겠는데 본논문의 대상자들을 모두 수술전

이노제를 사용하였으나 충분한 양의 potassium을 보충하였으므로 상기와 같은 조건은 해소되었다고 할수있겠다. E. Lockey (1966)에 의하면 체외순환 시행중 혈청 potassium이 감소하며 potassium 용액을 첨가 하더라도 혈중 potassium 농도는 감소한다고 하였는데 본관찰에서는 체외순환 도중 대체로 15~20mEq의 KCl용액을 1회 첨가 하였는데 모두 정상범위를 유지하였으며 감소한 예는 볼수 없었다.

또 Ronald Babka (1977) 등은 체외순환 직전에 potassium치가 감소하였다가 체외순환 도중에 추가하고 체외순환후 24시간에 다시 최근 농도로 환원된다고 하였으며 Walker (1963) 등은 체외순환이 도중 hypokalemia 상태가 되는것은 pH에도 관계가 있다고 하였다.

E. Lockey 등에 의하면 수술시작부터 체외순환 끝날 때까지 평균 3~4시간으로 간주 한다면 Total urinary potassium loss는 17mEq/L~ 최고 60mEq/L라고 하였는데 본관찰에서는 최소 18.5mEq/L 부터 최고 100 mEq/L 이상이였다. E. Lockey 등에 의하면 평균 urine K<sup>+</sup> loss는 수술당일에는 대개 105mEq/L이며 평균 urine volume는 1190m<sup>3</sup>였다고 하는데 본논문에서는 평균 51.3 mEq/L 이상이, 그 urine vol.은 1790m<sup>3</sup>였다.

수술후 소변의 potassium 손실의 주원인은 심한 diuresis에 기인한다고 하는데 대부분 환자가 Open Heart Surgery 전에 Hypokalemia에 빠지게되고 또 Digitalis를 사용하기 때문에 potassium의 적절한 보충이 더욱 요구된다 하겠다.

그러나 E. Lockey 등은 수술당일 평균 urine potassium 손실이 105 mEq/L 정도이므로 potassium loss가 이 범위내에 있을때는 potassium replace가 꼭 시급한 문제라고는 할수 없다고 하였으며 소변양이 적은 경우에는 potassium 보충도 조심해서 시행해야 할 것이며 혈청내 농도를 자주 측정하는것이 당연할 것이다. 또 이들은 urine volume과, potassium loss와 직접적 관계가 없기 때문에 소변양에따라 potassium의 보충량이 좌우되지 않는다고 했다.

그러므로 potassium 농도는 total body depletion의 지침이 되지못함을 알수 있으며 cell mass의 손실, abnormal cellular metabolism, diuretic therapy 등이 potassium 손실의 주요한 원인이 되며 alkali reserve가 오히려 좋은 지침이라고 할수 있겠다.

체외순환 도중에는 prime 용액에 potassium을 첨가하지만 plasma potassium 치는 낮은수가 많은데 체외순환 시작후 3~5시간이면 prime solution내 potassium과 plasma 농도가 같아지거나 prime 용액내의 potassium이 더낮게 되는데 수술전에 diuretic therapy 받은자 일

수록 더 심하게 된다고 한다.

Oszakee 들에 의하면 partial gastrectomy후에 수술당일에 urine potassium loss가 가장 높아서 86±25mEq/L라고 하였다.

Total body potassium의 견지에 불배 수술당일 KCl의 보충은 10mEq/L면 충분하고 수술후 첫날에 20mEq/L면 충분하며 이후는 필요할 경우 경구투여로 충분하다고 하였으므로 남용으로 다량의 KCl을 줄 필요는 없다고 할수 있겠다.

또 Brechenridge (1972) 등의 실험에서 볼수있는 바와 같이 prime solution의 성분이 blood-glucose mixture군에서는 blood-mannitol mixture군보다 potassium out flux가 감소되기 때문에 수술후 potassium 손실이 방지된다고 이야기 하고 있다.

요약하면 수술후 hypokalemia는 체외순환을 이용한 open heart surgery 뿐아니라 기타 major surgery 후에도 볼수있는바 그 원인은 수술전 medication 특히 digitalis, diuretics등과 수술시 hyperventilation, kaluresis, low K<sup>+</sup> in prime Solution, potassium influx의 증가 등과 수술후 hyperaldosteronism, mechanical ventilation, kaluresis 등을 들수있겠는데 본논문에서는 수술전후를 통해 혈액내 potassium 법화는 특별히 관찰할수 없었으나 소변내 변화하는 potassium 양은 일정한 양상으로 변하는 곡선을 보여줌을 알수있으나 혈중농도와 소변에 배설되는 potassium 농도는 직접상관관계가 없음을 볼수있으며 소변농도만 갖고는 KCl을 보충하는데 큰 참고는 된다고 할수없겠다.

그러나 수술후 다량의 소변을 배설 할때는 대체로 다량의 potassium을 포함되기 때문에 자연적인 현상이 아닐 경우에는 일부러 심하게 이노를 시킬 필요는 없는 것 같다.

## REFERENCES

1. Breckenridge, I.M.: *Potassium intake and balance after open intracardiac operations*, *J. Thorac. Cardiovasc. Surg.*, 63:305, 1972.
2. Cuthbertson, D.P.: *Further observations of the disturbance of metabolism caused by injury, with particular reference to the dietary requirements of fracture cases*, *Br. J. Surg.*, 23: 505, 1936.
3. Dieter, R.A., Neville, W.E., and Pifarre, R.: *Hypokalemia following hemodilution cardiopulmonary bypass*, *Ann. Surg.*, 171, 1970.

4. Dieter, R.A., Neville, W.E., and Pifarre, R.: *Serum electrolytes changes after cardiopulmonary bypass with Ringer's lactate solution used for hemodilution*, *J. Thorac. Cardiovasc. Surg.*, 59: 168, 1970.
  5. Eunics Lockey, et al: *Potassium and open heart surgery*, *Lancet*, 7439:671, 1966.
  6. Kay, R.B.: *The effect of an aldosterone antagonist upon the electrolyte response to surgical trauma*, *Br. J. Surg.*, 55:266, 1968.
  7. Lockey, E., Langmore, D.B., Ross, D.N., and Sturridge, M.F.: *Potassium and open-heart surgery*, *Lancet*, 1:671, 1966.
  8. Moffitte, E.A., Rosevear, J.M., Molnar, G.D., and McGoon, D.C.: *Myocardial metabolism in open-heart surgery: Correlation with insulin response*, *J. Thorac. Cardiovasc. Surg.*, 59:691, 1970.
  9. Oszacki, J., Marc, ynska, A., Kulpa, J., and Szczygiel, K.: *Effect of surgical intervention (partial gastrectomy) on nitrogen and potassium balance in patients with gastric carcinoma and with gastric ulcer*, *Pol. Med. J.* 5:1230, 1966.
  10. Pacifico, A.D., Digerness, S., and Kirklin, J.W.: *Acute alterations of body composition after open intracardiac operations*, *Circulation*, 41: 331. 1970.
  11. Ronald Babka, B.T., and Roque Pifarre, M.D., Maywood and Hines, Ill.: *Potassium replacement during cardiopulmonary bypass*, *J. Thorac. Cardiovasc. Surg.*, 73:212, 1977.
  12. Swan, H., Zeauin, I., Blount, S.G., and Virtue, R.W.: *Surgery by direct vision in the open heart under hypothermia*, *J.A.M.A.*, 153:12, 1081, 1953.
-