

개심술 시의 포타시움 변화

*이 홍 섭

<지도: **김 중 회 환 성>

=Abstract=

Changes of Potassium in Open Heart Surgery

Hong Sup Lee, M.D.

<Director: Chong Whan Kim, M.D.
Hoe Sung Yu, M.D.>

Alterations in the serum and urine potassium were studied in twenty patients who underwent open heart surgery in National Medical Center during the period from Jan. 1978 to June 1978.

There were twelve cases congenital heart disease and eight acquired heart disease. Riggs-Kyvsgaard mark IV roller pump and Polystan bubble oxygenator were used in all patients. Hemodilution was carried out by priming the oxygenator with Hartmann's solution.

Measurement were made of the serum electrolyts, gas analysis and twenty four hour urine electrolytes.

During the bypass, the serum potassium decreased significantly from 4.2 ± 0.47 to 3.6 ± 0.72 mEq. per liter. ($p < 0.05$)

Fifty seven miliequivalent of potassium chloride were added during operation. urine potassium was higher in the diuretic group than in the non diuretic group.

Plasma potassium level in the diuretic group was more significantly reduced than nondiuretic group. In this series large amount of urine potassium loss was noted on the day of operation, the first and second post operative day.

서 론

체외 순환 중에는 저포타시움 증이 발생 하기 쉽고 저포타시움 증은 부정맥을 일으킬수 있으므로 술중 및 술후 포타시움 농도의 유지가 필요하다. 저자는 국립 의료원에서 사용하는 체외순환법이 혈청 포타시움에 미

치는 영향을 관찰하고 겸하여 소변 포타시움 배설양이 저포타시움 증에 미치는 영향을 연구 보고하는 바이다.

관찰 대상 (Table 1)

1978년 1월부터 6월까지 6개월간 개심술을 시행한 20명을 대상으로 하였으며 성별은 남자 12례, 여자 8례 이었다. 연령 분포는 최연소 5세, 최고령 42세였으며 평균 21세였으며 체중은 평균 39kg 이었고 체표

* 국립 의료원 흉부외과

** 서울대학교 흉부외과

Table 1. Clinical Material

Pt. No.	Age (years)	Sex	Wt (kg)	Types of Heart disease
1.	7	F	18	T.O.F.
2.	5	M	16	T.O.F.
3.	6	M	14	T.O.F.
4.	26	M	54	T.O.F. with Pott's Anastomosis.
5.	18	M	55	T.O.F with Blalock Anastomosis.
6.	6	M	14	ASD.
7.	21	F	53	ASD.
8.	28	F	38	ASD.
9.	13	M	30	VSD.
10.	8	M	22	VSD with AI.
11.	22	M	48	P.S. + ASD.
12.	18	F	40	TAPVC.
13.	34	F	37	M.S.I.
14.	27	M	51	M.S.
15.	42	F	39	M.S.
16.	31	M	44	MI+TI.
17.	30	F	40	MSI+TI.
18.	17	M	48	MSI.
19.	20	M	62	ASI.
20.	46	F	46	Lt. atrial myxoma

면적은 평균 1.26^m이었다. 질환별로는 선천성이 12예였으며 후천성 심장 질환이 8예이었다.

체외순환법

심폐기 : Rigg-Kyvsgaad Mark IV 형 Single head roller pump 및 Polystan 제 bubble Type 산화기를 사용하였다. Bently Q-120형 reservoir 와 filter 물 reservoir로부터 산화기에 혈액이 유입되는 선에 연결하였다.

충진 : 혈액회색은 술중 Hematocrit 이 25-30%를

유지할 수 있도록 하였으며 체혈 2日 이내의 ACD 혈액 100cc 에 Heparin 600units, 10% CaCl₂ 1ml 를 사용 하였으며 15% mannitol 을 3-4ml/kg, 50% D/W 25-50cc, Vitaminc, 7.8% Bicarbonate 를 충전액 100ml 당 2ml 을 첨가 하였으며 충전 총양은 산화기의 충전용양에 500-700ml 의 Tube 및 열 교환기에 필요한 양을 더하여 결정하였고 포타시움은 체중에 따라 5-20mEq 을 첨가 하였다.

관류 시간 : 120분 이하가 10명 121분-180분이 7명 181분 이상이 3명 이었다.

관류량 : 2.4L/M²/min 에 가깝도록 관류양을 조절하였다.

저 체온법 : 대다수의 예에서 열교환기를 사용 30도 내외의 직장온을 유지 하였다.

cardioplegia 법 : 대동맥 차단 시간이 길것이 예상 될 경우는 Bretschneider's Cardioplegic solution 을 사용 하였고 짧은 경우는 ischemic arrest 를 하였으며 30°내외의 저체온법과 Local cooling 을 겸하였다.

Heparin & protamin : Heparin 은 혈액 및 Hartmann 용액에 600unit/100ml 로 사용하고 전신으로 350ū/kg, E.C.C. 매 1시간 마다 175ū/kg 을 첨가 하였다. protamin 은 Heparin 총양에 1.8mg/100ū of Heparin 을 사용 하였다.

포타시움 투여 : Lasix 를 장기간 사용 한 사람은 술 전 경구로 매일 20mEq 씩 투여 하였으며 충전액에는 체중에 따라 5-20mEq 를 첨가 하고 관류 도중 포타시움 치가 4.0mEq 이하 일 때는 K 을 더하였고 술후에는 20mEq/M²을 혈청내 포타시움, 소변 양을 기준으로 가감 하였다.

술후 수액 공급 : 술후 제 1,2,3일 각각 500ml/M², 700ml/M², 900ml/M²를 기준으로 하였으며 대개 술후 제 1일부터 oral feeding 을 시작 하였고 Feeding 이 불충분 할 시는 5%D/W 를 주었다.

이노제 사용 : 충전한 mannitol 외에는 Lasix 만을 사용 하였고 수술 당일엔 노량이 50ml/2hr 이하면 5-20mg 을 투여하고 술후 1-2일은 20-40mg 을 경구로 투여 하였다.

Table 2. Serum Potassium Concentration

	Pre-op.	After Induction	End of Bypass	Day 0	Day 1	Day 2	Potassium requirement during Op. (mEq.)
Mean	4.2	*3.6	*3.6	3.9	4.7	4.4	57
S.D.	±0.47	±0.62	±0.72	±0.58	±0.75	±0.70	

* P<0.05

Table 3. Relation Previous use of diuretic, serum potassium and urine K⁺ excretion.

	No.	Pre-op.	After Induction	End of Bypass	Day 0	K ⁺ requirement during Op. (mEq)	Urine Volume (ml)	Urine K ⁺ Content Day 0 (mEq)	Lasix on Day 0 (mEq)	
Diuretic Group	7	Mean	4.1	3.8	3.3	3.8	58	2237	73	59
		S.D.	0.54	0.69	0.39	0.45	33.6	604	16	
Non Diuretic Group	13	Mean	4.2	3.5	3.7	4.3	60	2236	47	53
		S.D.	0.44	0.58	0.84	0.70	54	827	43	
P value				X	X			X		

X: P<0.05.

측정방법 : 전해질 (Na⁺, K⁺, Cl⁻), Gas analysis, 혈청내 Hb, 을 마취 유도후, 관류 10분, 회복실서 검사 하였으며 뇨 검사는 술전 24시간, 수술도중, 수술 당일, 술후 1-5일 및 술후 10일에 채취하여 Na⁺, K⁺, Cl⁻ 및 뇨량을 측정 하였다.

결 과

혈청내 포타시움의 변화 (Table 2)

술전 포타시움은 4.2mEq/L 로 정상 범위를 나타냈으며 마취 유도 후에는 혈청내 포타시움의 현저한 감소를 보여 주었다 (P<0.05), 관류 도중은 관류중 10분, 30분, 60분, 90분, 치가 각각 4.5, 3.9, 4.2, 4.6으로 4.0을 넘었으며 관류 종료시에는 3.6mEq (P<0.05)로 감소했다가 술후에는 점차 증가되기 시작하여 술후 1일에는 정상으로 되었다. 관류 중 포타시움 첨가는 총진액에 10-20mEq를 첨가 하였고 혈청내 포타시움이 4.0mEq/L 이하인 경우 첨가 하였는데 술중 첨가한 포타시움 양은 평균 57mEq이었다. Hartmann액 및 Blood에 포함된 포타시움은 계산하지 않았다.

이뇨제 사용여부와 혈청내 포타시움 및 뇨중 포타시움 양 (Table 3)

이뇨제를 사용한 예는 7예로 모두 후천성 심장 판막 질환 환자이었고 Lasix을 전 예에서 사용 하였다. 이뇨제를 사용한 군은 술전 경구로 20mEq/day로 포타시움 투여를 받았다. 표3에 의하면 수술 당일 투여한 포타시움 양 이뇨제 및 뇨양에는 별 차이가 없었는데 혈청내 포타시움이 관류 직후 및 수술 당일에 이뇨제 사용 군이 비사용군에 비해 현저히 감소 됨을 볼 수 있고 (P<0.05) 뇨중 포타시움 배설양도 많음 (P<0.05)을 보여 주고 있다.

뇨량의 변화 및 뇨중 포타시움의 변화

(Table 4)

술전 평균 뇨량은 1180ml 이었고 수술 당일은 2198ml로 현저한 증가를 보였으나 술후 제 1일은 오히려 감소됨을 보여 주며 제 2일 부터 정상으로 됨을 보여 주고 있다. 뇨중 포타시움 배설량은 24mEq로 술전치 33mEq보다 적으며 (P<0.05) 수술일 부터 증가하기 시작하여 제 1,2일에 60-70mEq까지 증가 하였다 제 4일에 정상 범위로 돌아 왔다.

수술 당일의 뇨량과 뇨중 포타시움과의 관계

(Table 5)

뇨량 2L 이하인 군과 이상인 군을 비교한 결과 포타시움 content는 2L 이상인 군에 많았으나 통계적으로

Table 4. Urine volume and urine potassium excretion.

		Pre-op.	During op.	Day 0	Day 1	Day 2	Day 3	Day 4	Day 5	Day 10
Urine Volume	Mean	1180	1110	1078	890	1250	1338	1248	1266	1260
	S.D.	±490	±568	±538	±406	±456	±501	±450	±463	±591
MEq/L	Mean	32	*24	*44	*73	*62	*43	37	38	33
	S.D.	±17	±15	±25	±31	±37	±20	±18	±36	±22
K ⁺ Content MEq	Mean	38	*24	*45	*64	* 2	*54	41	40	39
	S.D.	±26	±15	±27	±26	±51	±23	±18	±21	±23

*P<0.05

유의한 차는 없었으며 포타시움의 농도는 2L 이상인 군이 28mEq/L로 더 낮은($P < 0.05$) 농도를 나타냈다.

Table 5. Urine volume and Potassium excretion on the Day of Op.

Urine volume	0-2 liter	2-1 liter
No. of Patients	6	12
Average urine volume(ml)	1450	2360
Average K ⁺ content in mEq.	62 ± 34	74 ± 30
Urine K ⁺ in mEq/L	*38 ± 14	*28 ± 12

* $P < 0.05$

고 안

술중 혈청 포타시움 변화

체의순환 시 수반되는 저포타시움은 부정맥과 관련되므로 널리 연구되어 왔고 현재는 총진액에 포타시움을 충전하고 충분한 I-V 포타시움을 주고 술전에 포타시움을 주기도 한다¹⁻¹⁵⁾. 술후 저포타시움증은 총진액, 산화기의 종류, 혈액첨가량, 이뇨제 사용 등에 의해 변화가 올 수 있다. 저자의 예에서는 술전 혈청 포타시움이 4.2mEq/L로 정상이었다. 마취유도후 3.6mEq/L로 감소되었으며 관류중에는 4.5, 3.9, 4.2, 4.6mEq/L를 유지 하였다. 관류 직후는 3.6mEq/L를 나타내 주었다. 이 data는 본원에서 1977년³⁾ 보고한 것과 비교하여 보면 관류중 포타시움 양은 3.5mEq/L 이하 이었던데 비해 높은 수치를 나타내고 있고 김종환⁵⁾ 등의 수치와는 큰차가 없었다. 관류중 및 관류 직후의 높은 K⁺치는 총진액에 넣은 포타시움 양과 관류중 더한 포타시움에 의한 것으로 생각된다. 혈청내 포타시움의 감소 원인으로는 이뇨제에 의한 Diuresis, 저체온법의 사용²²⁾, 혈최석에 의한 포타시움치의 감소, Neurohumoral 혹은 alkalosis에 의한 세포내로의 이동 등이 다¹¹⁾. 저자는 혈액석 요소를 없애기 위해 포타시움을 총진액에 첨가 하였다. 또 술중 배설된 포타시움 양은 24mEq로 술중 첨가한 57mEq보다 적은 양이었다.

위와 같이 배설량이 첨가량보다 많은데도 관류직후 및 수술당일에 낮은 혈청 포타시움 치를 나타내는 원인으로는 관류중 30도 내외의 저 체온법을 사용하였고 100% 산소를 주입한 결과 생긴 호흡성 alkalosis¹¹⁾ 및 Catecholamine 분비에 의한 포타시움의 일시적인 세포내로의 이동으로 추측된다.

노중 포타시움의 배설

노중 포타시움 배설에 영향을 미치는 인자로는 체세포 특히 tubular Cell의 포타시움 양, 소변 소다움의 배설량, Tubular Cell의 산성도, mineralocorticoid 등 endocrine factor, phosphate, sulfate, ferrocyanide 등 kaliuretic effect를 가진 anion, Renal Control mechanism to high potassium Intake 등이다. 술후 diuresis와 더불어 노중 포타시움의 증가는 현저하며 특히 심장병환자의 경우는 술전 이미 body potassium의 감소가 오고^{12,15)} diuretics, digitalis를 사용하는 사람이 많으므로 포타시움의 Loss는 극히 고정 되어야 한다. 저자의 관찰에 의하면 수술 도중에는 diuresis에도 불구하고 포타시움의 Loss는 24mEq에 불과 하였으나 수술 익일부터 증가하기 시작하여 술후 제 0, 1, 2, 3일은 총 60mEq 내외의 배설을 보여 주었으며 L 당 농도도 현저히 증가 하였다. 이 data는 약간의 수치 차이는 있으나 다른 문헌과 거의 일치 하였다.

표 5에 의하면 소변량의 증가가 포타시움 배설량의 증가를 수반하나 양이 증가 하면 포타시움의 농도는 저하하여 소변량의 증가가 포타시움 배설과 비례하지 않았다. 이 현상은 vasko¹⁷⁾ 등이 기술한 바와 일치하였다.

술전 이뇨제 사용과 혈청내 포타시움 및 노중 포타시움 양

심장병환자의 Total body exchangeable potassium은 정상보다 감소되어 있고 또 오랜동안 이뇨제를 사용한 경우 특히 심한 체내 포타시움의 감소(약 30%)가 예상된다. 그러나 Davidson¹⁶⁾ 등은 furosemide를 사용한 심장환자에서 5% 정도의 낮은 감소를 보고 하였으며 심장환자들의 체내 포타시움 감소는 Body cell mass의 감소에 의한 것이지 intracellular potassium의 감소는 없다고 주장 하였다. 그러나 개심술시 포타시움의 변화는 Dieter⁷⁾ 등에 의하면 이뇨제를 쓴 군에 있어서 혈청포타시움이 더 낮은 값을 나타냈으며 노중 포타시움 배설량도 많았다. 저자의 결과에 의하면(Table 3) 술전에 차이가 없던 혈청내 포타시움 값이 관류 직후에 이뇨제를 사용한 군에서 저하 하였으며($P < 0.05$) 노중 포타시움의 배설량도 많음을 나타 냈다($P < 0.05$). 이에 의하면 이뇨제를 사용한 사람은 저포타시움 증에 빠지기 쉽다.

결 론

1. 개심술을 시행한 20예의 술전 포타시움 치는 4.2 mEq/L 로 정상 범위에 속했으며 마취유도만으로 혈청내 포타시움이 3.6mEq/L 로 감소 하였다($P < 0.05$).
2. 술중 포타시움을 평균 57mEq 첨가하였으나 관류 직후 혈청 포타시움은 3.6mEq/L 로 낮은($P < 0.05$) 값 을 나타 냈다.
3. 술전 이노제 사용군과 비 사용군의 포타시움 변 화의 비교는 이노제 사용군에서 유의한 차의 혈청 포 타시움 감소 및 노중 포타시움 배설의 증가를 나타냈 다.
4. 소변 포타시움 배설은 수술도중에는 술전 치보다 농도가 낮았으나 수술 익일 부터 증가하여 술후 제 3 일 까지 증가하였다($P < 0.05$).

REFERENCES

1. 李聖行, 李成久, 韓承世, 李吉魯, 金松明, 李光淑 李鍾國 : 선천성 심장병의 개심술, 대한흉부외과 학 회지, 9:220, 1976.
2. 李聖行, 金圭太, 李吉魯, 金松明, 李光淑, 蔡鍾旭 : 체외순환을 위한 혈액 희석법에 대하여, 대한 흉 부외과 학회지, 9:299, 1977.
3. 柳會性, 柳英善, 李正浩, 金仁周, 姜政豪, 張雲夏 李弘燮 : 혈액희석 체외순환에 의한 개심 수술, 대한 흉부외과 학회지, 9:299, 1977.
4. 손광현, 양기민, 채법석, 김중환, 서경필, 고광욱 이영균 : 혈액희석 체외순환법에 관한 임상적 관 찰, 대한 흉부외과 학회지, 3:73, 1970.
5. C.W. Kim : *Clinical and metabolic effects of cardiopulmonary bypass*, Seoul Journal of medicine, Vol. 17, No.3, September, 1976.
6. 김중환 : 체외 순환과 애사에 대하여, The Korean Journal of Medicine, Vol. 26, No. 5, May, 1974.
7. Dieter, R.A., Neville, W.E., Pifarré, R. : *Hypokalemia following hemodilution cardiopulmonary bypass*, Ann. Surgery 171:17, 1970.
8. Moffitt, E.A., Tarhan, S., Goldsmith, R.S., Pluth, J.R., McGoon, D.C. : *Patterns of total and ionized calcium and other electrolytes in plasma during and after cardiac Surgery.*, J. of thorac. cardio. Vasc. Surgery, 65:751, 1973.
9. Das, J.B., Eraklis, A.J., Jones, J.E., Gross, R.E., : *Water and Solute excretion following C-P bypass with hemodilution*, J. thorac. cardiovasc. Surg. 58:789, 1969.
10. Mielke, J.E., Hunt, J.C., Maher, F.T., kirklin, J.W. : *Renal performance during clinical cardiopulmonary bypass with and without hemodilution*, J. thorac. cardiovasc. Surg. 51:229, 1966.
11. Flemma, Young, W.G., : *The metabolic effects of mechanical ventilation and respiratory alkalosis in post-operative patient*. Surg. 56:36, 1964.
12. Lockey, E., Longmore, D.B., Ross, D.N., Sturridge, M.F., : *Potassium and open Heart surgery*. Lancet 1:673, 1966.
13. Schimert, G., Hunt, O.R., Lillenstein, M., Brennan, J.C., : *Sodium/potassium ratios in papillary muscle biopsies obtained during mitral ralve replacement*, J. thorac. cardiovasc. surgery 52:126, 1966.
14. Breckenridge, I.M., Deverall, P.B., Kirklin, J.W., Digerness, S.B., : *Potassium intake and balance after open intracardiac operations*, J. thorac. Cardiorasc. Surg. 63:305, 1972.
15. Pacifico, A.D., Digerness, S., Kirklin, J.W., : *Acute alterations of body composition after open intracardiac operations*, Circulation. 41:331, 1970.
16. Davidson, C., Burkinshaw, L., Mclachlan, M. S.F., Morgan, D.B. : *Effect of Long-Term diuretic treatment on body potassium in Heart disease*. The Lancet 1044, 1976.
17. Vasko, K.A., Dewall, R.A., Riley, A.M., : *Hypokalemia*, The Annals of thoracic Surgery, 15:847, 1973.
18. Cohn, L.H., Angell, W.W., Shumway, N.E. : *Body fluid shifts after cardiopulmonary bypass*, J. of thorac. cardiovasc. Surg. 62:423, 1971.
19. Homeida, M., Walters, G., Staddon, G., Read, A.E. : *Diuretics and body potassium*, Lancet, Dec. 25, 1413, 1976.
20. White, R.J., Chamberlain, D.A., Hammer, J., McALISTER, J., Hawkins, L.A., : *Potassium d pletion in severe Heart disease*. British Medical Journal, 1969, 2, 906-610.

21. C. Rouiller : *The kidney: Academic press*, 1971
Vol. III p. 331-332,
 22. Brown, T.C.K., Stevens, B. J., Shanahan,
E.A. : *Biochemical changes during surface cooling for deep hypothermia in open Heart surgery. J. thorac. Cardiovasc. Surgery.* 65: 402, 1973.
-