

## 체외순환에 의한 혈청 Magnesium의 변화

蔡 憲\* · 盧 浚 亮\* · 徐 景 弼\* · 李 寧 均\*

= Abstract =

### The Effect of Cardiopulmonary Bypass on Serum Magnesium

Hun Chae, \* M. D., Joon Ryang Rho\*, M. D.

Kyung Phill Suh, \* M. D., Yung-Kyoon Lee, \* M. D.

Alterations in the serum magnesium level were studied in twenty patients who had open-heart surgery during the period from August 1974 to May 1975. The patients were chosen at random. The operative procedures included repair for congenital heart diseases in fifteen patients and cardiac valve replacement for acquired valvular heart diseases in five patients.

The age ranged from 8 to 46 years, with an average of 19 years. None of the patients had a history of gross neuromuscular abnormalities. Cardiopulmonary bypass was carried out using a roller pump and a disposable oxygenator. The prime solution consisted of 2 units of ACD banked blood and approximately an equal volume of non-blood additives in adults, while a relatively smaller volume was added in children. The average flow rate was 2,733 ml per minute.

Blood samples for magnesium and arterial blood pH were obtained the day after admission 15 minutes after initiation of the bypass and on the morning the day after operation.

Preoperative data were then compared with those obtained during the bypass and postoperatively by a paired test.

During the hypass, the serum magnesium level decreased significantly from  $1.425 \pm 0.029$  to  $1.210 \pm 0.063$  mEq. liter ( $p < 0.001$ ). Also, there was a significant decrease in serum magnesium from  $1.425 \pm 0.029$  preoperatively to  $1.255 \pm 0.083$  mEq. per liter  $p < 0.001$ ). Also, there was a significant decrease in serum magnesium from  $1.425 \pm 0.029$  preoperatively to  $1.255 \pm 0.083$  mEq. per liter postoperatively ( $p < 0.01$ ). The duration of bypass was less than 90 minutes in 10 patients (group A) and exceeded 90 minutes in the remaining 10 (group B). There was no statistical correlation between the groups A and B ( $p > 0.20$ ).

Statistical analyses of the serum magnesium level and arterial blood pH showed no significant correlation with correlation coefficient; being  $-0.3485$  (pre-op),  $-0.2971$  (during bypass), and  $-0.1008$  (post-op), respectively. In all the patients, no gross neuromuscular abnormalities were found postoperatively.

\* 서울大學校 醫科大學 附屬病院 胸部外科

\* Department of Thoracic Surgery, Seoul National University Hospital

At present, the clinical significance of the serum magnesium level during and after bypass is controversial. In the near future, however, it is expected that improvements in prime solution and heart-lung machine will solve this problem.

## 1. 序 論

人體細胞內에  $K^+$ 의 約 1/6 정도 만큼 함유되어 있는  $Mg^{++}$ 이 細胞內에서 여러가지 重要한 효소작용에 관여하고 있다는 것은 널리 알려진 사실이다. 뿐만 아니라 細胞外에서도 비록 미량(2~3mEq/L.)이나 이의 神經筋肉에 관한 作用은 매우 重要하여,  $Mg^{++}$ 의 濃度の 감소 또는 增加에 의한 여러가지 생리학적인 變化도 여러 動物실험 및 임상관찰에서 證明된 바 있다.<sup>1,2,3,4,14,15,16)</sup>

最近 體內的 여러 電解質 濃度の 定量測定이 容易해지고 그의 신빙성이 높아짐에 따라, 開心術과 그에 必須인 體外循環에 따른  $Mg^{++}$ 의 濃度變化 및 그의 임상적 意味에 여러 學者들의 관심이 높아져서 Scheinman 등은 이미 體外循環後의 혈청內  $Mg^{++}$ 의 저하를 지적했고 또한 그에 따른 手術後 부정맥 出現의 가능성을 시사한 바 있으며 따라서 관류액에 常用으로  $Mg^{++}$ 을 첨가하자는 意見を 提示하고 있다.<sup>5)</sup>

이에 反해 Turnier<sup>6)</sup> 등은 혈청內  $Mg^{++}$ 의 手術後저하에 있어서는 유사한 結論을 내렸으나  $Mg^{++}$ 의 감소자체가 부정맥에 끼치는 영향은 거의 없다는 意見이다. 이 論文의 目的은  $Mg^{++}$ 의 저하 자체가 임상에 영향을 除外하고라도 아직 이 方面에 關한 연구가 미미한 우리나라에서 初步的이나마 체외순환에 의한  $Mg^{++}$  濃度の 變化를 考察하므로써 前述한 著者들과의 비교는 물론 앞으로의 研究에 기초자료로 삼으려 하는데 있다.

## 2. 觀察材料 및 方法

1974년 8월부터 1975년 5월까지에 시행되었던 開心手術 患者 20例를 無作為로 선정하였다.

이중 15명은 선천성심장기형의 교정술 예이고 5명은 후천성 판막질환 환자의 인공 판막대치술 예였다.

男性 10例, 女性 10例였었고, 평균연령은 19歲(8歲~46歲)이었다.

心肺관류는 roller pump\*와 일회용 산화기\*\*를 사용하였고 대개의 경우에서 輕度の 低溫法을 사용하였다.

총진액은 ACD 혈액과 同量의 非血液性溶液을 첨가하는 血液희석(Hemodilution)法을 사용하였다. 성인에서는 2 unit의 血液을 사용하고 小兒에서는 相應의 小量

血液을 사용하였다. 成人에 對한 表準총진액은 Table 1과 같은데, 여기에  $Mg^{++}$ 은 첨가하지 않았다. 관류량은 평균 2732.5 ml/min (1100ml/min~4400ml/min)로 하였다.

Table 1. Constituents of Pump-Oxygenator Prime

Whole Blood	800ml
Mannitol 15%	150ml
Hartman's solution	400ml
NaHCO <sub>3</sub> , 5%	100ml
Others	50ml
<hr/>	
Total	1,5000ml

\* AO de-Lux 5 head roller pump unit

\*\* Rygg-Kyvsgaard oxygenator  
Temptrol oxygenator  
Harvey hybrid oxygenator

혈청內  $Mg^{++}$  濃度を 측정하기 위한 혈액채취는 入院 다음날(手術前值), 관류 15분에(관류中 值) 그리고 수술 다음날 아침(手術後值)에 各各 실시하였다. 그러나 수술當日에 死亡하였던 1例는 관류종료 直後의 값을 手術後值로 하였다.

또한 同時에 各各 動脈血을 채취하여 PH를 측정하였다. (Table 2, 3참조)

## 3. 觀察 結果

### (A) 手術前과 관류中の $Mg^{++}$ 의 濃度비교

手術前과 관류 15분의 혈청內  $Mg^{++}$  濃度を paired test를 사용하여 통계學的으로 비교하였더니 手術前의  $1.425 \pm 0.029$ 에서 관류中에는  $1.210 \pm 0.063$  mEq/L.로 降低되었는데 이는 통계학적으로 매우 意味있는( $P < 0.001$ ) 結果였다.

### (B) 手術前과 手術後의 $Mg^{++}$ 의 濃度비교

前述한 方法으로 비교한 結果 手術前  $1.425 \pm 0.029$ 에서 手術後에는  $1.255 \pm 0.083$  mEq/L.로 降低되었는데 이 또한 統計學的으로 意味있는( $P < 0.01$ ) 結果였다.

Table 2.

성 별	년 령	진단(병명)	관 류 량 ml/min	PH		
				수술전	관류중	수술후
F	12	ASD	2,700	7,379	7,523	7,383
F	20	TOF	2,700~3,900	7,350	7,528	7,301
F	20	ASD	3,600	7,505	7,591	7,571
F	8	TOF	1,600~2,000	7,325	7,555	7,490
F	11	POF*	1,800~2,700	7,210	7,540	7,350
F	12	TOF	2,000~3,000	7,285	7,405	7,360
M	14	MVR	2,200~2,700	7,315	7,530	7,418
M	20	VSD	4,400	7,455	7,489	7,430
M	17	TOF	3,000~3,900	7,323	7,424	7,265
M	36	VSD	2,700~3,000	7,405	7,432	7,395
M	43	MUR	3,000	7,455	7,533	7,541
M	13	TOF	2,000~3,000	7,245	7,333	7,371
F	5	VSD	1,100~1,700	1,395	7,565	7,295
F	12	VSD	2,000~2,600	7,450	7,462	7,425
M	18	MVR, AVR	2,500~3,600	7,310	7,660	7,305
M	46	MVR	2,600~4,000	7,230	7,540	7,250
M	12	ASD	2,400~2,800	7,340	7,350	7,245
F	12	TOF	2,000~2,500	7,410	7,584	7,398
M	31	TOF	2,800~3,700	7,254	7,520	7,402
F	18	MUR	2,200~3,200	7,420	7,665	7,445
mean			2,732.5	7,351	7,511	7,382

\* Expired on operative day

Table 3. Serum Magnesium Concentration (MEq/L)

Preoperative	Bypass	Postop- erative	duration of bypass	1.43	1.29	1.43	110	
				1.54	1.14	1.31	90	
				1.45	1.75	1.75	37	
1.44	1.39	1.26	23 min	1.37	1.16	1.26	236	
1.59	1.39	1.18	64	1.35	1.17	1.16	181	
1.35	1.14	1.31	33	1.13	1.38	1.52	25	
1.33	1.11	1.28	66	1.44	1.05	1.19	75	
1.65	1.28	1.39	150	1.85	1.36	1.55	209	
1.56	1.47	1.41	63	1.26	1.14	1.20	126	
1.26	0.47	0.47	100					
1.17	0.84	0.84	36	Mean	1.425	1.210	1.255	97
1.40	1.26	1.21	130	S. D.	±0.029	±0.063	±0.083	
1.44	1.08	1.12	57	Pvalue		<0.001*	<0.01*	
1.49	1.33	1.25	132					

\* Comparison with preoperative data

**Table 4.** Effect of duration of bypass on serum Mg<sup>++</sup>

Group A		Group B		
Post-op Mg	Bypass time	Post-op Mg	Bypass time	
MEg/L	Min	MEg/L	Min	
1.26	23	1.39	150	
1.18	64	0.47	100	
1.31	33	1.21	130	
1.28	66	1.25	132	
1.41	63	1.43	110	
0.84	36	1.31	90	
1.12	57	1.26	236	
1.75	37	1.16	181	
1.52	25	1.55	201	
1.19	75	1.20	126	
Mean	1.286	47.9	1.223	146.4
S. D	±0.244		±0.290	
P value	≥0.20*			

\* Comparison with Group A

**(C) 관류시간이 Mg<sup>++</sup> 농도에 미치는 영향**

(Table 4)

관류시간이 90분 미만인 경우를 Group A, 90분이상인 경우를 Group B로 分類하였더니 Group A와 B는 各各 10例였으며 Group A는 1.286±0.244, Group B는 1.223±0.290 mEg/L 였는데 이들 兩者間的 統計學的인 차이는 P>0.20으로써 統計學的으로 意味가 없었다.

**(D) PH와 各 Mg<sup>++</sup>濃度와의 관계 : (Table 2와 Table 3참조)**

動脈血 PH와 同時에 測度한 Mg<sup>++</sup>濃度와의 관계는 手術前, 體外순환中 및 手術後의 상관계수(correlation coefficient)가 各各 r=-0.3485(手術前) r=-0.2971(體外순환中), r=-0.1008(수술後)으로써 統計學的인 意味는 없었다.

**(E) 手術後의 Mg<sup>++</sup>의 低下와 神經肌肉症狀과의 관계**

20명의 全 例中 手術後 神經肌肉의 異常을 보인 患者

는 없었다.

以上の 結果를 요약하면, 혈청內 Mg<sup>++</sup>의 濃度는 관류中과 手術後에 手術前과 比較하여 통계學적으로 의미 있는 低下를 나타내었으나, 關流時間과 PH는 直接 Mg<sup>++</sup> 濃度와 關係가 없음이 判明되었다.

**4. 考 案**

血清內 Mg<sup>++</sup> 濃度의 正常値는 1.4~2.2 mEg/L 이다.<sup>7-8)</sup> 이에 比해 著者의 手術前 平均치는 1.4250.029 로써 약간 낮은 값을 보이는데 이는 많은 例의 심장병 患者가 手術前에 이노제를 사용한 것과도 關係가 있는 듯이 생각된다.<sup>9, 10, 19)</sup>

手術前과 比較하여 關流中이나, 手術後에 Mg<sup>++</sup>의 濃度가 低下되는 것은 Scheinman 이나 Turnier 等의 觀察과 大同小異한 結果이며, Turnier 等이 지적한 器械에 依하면 次제 산성인 關류액이 直接 Sodium Pump 의 activator 로써 作用하여 結果적으로 Mg<sup>++</sup>의 細胞內로의 이동을 촉진한다는 것과<sup>17, 18)</sup> 둘째 關류액 자체 中の Mg<sup>++</sup>의 손실 및 셋째, 혈청에 依한 Mg<sup>++</sup>의 低下 등을 원인으로 들 수 있다.

이중에서 血淸內의 Mg<sup>++</sup>에 依한 것이 제일 중요時 되는 바<sup>6, 12, 13)</sup> 全 關流液에 Ringer's lactate 액만을 사용하였던 Dieter<sup>11)</sup>의 경우, 體外순환後에 Mg<sup>++</sup> 濃度가 의미 있게 低下된 것과 比較하여, ACD 血淸과 同量의 非血液性용액 첨가물을 사용한 Killen<sup>2)</sup>의 경우, Mg<sup>++</sup>의 濃度가 關流中에 거의 一定하게 유지되었다는 事實을 比較하더라도 그 중요성을 어느 정도 가능할 수 있다. 著者의 경우에서는 後者의 關류액과 비슷한 것을 사용하였지만 結果는 오히려 前者와 유사하다.

혈청 Mg<sup>++</sup> 濃度가 關流中에 低下되고 PH는 增加하여서 (手術前 7.351에서 關流中 7.511) 이 兩者間에 무슨 關係가 있는 듯이 보여지나 血淸 Mg<sup>++</sup> 濃度와 PH 自體는 前述했듯이 아무런 상관관계가 없으므로, PH의 增加 自體는 보다 큰 다른 要因을 찾아야 할 것이다.

즉 關流後에 必然的으로 야기될 대사성산증을 예방하기 위한 조치로 充分한 量의 Sodium bicarbonate의 使用으로 인한 일시적인 PH의 增加 등을 이유로 들 수 있겠다.<sup>20, 21, 22)</sup>

Scheinman<sup>5)</sup> 등은 中流液에 2 mEg/L의 Mg<sup>++</sup>을 첨가한 경우에서 Mg<sup>++</sup>을 첨가하지 않은 경우보다 手術後 부정맥의 빈도가 低下되므로 常用으로 Mg<sup>++</sup>을 첨가하

자는 主張에 反해 Turnier<sup>6)</sup> 등은 임상적으로 Mg<sup>++</sup>의 低下 自體가 부정맥에 끼치는 영향은 無視할만 하다 하였다. 본 著者의 경우에서는 대개의 冠狀動脈 患者에서 이미 手術前에 부정맥을 나타내었고, 또한 심실중격결손증이나 房室 4중 등의 手術後에 올수 있는 여러 부정맥 特히 A-V 전도장애 및 Bundle Branch Block 등의 出現으로 因하여 Mg<sup>++</sup> 濃度 低下 자체와 手術後에 나타나는 부정맥의 빈도와의 관계는 일률적인 통계처리가 곤란하였다.

## 5. 結 論

혈회석에 依한 体外순환은 血清內 Mg<sup>++</sup>의 濃度を 手術前 1.425±0.029에서 관류중 1.210±0.063과 手術後 1.255±0.083mEq/L 로 低下되어 各各 統計學的으로 意味있는 (P<0.001, P<0.01) 結果를 나타내었다.

관류時間이 90分 미만이었던 group A와 90分 以上이었던 group B 間에는 手術後 Mg<sup>++</sup> 濃도에 있어 統計學的인 차이는 없었다. (P>0.20)

동맥혈 PH와 Mg<sup>++</sup> 濃도와의 상관관계는 手術前 상관계수 r=-0.3485 관류中 r=-0.2971 手術後 r=-0.1008 로써 함수관계가 成立되지 않았다. 부정맥의 원인은 복합적이므로 血清內 Mg<sup>++</sup>의 低下와 부정맥 出現의 상관관계를 본 觀察에서는 명확히 알 수 없었다.

Mg<sup>++</sup>의 低下를 임상적으로 중요하게 생각하는 學者도 있고<sup>6)</sup> 그렇지 않은 學者도 있으나<sup>6)</sup> 앞으로 좀더 세밀한 추사가 필요할 것으로 생각된다.

## REFERENCES

1. Guyton: *Magnesium metabolism. Medical physiology, p. 947.*
2. Hirschfelder: *Clinical manifestations of high and low plasma magnesium, J. A. M. A. 102: 1138, 1934.*
3. Vallee: *The magnesium deficiency tetany syndrome in man, N. Engl. J. Med. 262:155, 1960.*
4. Szekely: *The action on magnesium on the heart. Brit. Heart J., 8:115, 1946-47.*
5. Scheinman: *Clinical significance of changes in serum magnesium in patients undergoing cardiopulmonary bypass. J. Thorac. Cardio-vasc. Surg. 61:135, 1971.*

6. Tufnier: *Magnesium and open heartsurgery. J. Thorac. Cardiovasc. Surg. 64:694, 1972.*
7. Killen: *Effect of ACD blood prime on Plasma Calcium and Magnesium. Ann. Thorac. Surg. 13:371, 1972.*
8. Randall: *Fluid and Electrolyte Therapy. Manual of Preoperative and postoperative Care. Philadelphia: Saunders, 1967.*
9. Duarte: *Effects of Ethacrynic Acid and Furosemide on Urinary Calcium, Phosphate and Magnesium, Metabolism 17:867, 1968.*
10. Jackson: *Routine Serum Magnesium Analysis. Correlation with Clinical States in 5,100 patients. Ann. Intern. Med. 69:743, 1968.*
11. Dieter: *Serum electrolyte changes after cardiopulmonary bypass with Ringer's lactate solution used for hemodilution. J. Thorac. Cardio-vasc. Surg. 59:168, 1970.*
12. Scheinman: *Magnesium metabolism in patients undergoing cardiopulmonary bypass. Circulation 39-40:1235, 1969.*
13. Garcia Romero: *The importance of calcium and magnesium ions in serum and cerebrospinal fluid during cardiopulmonary bypass. J. Thorac Cardio-vasc. Surg. 66:668, 1973.*
14. Seta: *Effect of Potassium and magnesium Deficiency on the Electrocardiogram and Plasma Electrolytes of Pure-Bred Beagles. Amer. J. Cardiol. 17:516, 1966.*
15. Enselberg: *The Effects of Magnesium Upon Cardiac Arrhythmias. Amer. Heart J. 39:703, 1950.*
16. Gerst: *Symptomatic Magnesium Deficiency in Surgical Patients. Ann. Surg. 159:402, 1964.*
17. McIntyre: *Intracellular Magnesium Deficiency in Man. Clin. Sci. 20:297, 1961.*
18. McIntyre: *The production on Secondary Potassium Depletion, Sodium Retention, Nephrocalcinosis and Hypercalcemia by Magnesium Deficiency. Biochem. J. 70:456, 1958.*
19. Seller: *Serum and Erythrocytic Magnesium Levels in Congestive Heart failure. Am. J. Cardiol. 17:186, 1966.*

20. Anderson: *Relationship of respiratory alkalosis to metabolic acidosis during extracorporeal circulation*, *Surgery* 53:730, 1963.
21. Kirklin: *Theory and practice in the use of a pump oxygenator for open intracardiac surgery*, *Thorax* 12:93, 1957.
22. Litwin: *Acidosis and lactacidemia in extracorporeal circulation: significance of perfusion, flow rate and the relation to preperfusion respiratory alkalosis*, *Ann. Surg.* 149:188, 1959.
-