

선천성 심기형 환아에서 체외순환후 혈청 및 소변 Amylase치의 변화

백희종* · 김용진**

=Abstract=

The Change of Serum and Urine Amylase Level Following Cardiopulmonary Bypass in the Patients with Congenital Heart Disease

Hee Jong Baik, M.D.*, Yong Jin Kim, M.D.**

Pancreatitis is a known complication of cardiac surgery with cardiopulmonary bypass. Although ischemia is believed to be a factor, the exact cause of pancreatitis after cardiopulmonary bypass remains unknown.

We prospectively studied 67 consecutive patients undergoing cardiac surgery with cardiopulmonary bypass for evaluation of the pancreatic injury after cardiopulmonary bypass. Serial measurement of amylase level in serum and urine was done postoperatively.

Hyperamylasemia was detected in 15 patients (22.4%), of whom no patient had pancreatitis. There was no significant difference between serum amylase level and parameters such as cardiopulmonary bypass time, aortic cross clamp time, mean blood pressure, rectal temperature, flow rate, and use of circulatory arrest during cardiopulmonary bypass. Hyperamylasuria was detected in 8 patients (11.9%), and urine amylase level was elevated significantly in the groups with prolonged cardiopulmonary bypass, mean blood pressure more than 40mmHg, and rectal temperature more than 20°C.

We recommend that serum amylase level and/or amylase-creatinine clearance ratio is measured for early detection and management of pancreatitis after cardiopulmonary bypass.

(Korean J Thorac Cardiovasc Surg 1995; 28: 892-9)

Key words : 1. Amylase
2. Cardiopulmonary bypass

서 론

최근 심장 수술의 경험이 쌓이면서 수술 사망률과 유병률이 꾸준히 감소됨에 따라 심장 수술 후 발생하는 심장의

합병증(extracardiac complication)의 병리에 대하여 관심이 고조되고 있으며, 향후 심장 수술의 사망률과 유병률을 더욱 줄이기 위해서는 심장의 합병증의 예방 및 조기 진단과 치료가 필요할 것으로 생각된다¹⁾.

* 원자력병원 흉부외과

* Department of Thoracic Surgery, Korea Cancer Center Hospital

** 서울대학교 의과대학 흉부외과학교실

** Department of Thoracic and Cardiovascular Surgery, Seoul National University College of Medicine

† 본 논문은 1992년도 서울대학교병원 지정진료연구비 보조로 이루어졌음

논문접수일: 95년 4월 21일 논문통과일: 95년 6월 5일

통신저자: 백희종, (139-240) 서울시 노원구 공릉동 215-4, Tel. (02) 970-1239, Fax. (02) 978-2005

체외 순환 후 발생하는 복부 장기 합병증은 자주 발생하지는 않으나 발생하면 치명적인 것으로 보고되고 있다^{2, 3)}. 수술 후 발생하는 췌장염은 전체 췌장염의 6~13%를 차지하며, 체외 순환 후에도 발생하는 것으로 여러 저자들에게 의해 보고된 바 있다³⁻⁵⁾. 또한 일반적으로 췌장염이 잘 발생하지 않는 소아 연령에서도⁶⁾ 체외 순환 후 고아밀라제 혈중 및 췌장염이 보고된 바 있으며⁷⁾ 췌장염 발생 시 사망률은 40%이상이다^{3, 6)}. 그 원인으로는 일반적으로 체외순환중의 저관류나 미세 혈전 등으로 인한 췌장의 허혈로 생각되나, 췌장의 질환에 의하여 생긴다는 보고도 있어⁸⁾ 정확한 기전은 미상이다.

저자들은 이미 선천성 심기형 환자에서 체외 순환 후 혈중 아밀라제치의 변화 및 그 의의를 전향적 연구를 통해 보고한 바 있으며⁹⁾, 본 논문에서는 혈중 아밀라제치와 뇨중 아밀라제치의 수술 후 변화와 그 상관 관계 및 체외 순환 중의 여러 혈류 역학적 변수와의 관계를 알아보기 위함이다.

대상 및 방법

1. 연구대상

서울대학교 소아병원 흉부외과에서는 1992년 2월부터 1992년 6월까지 체외 순환(비박동성 관류)을 이용하여 개심술을 시행한 73명의 환자중 조사 기간중에 사망한 7명을 제외하고, 67명의 소아 환자를 대상으로 혈중 및 뇨중 아밀라제치를 연속적으로 측정하고 체외 순환 중의 여러 변수 즉 체외 순환 시간, 대동맥 차단 시간, 체외 순환중 평균 혈압, 관류량, 직장 온도 및 순환 정지법 사용 여부와 의 관계를 분석하였다.

대상 환자의 연령은 평균 33.3개월(SD=4.9개월, 범위; 7일~14세)이었고 체중은 평균 11.5kg(SD=0.9kg, 범위; 3.0~39kg)이었다. 체표면적은 0.51M²(SD=0.03M², 범위; 0.2~1.32M²)이었으며, 진단은 청색증형 심질환이 48명, 비청색증형 심질환이 19명이었으며, 수술은 청색증형 심질환 환자 48명중 고식적 수술을 시행한 7례를 제외하고 모두 교정수술을 시행하였다.

2. 연구방법

연구 방법은 수술 전날 및 수술 직후, 수술 후 첫째 둘째 셋째날 아침, serum amylase, urine amylase, BUN 및 Cr을 측정하고 췌장염의 여러 증상 및 징후(복통, 오심, 구토, 복부팽만, 발열, 장음 감소 및 종괴 촉진 등)를 매일 세밀히 관찰하였다. 아밀라제는 modified Caraway method을

Table 1. Serum amylase level following cardiopulmonary bypass

	Mean (±SE*)	Range	No.of Hyperamylasemia
Preoperative	50.3 (± 4.1)	5~173	0
Operation day	52.8 (± 8.7)	1~551	1
POD #1	94.1(±12.1)	5~447	11
POD #2	98.7(±17.0)	5~655	12
POD #3	60.3(±10.9)	5~539	3

SE: Standard Error

POD: Postoperative Day

Hyperamylasemia: ≥180 Unit/dl

Table 2. Urine amylase level following cardiopulmonary bypass

	Mean (±SE*)	Range	No.of Hyperamylasuria
Operation day	38.2(±11.5)	0.4~471.9	2
POD #1	58.0(± 7.7)	0.3~220.8	0
POD #2	57.8(± 9.9)	0.6~317.3	3
POD #3	62.8(± 8.3)	0.5~495.7	5

SE: Standard Error

POD: Postoperative Day

Hyperamylasuria: ≥260 Unit/hr

이용하여 측정하였으며 정상치는 혈액에서 60~180 unit/dl, 소변에서 35~260unit/hr.으로 정하였다.

통계분석은 PC-SAS를 이용하여 유의도 5%를 기준으로 통계적인 유의성을 검증하였으며, 혈류 역학적 변수들에 따라 나눈 두군에서 연속적으로 측정된 혈중 및 뇨중 아밀라제 치의 변화의 차이에 대한 유의성은 repeated measure ANOVA와 multivariate analysis를 이용하였고, 혈류 역학적 변수와 고아밀라제혈중 및 고아밀라제뇨증과의 분석에는 Chi-square test를 이용하였다.

결 과

고아밀라제혈중과 고아밀라제뇨증은 수술 전날 및 직후, 수술 후 첫째, 둘째, 셋째날 혈액과 소변을 채취하여 modified Caraway method로 측정된 아밀라제 치가 한 번 이상 180unit/dl 이상(고아밀라제혈중)과 260unit/hr. 이상(고아밀라제뇨증)으로 정의하였으며 임상적으로 진단된 췌장염 환자는 한명도 없었다. 고아밀라제혈중은 모두 15례(22.4%)이었고 고아밀라제뇨증은 모두 8례(11.9%)이었으며, 혈중 아밀라제 치 및 뇨 아밀라제 치의 시간별 변화는 Table 1 및 Fig. 1, 2와 같다. linearized regression을 이

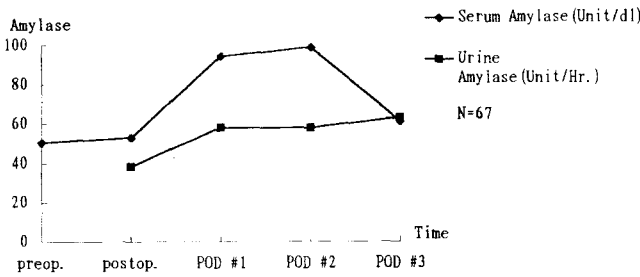


Fig. 1. Sequential change of serum and urine amylase level following extracorporeal circulation
 POD: Postoperative day

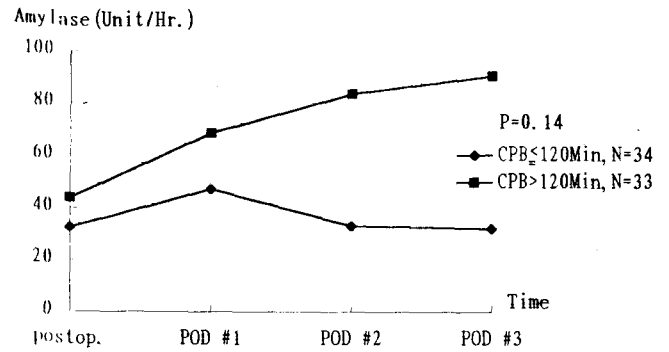


Fig. 3. Sequential change of urine amylase level according to cardiopulmonary bypass (CPB)
 POD: Postoperative day

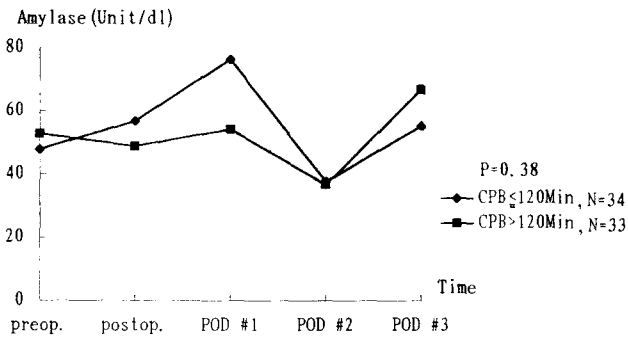


Fig. 2. Sequential change of serum amylase level according to cardiopulmonary bypass (CPB)
 POD: Postoperative day

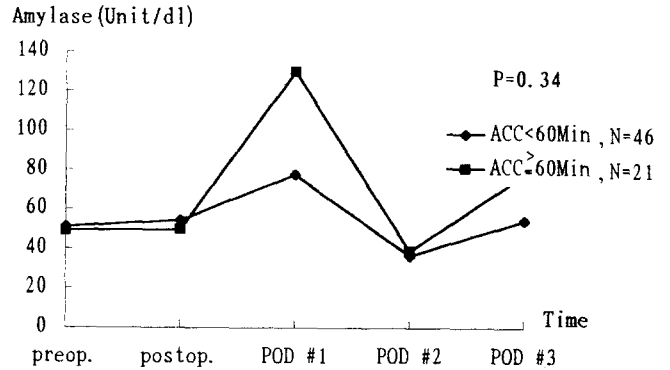


Fig. 4. Sequential change of serum amylase level according to aortic cross clamping (ACC)
 POD: Postoperative day

용한 뇨 아밀라제 치와 혈중 아밀라제 치의 관계는 수술 직후 $Uam=35.7+2.05 \times Sam$ ($P=0.001$, $R^2=25.4\%$), 수술 후 첫째날 $Uam=77.9+1.48 \times Sam$ ($P=0.001$, $R^2=43.6\%$), 둘째날 $Uam=92.6+2.58 \times Sam$ ($P=0.006$, $R^2=12.3\%$), 셋째날 $Uam=107.1+0.97 \times Sam$ ($P=0.0002$, $R^2=21.2\%$)이었다.

체외 순환이 120분 이상인 군과 미만인 군의 혈중 아밀라제 치의 시간에 따른 변화는 Fig. 2와 같으며 시간 보정 시 두 군 간의 차이는 통계적으로 유의하지 않았고 ($P=0.38$), 뇨 아밀라제 치의 변화는 Fig 3과 같으며 시간 보정 시 두 군 간의 차이는 역시 통계적으로 유의하지 않았다 ($P=0.14$, repeated measure ANOVA).

대동맥 차단 시간이 60분 이상인 군과 미만인 군의 혈중 아밀라제 치의 시간에 따른 변화는 Fig. 4와 같으며 시간 보정 시 두 군 간의 차이는 통계적으로 유의하지 않았고 ($P=0.34$), 뇨 아밀라제 치의 변화는 Fig. 5과 같으며 시간 보정 시 두 군 간의 차이는 역시 통계적으로 유의하지 않았다 ($P=0.46$, repeated measure ANOVA)

체외 순환 중 평균 혈압이 40mmHg이상인 군과 미만인 군의 혈중 아밀라제 치의 시간에 따른 변화는 Fig. 6와 같으며 시간 보정 시 두 군 간의 차이는 통계적으로 유의하지 않았고 ($P=0.15$), 뇨 아밀라제 치의 변화는 Fig. 7과 같으며 시간 보정 시 평균 혈압이 40mmHg인 군에서 통계적으로 유의하게 높았다 ($P=0.006$, repeated measure ANOVA).

체외 순환 중 평균 혈류량이 2.0L/min/m²이상인 군과 미만인 군의 혈중 아밀라제 치의 시간에 따른 변화는 Fig. 8와 같으며 시간 보정 시 두 군 간의 차이는 통계적으로 유의하지 않았고 ($P=0.99$), 뇨 아밀라제 치의 변화는 Fig. 9과 같으며 시간 보정 시 두 군 간의 차이는 역시 통계적으로 유의하지 않았다 ($P=0.69$).

체외 순환중 평균 직장 온도가 20도 이상인 군과 미만인 군의 혈중 아밀라제 치의 시간에 따른 변화는 Fig. 10와 같

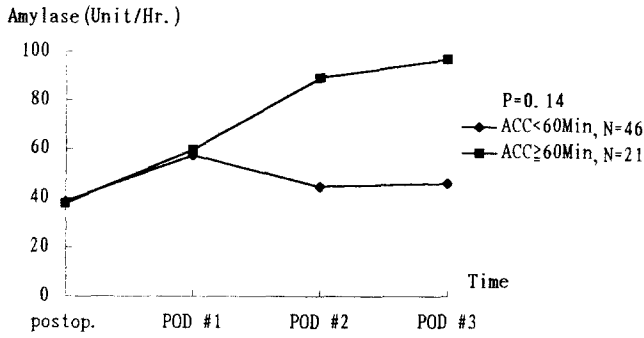


Fig. 5. Sequential change of urine amylase level according to aortic cross clamping (ACC)
POD: Postoperative day

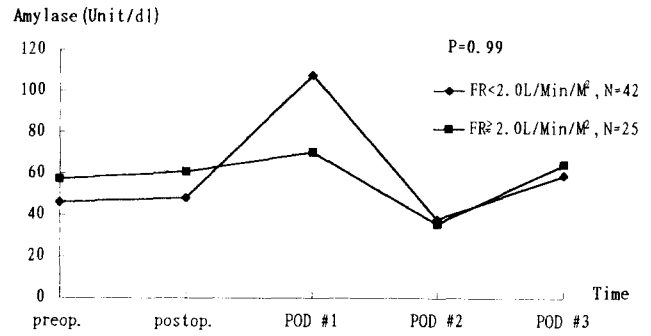


Fig. 8. Sequential change of serum amylase level according to flow rate (FR) during extracorporeal circulation
POD: Postoperative day

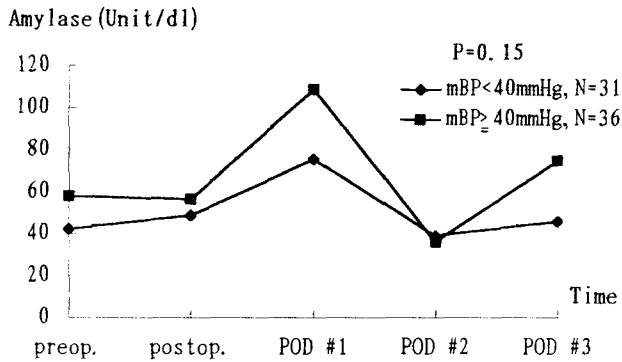


Fig. 6. Sequential change of serum amylase level according to mean blood pressure (mBP) during cardiopulmonary bypass
POD: Postoperative day

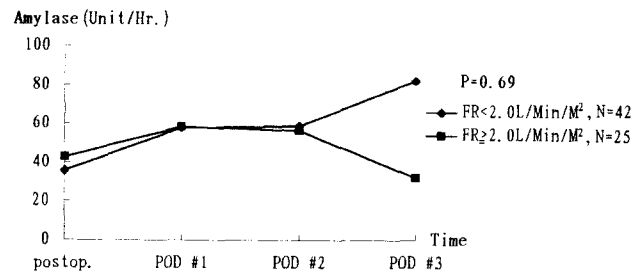


Fig. 9. Sequential change of urine amylase level according to flow rate (FR) during extracorporeal circulation
POD: Postoperative day

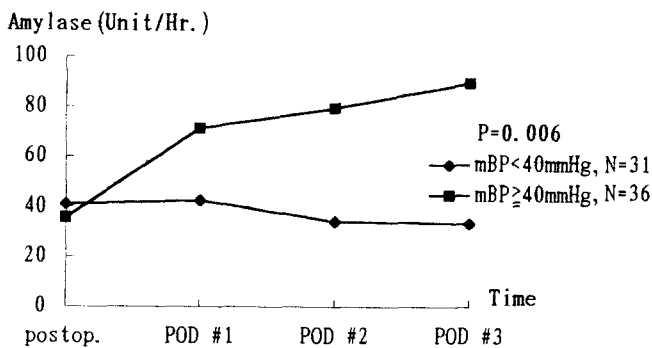


Fig. 7. Sequential change of urine amylase level according to mean blood pressure (mBP) during extracorporeal circulation
POD: Postoperative day

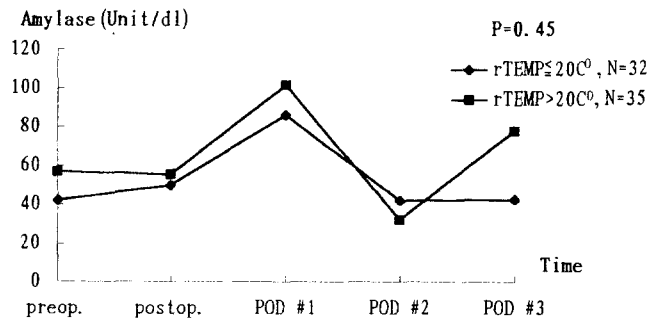


Fig. 10. Sequential change of serum amylase level according to rectal temperature (rTEMP) during cardiopulmonary bypass
POD: Postoperative day

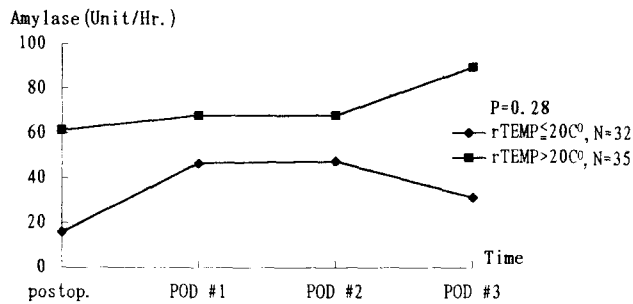


Fig. 11. Sequential change of urine amylase level according to rectal temperature (rTEMP) during extracorporeal circulation
 POD: Postoperative day

으며 시간 보정 시 두 군 간의 차이는 통계적으로 유의하지 않았고(P=0.45), 뇨 아밀라제 치의 변화는 Fig. 11과 같으며 시간 보정 시 두 군 간의 차이는 역시 통계적으로 유의하지 않았다(P=0.20, repeated measure ANOVA).

체의 순환중 전 순환 정지법을 이용한 군과 이용하지 않은 군의 혈중 아밀라제 치의 시간에 따른 변화는 Fig. 12와 같으며 시간 보정 시 두 군 간의 차이는 통계적으로 유의하지 않았고(P=0.39), 뇨 아밀라제 치의 변화는 Fig. 13과 같으며 시간 보정 시 두 군 간의 차이는 역시 통계적으로 유의하지 않았다(P=0.28, repeated measure ANOVA).

체의 순환 시간, 체외 순환 중의 평균 혈압 및 평균 직장 온도등을 multivariate analysis를 시행하였을 때, 체외 순환 시간이 120분 이상인 군과 미만인 군의 혈중 아밀라제 치의 시간에 따른 변화는 시간 보정 시 두 군 간의 차이는 통계적으로 유의하지 않았고(P=0.17), 뇨 아밀라제 치의 변화는 시간 보정시 체외 순환 시간이 120분 이상인 군에서 통계적으로 유의하게 높았다(P=0.01). 또 체외 순환 중 평균 혈압이 40mmHg 이상인 군과 미만인 군의 혈중 아밀라제 치의 시간에 따른 변화는 시간 보정 시 두 군 간의 차이는 통계적으로 유의하지 않았고(P=0.38), 뇨 아밀라제 치의 변화는 시간 보정 시 체외 순환 중 평균 혈압이 40mmHg 이상인 군에서 통계적으로 유의하게 높았다(P=0.05). 체외 순환 중 평균 직장 온도가 20도 이상인 군과 미만인 군의 혈중 아밀라제 치의 시간에 따른 변화는 시간 보정시 두 군 간의 차이는 통계적으로 유의하지 않았고(P=0.33), 뇨 아밀라제 치의 변화는 시간 보정시 체외 순환 중 평균 직장 온도가 20℃ 이상인 군에서 통계적으로 유의하게 높았다(P=0.03).

체의 순환 중의 여러 혈류 역학적 변수들과 고아밀라제

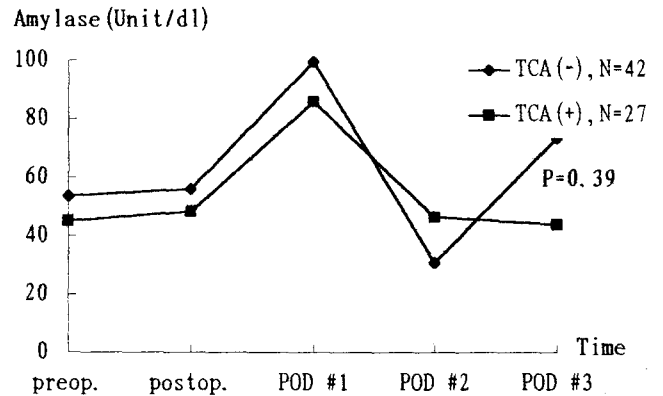


Fig. 12. Sequential change of serum amylase level according to total circulatory arrest(TCA)
 POD: Postoperative day

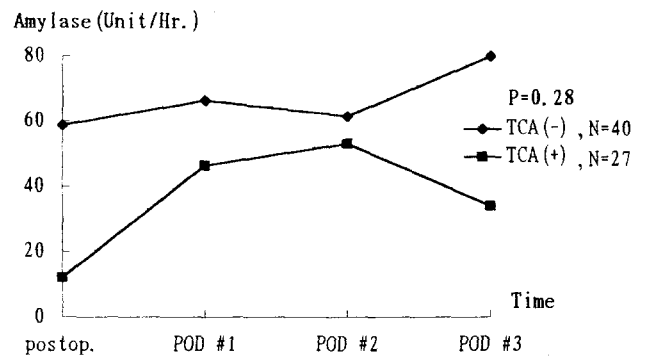


Fig. 13. Sequential change of urine amylase level according to total circulatory arrest(TCA)
 POD: Postoperative day

혈증및 고아밀라제 뇨증의 빈도를 Chi-square test를 이용하여 분석한 결과(Table 3, 4), 고아밀라제 혈증의 빈도는 여러 변수들과 무관하였으며, 체외 순환중 평균 혈압이 40mmHg이상인 군과 평균 직장 온도가 20도 이상인 군, 그리고 전 순환 정지법을 사용하지 않은 군에서 고아밀라제 뇨증의 빈도가 유의하게 높았다.

고찰

최근 심장 수술의 경험이 쌓이면서 수술 사망률과 유병률이 꾸준히 감소됨에 따라 심장 수술후 발생하는 심장의 합병증(extracardiac complication)의 병리에 대하여 관심이 고조되고 있으며, 향후 심장 수술의 사망률과 유병률을

Table 3. Hyperamylasemia and hemodynamic parameters during CPB

Parameters during Cardiopulmonary bypass	Hyperamylasemia	
	Number(N=15)	P-value*
CPB duration ≤ 120 min.(N=34) > 120 min.(N=33)	7 8	0.72
ACC time ≥ 60 min.(N=21) < 60 min.(N=46)	7 8	0.15
Mean BP < 40 mmHg(N=31) ≥ 40 mmHg(N=36)	7 8	0.97
rectal Temp ≤ 20°C(N=32) > 20°C(N=35)	7 8	0.87
TCA No(N=40) Yes(N=27)	9 6	0.98
Flow Rate < 2.0(N=42) (L/min/M ²) ≥ 2.0(N=25)	9 6	0.81

* Chi-square test
CPB: Cardiopulmonary bypass
ACC: Aortic cross clamp
TCA: Total circulatory arrest

Table 4. Hyperamylasuria and hemodynamic parameters during CPB

Parameters during Cardiopulmonary bypass	Hyperamylasuria	
	Number(N=8)	P-value*
CPB duration ≤ 120 min.(N=34) > 120 min.(N=33)	3 5	0.43
ACC time ≥ 60 min.(N=21) < 60 min.(N=46)	4 4	0.23
Mean BP < 40 mmHg(N=31) ≥ 40 mmHg(N=36)	1 7	0.04
rectal Temp ≤ 20°C(N=32) > 20°C(N=35)	0 8	0.02
TCA No(N=40) Yes(N=27)	8 0	0.01
Flow Rate < 2.0(N=42) (L/min/M ²) ≥ 2.0(N=25)	6 2	0.44

* Chi-square test
CPB: Cardiopulmonary bypass
ACC: Aortic cross clamp
TCA: Total circulatory arrest

더욱 줄이기 위해서는 심장의 합병증의 예방 및 조기 진단과 치료가 필요할 것으로 생각된다¹¹⁾.

심장 수술후 췌장염의 발생 빈도는 췌장염의 정의에 따라 다르지만 명백한 췌장염의 빈도는 0.09~0.63% 정도이고^{2, 10~12)}, 발병 시 사망률은 40% 이상으로 아주 높으며^{5, 7)} 심장 수술 후 사망한 환자의 20~30%에서 급성 췌장염 및 합병증이 발생했다는 보고도 있다^{4, 13~14)}. 한편 체외 순환 후 고아밀라제혈증의 빈도는 30~50%로 보고되고 있으며^{3, 10, 15)} Rattner 등은 고아밀라제혈증을 가진 환자가 정상 아밀라제치를 가진 환자보다 사망률이 현저하게 높다고 보고한 바 있으나¹⁵⁾, Svensson 등은 개심술 후 고아밀라제혈증은 수술의 이환률이나 사망률과 무관하다고 보고했다³⁾. 더구나 췌장염이 잘 발생하지 않는 것으로 알려진 소아 연령에서도⁶⁾ 심장 수술 후 고아밀라제혈증과 췌장염의 발생이 보고된 바 있어⁷⁾, 체외 순환 후에 발생하는 췌장염 및 고아밀라제혈증은 일반적인 췌장염의 병리과는 다른 양상을 가진다고 할 수 있다.

일반적으로 혈중 아밀라제 치는 급성 췌장염 환자의 약 80%에서 발병 6~48시간내에 증가하며 600 Somogyi unit/dl 이상이거나 정상치 상한의 4배이상이면 췌장염의 진단이 가능하고 발병 3~4일이면 정상으로 돌아올 수 있다^{7, 16, 17)}. 뇨중 아밀라제 치는 혈중 이밀라제 치보다 빨리

증가하며 1000 Somogyi unit/dl 이상이면 급성 췌장염이 확실하나 위음성나 위양성의 결과가 나올 수 있다^{16, 17)}. 아밀라제대 크레아티닌 청소률의 비(Cam/Ccr)는 뇨중 아밀라제 치보다 진단적 가치가 높으며 계산공식은(urine amylase/serum amylase) × (serum creatinine/urine creatinine) × 100(%)이고, 췌장염 환자는 보통 4% 이상이다^{14, 16~20)}.

체외 순환 후 고아밀라제혈증과 췌장염의 원인으로는 일반적으로 저관류나 미세 혈전 등으로 인한 췌장의 허혈로 생각되어 왔으며 Broe 등이²¹⁾ 췌장의 관류 실험을 통해 허혈이 췌장염을 유발할 수 있음을 입증한 바 있으나, 아밀라제의 동종효소 분석을 통해 췌장형 또는 타액형 동종 아밀라제가 주라는 상반된 보고도 있다^{8, 22, 23)}.

체외 순환 후 췌장을 포함한 복부 장기의 손상은 뇌 손상과는 달리 색전증보다는 저관류가 주요 원인으로 생각되며^{12, 24~26)}, 박동성 관류법이 비박동성 관류법보다 저체온법을 이용한 체외 순환 시 췌장으로의 혈류량을 증가시키므로 췌장의 허혈성 손상을 방지할 수 있으며 체외 순환 후 췌장염의 빈도를 감소시킬 수 있을 것으로 생각된다^{24, 27)}. 저관류외에 원인으로 생각되는 것은 이뇨제(chlorothiazide), 과칼슘혈증^{1, 28)} 및 보체 활성화²⁹⁾ 등이 체외 순환 후 췌장염과 관련이 있는 것으로 보고된 바있다.

본 연구에서는 체외 순환 중의 관류와 상관있는 혈류 역

학적 변수들(체의 순환 시간, 대동맥 차단 시간, 체외 순환 중 혈압과 직장 온도, 혈류량)과 혈중 아밀라제 치의 관계 분석(repeated measure ANOVA, multivariate analysis)에서 통계적으로 의미있는 결과를 얻지는 못하였고, 체외 순환 시간이 120분 이상의 군($P=0.01$)과 체외 순환 중의 평균 혈압이 40mmHg 이상의 군($P=0.05$) 그리고 직장 온도 20도 이상의 군($P=0.03$)에서 유의하게 뇨중 아밀라제 치가 증가하였으나 이는 체장의 손상 보다는 소변량의 증가 때문으로 생각된다. 개심술 후 흔히 발생하는 크레아티닌 제거(Ccr, creatinine clearance)의 감소는 뇨중 아밀라제 치를 낮추고 혈중 아밀라제를 높이므로¹⁹⁾, 개심술 후 체장 손상 여부를 평가할 때 뇨중 아밀라제 치는 우리의 결과에서 처럼 일반적인 예상과 반대로 나올 수 있다. 이런 단점을 보완하기 위해서는 Ccr에 영향을 받지않는 아밀라제-크레아티닌 제거 비율(ACCR, amylase-creatinine clearance ratio)을 측정해야 한다¹⁹⁾. 또 ACCR은 뇨중 아밀라제 치보다 진단적 가치가 높고 뇨중 아밀라제 처럼 소변을 모을 필요 없이 순간 소변 채취만으로 측정 가능하므로 편리하다.

체의 순환 후 체장염은 일반적인 임상 증상이 드물고 경미한 반면^{10, 13)} 치사률이 매우 높으므로 조기 진단 및 치료가 필수적이다^{5, 11)}. Leijala 등은 조기 진단을 위해 혈중 아밀라제 치를 정기적으로 검사할 것을 권장하였으며⁷⁾, Rose 등은³⁰⁾ 혈중 아밀라제 치가 증가한 환자는 경비위 흡인(nasogastric suction)을 시행하고 아밀라제 치가 지속적으로 높거나 체장염의 임상 증상이 있을 경우 복부 단층촬영을 시행해야 한다고 주장한 바 있다.

결 론

저자들은 선천성 심기형 환아 67명에서 체외 순환 후 혈중 및 뇨중 아밀라제 치를 연속적으로 측정하고 체외 순환 중의 관류와 관련있는 여러 혈류 역학적 변수들과의 분석을 통해 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 개심술 후 고아밀라제 혈중 환자는 15례(22.4%)이었고, 고아밀라제 뇨중은 8례(11.9%)이었다.
2. 체외 순환 시간 등 혈류 역학적 변수들과 혈중 아밀라제 치의 변화사이에는 통계적으로 유의한 차이가 없었고, 체외 순환 시간이 120분 이상인군과 평균 혈압이 40 mmHg이상인군 그리고 직장 온도가 20도 이상인 군에서 뇨중 아밀라제 치의 증가가 있었으나 이는 소변량의 차이 때문으로 생각된다.
3. 체외 순환 후 체장염의 조기 진단을 위해서는 혈중 아밀

라제 치나 ACCR을 정기적으로 측정할 것이 요망된다.

참 고 문 헌

1. Castillo CF, Harringer W, Warshaw AL, et al. Risk factors for pancreatic cellular injury after cardiopulmonary bypass. *New Eng J Med* 1991; 325: 382-7
2. Hanks JB, Cartis SE, Hanks BB, et al. Gastrointestinal complications after cardiopulmonary bypass. *Surgery* 1982; 92: 394-400
3. Svensson LG, Decker G, Kinsley RB. A Prospective study of hyperamylasemia and pancreatitis after cardiopulmonary bypass. *Ann Thorac Surg* 1985; 39: 409-11
4. Feiner H. Pancreatitis after cardiac surgery: A morphologic study. *Am J Surg* 1976; 131: 684-8
5. White TT, Morgan A, Hopton D. Postoperative pancreatitis. A study of 70 cases. *Am J Surg* 1970; 120: 132-7
6. Behrman. *Textbook of pediatrics*. 14th ed. Philadelphia: WB Saunders Company. 1992
7. Leijala M, Louhimo I. Pancreatitis after open heart surgery in children. *Eur J cardiothorac surg* 1988; 2: 324-8
8. Otsuki M, Maeda M, Yuu H, et al. The nature and origin of hyperamylasemia following open heart surgery with extracorporeal circulation. *Clinica Chimica Acta* 1977; 77: 349-57
9. 백희종, 김용진. 선천성 심기형 환자에서 체외 순환 후 복부 장기 적정 관류에 대한 예견으로서 혈중 amylase 치의 변화의 의의. *대흉외지* 1995; 28: 1-6
10. Ohri SK, Desai JB, Gaer JAR, et al. Intraabdominal complication after cardiopulmonary bypass. *Ann Thorac Surg* 1991; 52: 826-31
11. Lawhorne TW, Davies JL, Smith GW. General surgical complications after Cardiac Surgery. *Am J Surg* 1976; 136: 254-6
12. Krasna MJ, Flancbaum L, Trooskin SZ, et al. Intraabdominal complications of cardiopulmonary bypass operations. *Surgery* 1988; 104: 773-80
13. Haas GS, Warshaw AL, Daggett WM, et al. Acute pancreatitis after cardiopulmonary bypass. *Am J Surg* 1985; 149: 508-14
14. Warshaw AL, O'Hara PJ. Susceptibility of the pancreas to ischemic injury in shock. *Ann Surg* 1978; 188: 197-201
15. Rattner DW, Gu ZY, Vlahakes GJ, et al. Hyperamylasemia after cardiac surgery: incidence, significance and management. *Ann Surg* 1998; 209: 279-83
16. Phillip PT, Norton JE. Approach to the patient with pancreatic disease. Isselbacher KJ. *Harrison's Principles of Internal Medicine*. vol. 2. 13th ed. Philadelphia: McGraw-Hill Inc. 1994; 1516-20
17. Henry JB. *Clinical diagnosis and management by laboratory methods*. 17th ed. Tokyo: Saunders. 1984; 537-49
18. Warshaw AL, Fuller AF, Jr. Specificity of increased renal clearance of amylase in diagnosis of acute pancreatitis. *N Engl J Med* 1975; 292: 325-8
19. Traverso LW, Ferrari BT, Buckberg GD, et al. Elevated pos-

- operative renal clearance of amylase without pancreatitis after cardiopulmonary bypass.* Am J Surg 1977;133:298-303
20. Smith CR, Schwartz SI. *Amylase: creatinine clearance ratios, serum amylase and lipase after operations with cardiopulmonary bypass.* Surg 1983;94:458-63
21. Broe PJ, Zuidema GD, Cameron JL. *The role of ischemia in acute pancreatitis: Studies with an isolated perfused canine pancreas.* Surgery 1982;91:377-82
22. Morrissey R, Berk E, Rridhandler L, et al. *The Nature and significance of hyperamylasemia following operation.* Ann Surg 1974;180:67-71
23. Kazmierczak SC, Lente FV. *Incidence and Souce of hyperaylasemia after cardiac surgery.* Clin Chem 1988;34:916-9
24. Lazenby WD, Krieger KH. *Cardiopulmonary bypass-organ blood flow and metabolism in the pediatric patient.* Cardiol Young 1993;3:232-43
25. Leitman MI, Paull DE, Barie PS, et al. *Intraabdominal complications of cardiopulmonary bypass operations.* Surg Gynecol Obstet 1987;165:251-4
26. Desai JB, Ohri SK. *Gastrointestinal damage following cardiopulmonary bypass.* Perfusion 1990;5:161-8
27. Mori A, Watanabe K, Onoe M, et al. *Regional blood flow in the liver, pancreas and kidney during pulsatile and nonpulsatile perfusion under profound hypothermia.* Jan Cir J 1988;52:219-27
28. Ranson JHC. *Acute pancreatitis.* Curr Probl Surg 1979;1-75
29. Chenoweth DE, Cooper SW, Hubli TE, et al. *Compliment activation during cardiopulmonary bypass-evidence for generation of C3a and C5a anaphylatoxins.* New Eng J Med 1981;304:497-501
30. Rose DM, Ranson JHC, Cunningham JN, et al. *Pattern of severe pancreatic injury following cardiopulmonary bypass.* Ann Surg 1984;109:168-72