

심장압전을 유발한 잡견에서 Pentastarch 투여 후 Dobutamine, Hydralazine, Sodium Nitroprusside에 대한 혈역학적 반응

계명대학교 의과대학 마취과학교실

김진모 · 이정호 · 장영호 · 전재규

= Abstract =

Hemodynamic Responses to Dobutamine, Hydralazine and Sodium Nitroprusside Following Pentastarch Infusion during Cardiac Tamponade in Dogs

Jin Mo Kim, M.D., Jung Ho Lee, M.D., Young Ho Jang, M.D.
and Jae Kyu Cheun, M.D.

Department of Anesthesiology, School of medicine,
Keimyung University, Taegu, Korea

Background: Cardiac tamponade results in a hemodynamic disorder associated with decreased cardiac output and blood pressure. To improve cardiac output in a subject with cardiac tamponade, cardiotonic drugs and vasodilators with blood volume expander can be used. The purpose of this study was to observe the hemodynamic effects of cardiotonic drugs and vasodilators following administration of plasma expander in the dogs with cardiac tamponade.

Method: Three groups of dogs were studied during the induced cardiac tamponade. Following infusion of pentastarch, group I received dobutamine by dripping of 10 $\mu\text{g}/\text{kg}/\text{min}$, followed by injection of 20 $\mu\text{g}/\text{kg}/\text{min}$, group II received hydralazine (20 mg, 40 mg) and group III received sodium nitroprusside (5 $\mu\text{g}/\text{kg}/\text{min}$, 10 $\mu\text{g}/\text{kg}/\text{min}$). The heart rate, blood pressure, cardiac output and pulmonary arterial occluded pressure were measured. The atrial transmural pressure was calculated by subtracting intrapericardial pressure from mean atrial pressure.

Results: Cardiac output was increased in the groups I and II, but mean arterial pressure was increased in only the group I. Atrial transmural pressure was not changed in all three groups.

Conclusion: The most pronounced hemodynamic improvements during the cardiac tamponade is observed in group I with pentastarch-dobutamine combination. (Korean J Anesthesiol 1998; 35: 852~860)

Key Words: Heart: tamponade; cardica output. Phamacology: dobutamine; hydralazine; nitroprusside.

논문접수일 : 1998년 4월 27일

책임저자 : 김진모, 대구시 중구 동산동 194번지, 계명대학교 의과대학 마취과학교실, 우편번호: 700-310

Tel: 053-250-7249, Fax: 053-250-7240

*이 논문은 1997년도 계명대학교 비사연구비 지원에 의한 결과임.

서 론

심장압전은 일회박출량 및 심박출량의 감소와 전신혈관저항의 증가 등과 같은 혈액학적 불안정을 수반하는 질환으로 궁극적인 치료 목표는 심박출량을 증가시켜 조직 관류를 향상시켜주는 것이다. 심장압전의 가장 효과적인 처치는 심낭내 혈액이나 유출액을 외과적인 처치로 배출하여주는 것이나,¹⁾ 외과적인 처치를 하기까지 내과적 약물 처치를 시행함으로써 환자의 혈액학 상태를 최대한 안정시켜 주어야 한다. 이를 위하여 다음과 같은 여러 가지 방법들이 이용되고 있는데. 첫째, 수액을 투여하여 Frank-Starling 기전에 의한 심박출량을 증가시키는 방법, 둘째, 심장에 직접 작용하여 심근 수축력을 증가시키는 방법, 셋째, 말초혈관을 확장시켜 심박출량을 증가시키는 방법들이다.^{2,3)} 이중 심박출량을 증가시키기 위하여 혈관 확장제를 사용할 경우 저항혈관을 확장시키는 약물들은 효과가 있으나 용량 혈관을 확장시키는 약물들은 효과가 미약한 것으로 보고되어 있으며, 용량혈관을 확장시키는 약물을 사용할 때 수혈을 하여 전부하를 유지하는 경우에는 심박출량을 증가시켜줄 수 있다고 한다.⁴⁾

이에 저자들은 심장압전의 혈액학적 안정성을 유지하기 위하여 혈관내 용적을 증가시켜 심박출량을 증가시키는 pentastarch를 미리 투여한 경우에서 심근에 작용하여 심근 수축력을 증가시키는 dobutamine과 동맥혈관을 확장시키는 hydralazine, 동맥혈관과 정맥혈관을 함께 확장시키는 sodium nitroprusside를 추가 투여함에 따른 혈액학적 변화를 비교 관찰함으로써 심장압전시 pentastarch 투여 후 dobutamine, hydralazine 및 sodium nitroprusside의 혈액학적 상승 효과 정도를 살펴보고자 하였다.

대상 및 방법

1) 대 상

암수 구별없이 15~18 kg의 한국산 잡견 15마리를 대상으로 하였다.

2) 방 법

(1) 동물의 마취 및 감시장치: 우측 혹은 좌측 전

지 정맥에 20G 혈관 카테타를 거치 한 후 thiopental sodium 20 mg/kg를 정주 한 다음 양와위로하여 근육이완제의 도움없이 기관내삽관을 실시하였고 기관내튜브를 인공호흡기(Royal 88, Korea)에 연결하여 호흡수를 15회/min, 일회 환기량을 15~20 ml/kg 정도로 하여 호기말 탄산가스분압이 35~40 mmHg가 되도록 환기량을 조절하였다. 마취 유지를 위하여 0.8~1.2 vol%의 enflurane과 O₂, N₂O를 각각 2 L/min으로 공급하였다.

근이완을 위하여 pipecurium bromide 4 mg을 정맥로를 통하여 주입하였으며 Lactated Ringer solution은 유지 용량의 수액만을 정주하였다. 피하조직에 바늘형 심전도 전극(lead II)을 부착하여 심전도를 지속적으로 감시함과 동시에 체온의 감소를 위하여 동물의 등밀에 가온매트를 깔아 체온을 37°C 내외로 유지하였다.

혈액학적 감시를 위하여 우측 대퇴동맥을 절개한 후 20G 카테타를 거치하여 지속적으로 동맥압을 감시하였으며, 동측의 대퇴정맥을 절개하여 7F Swan-Ganz 카테타(SP5107H[®], Ohmeda, Singapore)를 폐동맥 내에 거치한 후 폐동맥압과 폐동맥 차단압, 심박출량을 측정하였다. 심박출량의 측정은 5% 포도당액 10 ml를 Swan-Ganz 카테타의 우심방 개구부로 일정한 속도로 주입하여 측정하였으며 3회 반복하여 나온 값의 평균값을 대표값으로 인정하였다. 혈액학적 감시는 Sirecust 1261[®](Siemens, USA)을 이용하였으며, 심장압전 유발시 측정된 심낭내의 압력은 CardiocapII[®](Engstrom, Finland)을 이용하여 측정하였다.

(2) 심장압전의 유발: 한국산 잡견을 대상으로 모든 감시장치의 거치가 완료된 30분후 혈액학적 수치를 측정한 다음 우측와위로 하여 좌측 제 4~5늑간으로 개흉한 후 이중관 카테타(Hydrocath[®], Omeda, U.K)를 심낭내에 거치하였다. 심장압전의 유발을 위하여 심낭내 카테타 거치가 완료된 30분후에 카테타를 통하여 35~37°C의 0.9% NaCl을 10~15분동안에 걸쳐 심박출량이 대조치의 50±10%로 감소할 때까지 주입하였으며 동시에 심낭내의 압력 측정이 가능하도록 하였다.

(3) 혈액학 및 심방 경벽압(atrial transmural pressure)의 측정: 동맥 및 폐동맥 카테타의 거치가 완료된 후 30분이 경과하여 혈액학이 안정된 상태에서 심박동수, 동맥압, 폐동맥압, 폐동맥 차단압, 중심정

맥압 및 심박출량을 측정된 다음 심장압전이 유발된 후 모든 혈액학 수치를 다시 측정하였다.

실험 동물을 세 군으로 나누어 비교하였다. 모든 군에서 심장압전 유발 30분후 pentastarch 5 ml/kg/min의 양을 3분동안 정주한 다음 제 1군은 dobutamine 10 μ g/kg/min을 점적 정주후 용량을 20 μ g/kg/min으로 증가시켜 투여하였고(N=5), 제 2군은 1군과 동일한 양의 pentastarch를 정주후 hydralazine 20 mg을 정주한 다음 40 mg으로 증가시켜 투여하였고(N=5), 제 3군 역시 1군과 동일한 양의 pentastarch를 정주한 다음 sodium nitroprusside를 5 μ g/kg/min을 정주한 다음 용량을 10 μ g/kg/min으로 증가시켜 투여하였다. 각 군에서 dobutamine, hydralazine 및 sodium nitroprusside의 각 용량은 pentastarch 투여 30분후 및 60분후에 정주하였으며 각각의 약물이 투여된 10분후에 모든 혈액학적 수치를 측정하였다.

심방 경벽압의 측정은 우심방압과 심낭내압력의 차이를 이용하여 계산하였으며 각 군의 모든 약물들이 투여된 다음 심낭절개술을 실시하기 직전에 측정된 값을 심장압전 유발 직후의 값과 비교하여 약물 투여 후의 우심방 기능 향상 여부를 관찰하였다. 약물 투여에 의한 혈액학 측정이 끝난 후 심낭절개술을 시행한 후의 혈액학을 측정하였다.

통계학적 분석을 위하여 PC-SAS program(ver 6.04, SAS Institute, U.S.A.)을 사용하였으며 모든 결과치는 평균 \pm 표준편차로 나타내었다. 각 군에서 대조치의 혈액학 수치와 각 약물 투여 후의 혈액학 수치의 비교 및 각 군에서의 심장압전 유발 직후 및 심낭절개술 직전의 심방 경막압 변화의 비교는 Wilcoxon signed rank test를 사용하였다. Dobutamine, hydralazine, sodium nitroprusside 투여 후 각 군간의 비교는 Kruskal-Wallis test를 사용하였으며 그 중에서 통

계적 의의가 있는 경우 Tukey법 및 Duncan법을 이용한 후검정을 시행하였다. 모든 통계적 처리는 p값이 0.05 미만인 경우를 의의 있는 값으로 인정하였다.

결 과

각 군간 심장압전 유발 전 및 후의 혈액학적 수치와 심장압전 유발시 사용된 0.9% NaCl의 양 및 심낭내 압력에는 통계학적 차이는 나타나지 않았다(Table 1). 심장압전 유발 후 심박동수의 변화는 없었으며 평균동맥압과 심박출량이 감소하였고 폐동맥 차단압은 증가하였다(Table 2). 심장압전 유발 후 세군 모두에서 동일한 양의 pentastarch(5 ml/kg/min)를 전투여한 결과 폐동맥 차단압은 증가하였고 평균동맥압, 심박출량 및 폐동맥 차단압은 심장압전 이전의 수준으로 회복되지는 못하였다(Fig. 1~4).

Pentastarch 정주후 dobutamine, hydralazine 및 sodium nitroprusside를 투여한 결과 1군의 dobutamine 20 μ g/kg/min 시점에서 심박동수가 대조치에 비하여 증가하였다(Fig. 1). 평균동맥압은 1군에서 dobutamine 10 μ g/kg/min 및 20 μ g/kg/min 시점 모두에서 대조치에 비하여 의의있는 증가를 나타내었으며 2군과 3군에서는 여전히 대조치에 비하여 감소되어 있는 상태를 나타내었다(Fig. 2). 심박출량은 1군과 2군에서는 대조치 수준으로 증가하였으나 3군에서는 대조치에 비하여 감소되어 있는 상태를 나타내었다(Fig. 3). 폐동맥 차단압 및 중심정맥압은 세군 모두에서 대조치에 비하여 증가되었다(Fig. 4, 5).

심낭절개술 후 평균동맥압은 2, 3군에서 정상 수준으로 회복되었으며 1군에서는 대조치에 비하여 증가된 상태였다. 심박출량은 1군과 2군에서는 대조치 수준 이상으로 증가하였고 3군에서는 대조치 수준

Table 1. Demographic Data

	Group 1 (N=5)	Group 2 (N=5)	Group 3 (N=5)
Body weight(kg)	14.6 \pm 5.5	16.0 \pm 4.2	16.4 \pm 3.8
Injected intrapericardial volume(ml)	76 \pm 39	80 \pm 29	70 \pm 19
Intrapericardial pressure(mmHg)	12.0 \pm 1.2	11.0 \pm 2.5	12.4 \pm 1.5

Values are mean \pm SD. Group 1; pentastarch with dobutamine, Group 2; pentastarch with hydralazine, Group 3; pentastarch with sodium nitroprusside.

Table 2. Hemodynamic Data during Thoracotomy and Cardiac Tamponade

		Control	Thoracotomy	Tamponade	Pentastarch	After pentastarch		Pericardiectomy
						40 min	70 min	
Heart rate (beats/min)	G1	129.6±28.8	121.2±16.0	113.2±15.5	111.8±23.8	140.6±23.4	164.0±34.6*†	154.6±29.3†
	G2	133.0±28.8	118.0±19.3	119.0±32.4	115.6±23.3	132.0±29.6	149.2±23.4†	148.6±19.7†
	G3	104.4±21.5	97.6±11.1	93.0±19.0	88.8±17.3	97.8±22.6	98.2±24.3	85.6±13.7
MAP (mmHg)	G1	92.6±17.3	90.6±16.6	61.8±15.2*	80.0±14.1*	105.8±18.6*†	114.4±26.3*†	123.4±13.0*†
	G2	91.4±12.5	86.6±15.2	52.4±8.7*	67.4±11.1*	71.2±6.2*†	79.0±10.5*†	85.6±22.0
	G3	97.8±13.6	86.6±14.4	45.8±13.5*	61.0±16.1*	51.2±13.6*	40.2±11.5*	81.6±19.6
CO (L/min)	G1	3.5±0.7	3.2±0.7	1.9±0.5*	2.3±0.5*	3.3±0.8	3.8±0.8†	5.2±1.3*†
	G2	4.2±1.4	3.4±0.7	1.6±0.4*	2.1±0.7*	3.0±1.2	4.0±1.4†	6.5±1.2*†
	G3	2.8±0.8	2.6±0.6	1.3±0.5*	1.6±0.8*	1.8±0.9*	1.8±1.0*	3.4±0.9
PAP (mmHg)	G1	15.4±2.1	14.0±2.7	14.0±2.0	20.8±3.6	21.6±2.7	22.2±4.0	22.4±4.4
	G2	15.2±2.8	12.2±2.5	12.0±2.1	17.8±3.0	19.4±3.8	18.2±3.6	19.2±6.3
	G3	15.0±3.6	12.4±1.5	15.0±4.1	21.6±0.5	18.0±1.6	17.8±1.9	17.0±5.7
PAOP (mmHg)	G1	8.6±1.8	7.8±0.4	10.6±1.8*	16.2±1.5*	16.2±1.1*	15.4±1.3*	13.8±2.9*
	G2	7.6±1.7	7.8±2.8	9.8±2.2*	14.8±4.0*	15.2±4.2*	14.0±3.3*	10.2±3.1**§
	G3	9.2±2.6	8.6±1.5	12.8±3.5*	18.8±1.5*	15.4±1.5*	14.2±2.6*	14.0±1.4*
CVP (mmHg)	G1	6.6±1.9	5.4±0.5	9.2±0.8*	15.2±1.6*	14.2±1.6*	13.6±1.5*	11.4±2.5
	G2	5.2±0.8	4.2±0.8	8.8±1.5*	13.2±4.3*	13.4±3.9*	11.6±3.7*	6.6±1.1
	G3	5.0±2.3	5.4±2.1	14.0±6.0*	19.0±5.4*	13.6±7.6*	15.2±4.7*	7.6±3.0

Values are mean ± SD. G1; pentastarch with dobutamine, G2; pentastarch with hydralazine, G3; pentastarch with sodium nitroprusside, MAP; mean arterial pressure, CO; cardiac output, PAP; pulmonary arterial pressure, PAOP; pulmonary arterial occluded pressure, CVP; central venous pressure. *, P<0.05 compared with control, †; P<0.05 compared with G3, ‡; P<0.05 compared with G2 and G3, §; P<0.05 compared with G1 and G3.

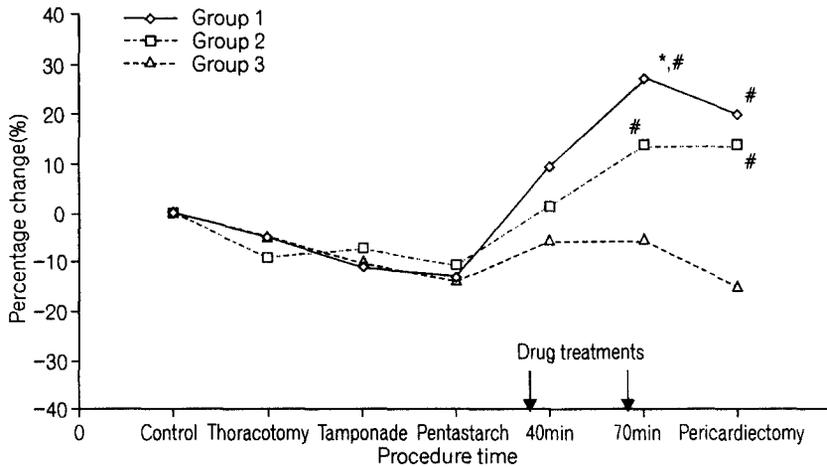


Fig. 1. Changes in heart rate during pentastarch injection and infusion of dobutamine, hydalazine, and sodium nitroprusside after experimental cardiac tamponade. G1; pentastarch with dobutamine, G2; pentastarch with hydalazine, G3; pentastarch with sodium nitroprusside. *: $P < 0.05$ compared with control, #; $P < 0.05$ compared with G3.

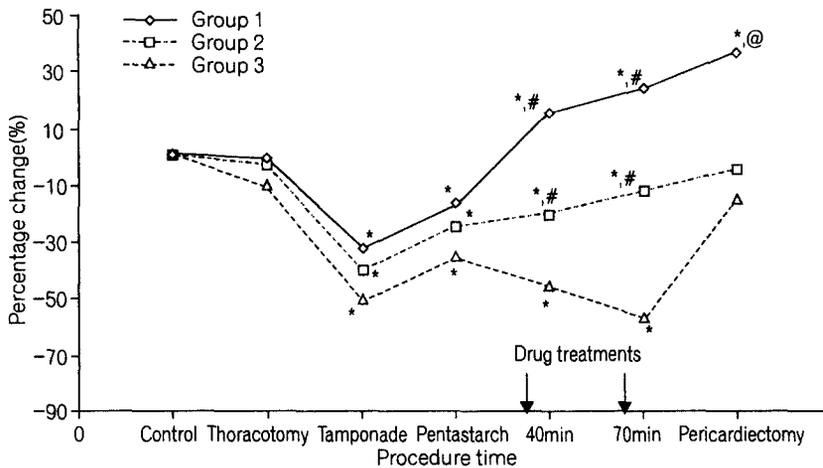


Fig. 2. Changes in mean arterial pressure during pentastarch injection and infusion of dobutamine, hydalazine and sodium nitroprusside after experimental cardiac tamponade. G1; pentastarch with dobutamine, G2; pentastarch with hydalazine, G3; pentastarch with sodium nitroprusside. *: $P < 0.05$ compared with control, #; $P < 0.05$ compared with G3, @; $P < 0.05$ compared with G2 and G3.

으로 증가하였다. 폐동맥 차단압은 세군 모두에서 대조치 수준 이상으로 증가된 상태를 나타내었다.

심장압전 유발 직후와 모든 군에서 약물 투여가 완료된 즉, 심낭절개술 직전에서의 심방 경막압의 변화를 비교한 결과 세군 모두에서 유의있는 변화는 나타나지 않았다(Fig. 6).

고 찰

심장압전 발생시 심낭내 유출액이나 혈액이 심장의 이완기 충만을 제한하여 심박출량과 평균 동맥압이 감소하게 된다.^{5,6)} 따라서 심장압전 발생시 혈

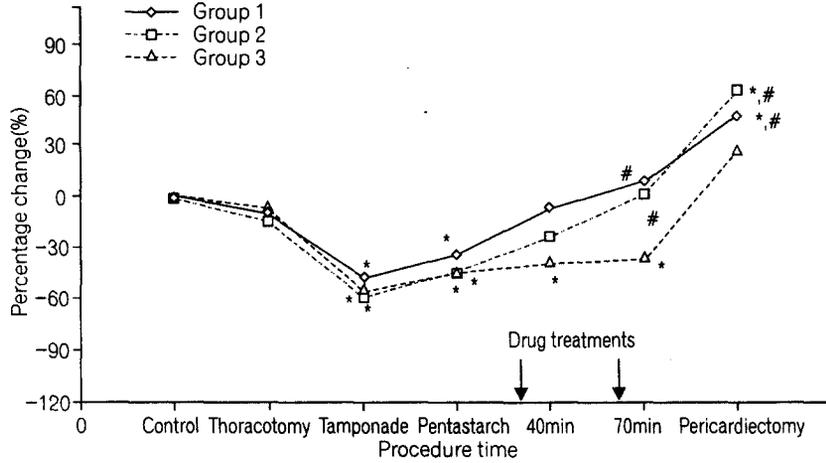


Fig. 3. Changes in cardiac output during pentastarch injection and infusion of dobutamine, hydalazine and sodium nitroprusside after experimental cardiac tamponade. G1; pentastarch with dobutamine, G2; pentastarch with hydalazine, G3; pentastarch with sodium nitroprusside. *, P<0.05 compared with control, #, P<0.05 compared with G3.

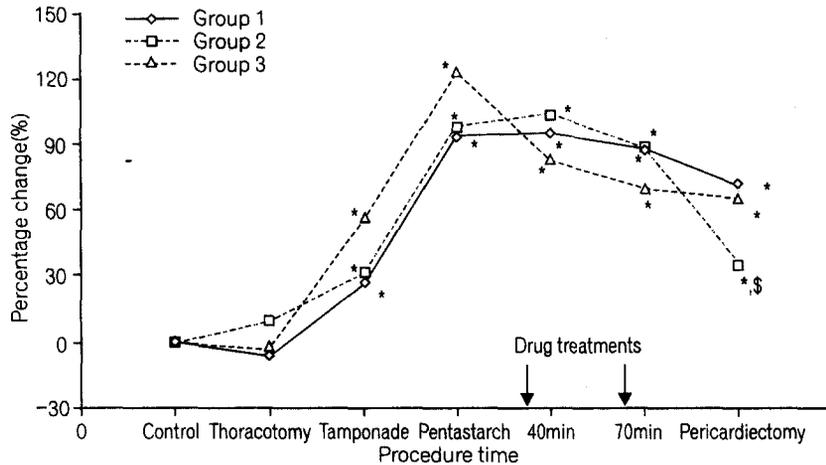


Fig. 4. Changes in pulmonary artery occluded pressure during pentastarch injection and infusion of dobutamine, hydalazine and sodium nitroprusside after experimental cardiac tamponade. G1; pentastarch with dobutamine, G2; pentastarch with hydalazine, G3; pentastarch with sodium nitroprusside. *, P<0.05 compared with control, \$, P<0.05 compared with G1 and G3.

역학을 개선하는 가장 이상적인 내과적 약물 조건은 빈맥을 유발하지 않고 정상적인 관상 혈류를 유지하면서 심박출량을 개선하는 것이며^{7,8)} 뇌, 신장, 간 등과 같은 주요 장기로 가는 국소 혈류량을 증가 혹은 유지하여 주어야 한다. 가장 바람직한 것은 심장압전이 발생되기 전에 심초음파 등을 이용하여

심실 기능을 파악하는 것이 이상적이지만^{9~12)} 이미 심장압전으로 진행된 경우에는 일단 심기능 및 혈액학 변화의 개선이 필수적이다.

본 연구는 심장압전의 혈액학적 이상을 개선하기 위하여 혈장량을 증가시켜 심박출량을 증가시키는 pentastarch를 사용한 후 dobutamine, hydalazine 및

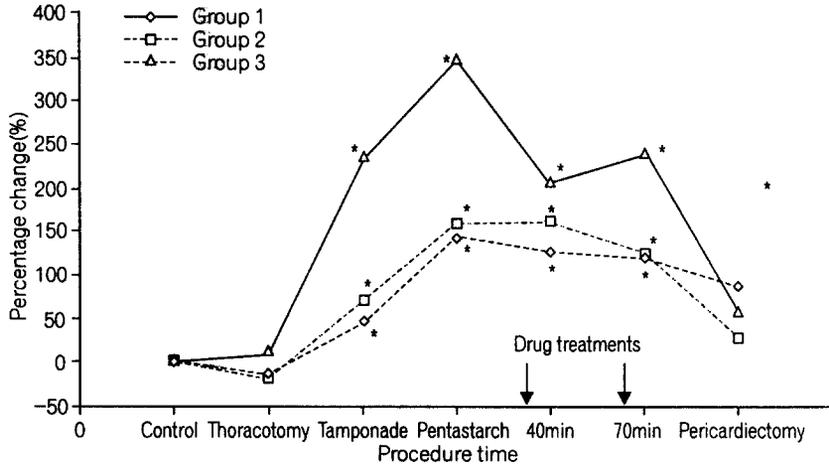


Fig. 5. Changes in central venous pressure during pentastarch injection and infusion of dobutamine, hydralazine and sodium nitroprusside after experimental cardiac tamponade. G1; pentastarch with dobutamine, G2; pentastarch with hydralazine, G3; pentastarch with sodium nitroprusside. *; P<0.05 compared with control.

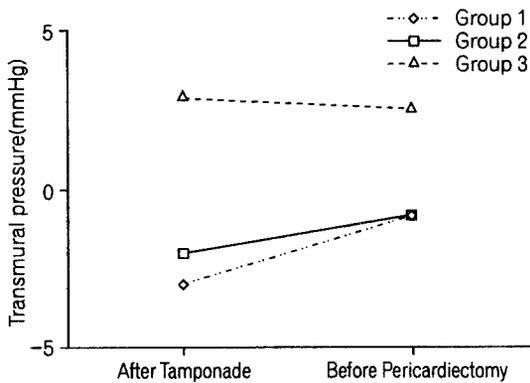


Fig. 6. Changes in atrial transmurial pressure. Atrial transmurial pressure was indirectly measured as mean right atrial minus intrapericardial pressure. G1; pentastarch with dobutamine, G2; pentastarch with hydralazine, G3; pentastarch with sodium nitroprusside. There was no statistically significant difference between the periods after tamponade and before pericardiectomy in three groups.

sodium nitroprusside를 사용함에 따른 심기능의 회복을 살펴보고자 한 것이다. Dobutamine은 심근에 직접 작용하여 심근의 수축력을 증가시킴으로써,^{13,14)} hydralazine은 동맥 혈관을 확장시켜 후부하를 감소시킴으로써¹⁵⁾ pentastarch 투여에 따른 심근 기능의 회복에 대한 상승 효과가 있을 것으로 기대하였다.

그러나 hydralazine이 저항혈관을 확장시키는데 비하여 sodium nitroprusside는 용량혈관도 확장시킴으로 인하여 hydralazine을 투여한 경우와는 다른 변화가 나타날 것으로 예상하였다.

심장압전의 모든 경우에서 혈장량의 증가가 혈액학을 개선하여주는 것은 아니다. 본 연구와 같이 심근의 천공이 없는 심장압전의 경우 혈장량의 증가는 좌심실 이완기 압력을 증가시킴으로 인하여 좌심실 이완기의 허탈(collapse)이 예방되거나 연장될 수 있다.¹⁶⁾ 그러나 외상 등으로 인한 심실 천공에 의해 유발된 심장압전은 혈장량을 증가시켜줄 경우 오히려 심장압전이 더욱 심해질 수 있으므로 심장압전 발생시 신중한 원인 규명이 필요하다.¹⁷⁾

Millard등은²⁾ 심장압전시 hydralazine과 dextran-40을 함께 투여한 경우에서 약물들의 투여 순서와는 관계없이 심박출량의 증가와 함께 모든 국소 혈류량이 증가하였으며 심장압전의 가장 우수한 치료 방법으로 주장하였으나 혈장증량제와 심근수축력을 증가시키는 약물의 조합에 관한 연구는 시행되지 않았다. 또한 dextran-40은 혈액 점성도를 감소시켜 미세순환을 통한 혈류를 향상시키는 장점은 있으나 출혈, 알러지 반응, 신부전 등의 부작용 가능성이 있는 용액이므로¹⁸⁾ 본 연구에서는 현재 많이 사용하고 있는 pentastarch를 이용하여 혈장량을 증가시켰

다. Pentastarch는 높은 교질 삼투압으로 인하여 혈장량 증가에 효과적이면서 안전한 교질 용액으로 혈장량 증가는 투여량의 1.5배 정도이며 10시간 정도의 효과가 있다. 본 연구 결과 pentastarch 단독 투여 후 세군 모두에서 평균동맥압과 심박출량이 증가하기는 하였지만 심장압전 이전의 상태로 회복되지 못하였다. Millard등의²⁾ 결과와 차이가 나타나는 것은 교질용액 투여 용량 및 이에 따른 우심방압의 차이에 의한 결과 차이로 해석되며 따라서 심장압전시 혈액학적 변화를 개선시키기 위해서는 혈장량을 증가시키는 방법만으로는 혈액학을 정상 수준으로 회복시키기 어려우며 다른 추가적인 약물을 투여할 경우 전부하 및 평균동맥압을 주의 깊게 관찰하면서 투여하여야 할 것이다.

Hydralazine과 sodium nitroprusside는 모두 전신혈관저항을 감소시켜 심박출량을 증가시킨다. 그러나 심장압전시 hydralazine과 sodium nitroprusside를 각각 투여하는 경우 두 약물 모두 전신혈관저항은 감소시키지만 sodium nitroprusside를 투여한 경우에서 심박출량의 증가는 발생되지 않는다.⁴⁾ 그 이유는 sodium nitroprusside의 혈관확장 작용은 주로 용량혈관에서 일어나기 때문이다. Fowler등은⁴⁾ 심장압전을 유발한 동물에 400 ml 정도의 자가 수혈을 시행한 결과 심박출량이 증가하지는 않았으나 sodium nitroprusside(16 $\mu\text{g}/\text{kg}/\text{min}$)를 추가 투여함으로써 심장압전 직후와 비교하여 전부하의 감소에도 불구하고 유의있는 심박출량의 증가가 있었다고 하였다. 따라서 본 연구와 같이 혈장량을 증가시킬 수 있는 pentastarch를 투여한 후 sodium nitroprusside를 사용한 경우에서 수혈 후 sodium nitroprusside를 사용한 경우에서와 심박출량을 증가시키는 효과가 동일하다면 수혈에 비하여 pentastarch를 사용하는 것이 수혈에 따른 부작용 위험이 없으므로 더욱 권장될 수 있는 방법이 될 수 있을 것이다. 그러나 본 연구에서는 pentastarch 투여 후 sodium nitroprusside(5 $\mu\text{g}/\text{kg}/\text{min}$, 10 $\mu\text{g}/\text{kg}/\text{min}$)를 사용한 결과 평균동맥압 및 심박출량의 증가는 나타나지 않았다. 이러한 차이가 나타나는 것은 sodium nitroprusside의 용량 차이에 의한 것이라 생각되며 심장압전시 sodium nitroprusside를 사용할 경우 투여 용량에 따른 신중한 검토가 추가로 이루어져야 할 것으로 생각된다.

본 연구에서 pentastarch와 hydralazine을 사용한 군

과 pentastarch와 dobutamine을 사용한 경우 양군 모두에서 심박출량은 대조치 수준으로 증가되었다. 그러나 평균 동맥압은 pentastarch와 dobutamine을 사용한 경우에서만 대조치 이상으로 증가되었으며 pentastarch와 hydralazine을 사용한 경우에는 평균동맥압이 대조치 수준으로 회복되지는 못하였다. 이는 hydralazine의 혈관 이완 효과에 의한 전신 혈관 저항의 감소에 의한 결과일 것이다.

심장압전시 우심방압은 증가하며 심방에서의 경벽압은 감소한다. 심방에서의 경벽압은 우심방압과 심낭내압의 차이로서 이 압력의 증가는 심방의 이완 능력이 증가됨을 의미한다.^{19~20)} Casale등은²¹⁾ 심장압전이 발생된 환자에서 심낭절개술을 한 후 경벽압의 변화를 연구한 결과 심낭절개술 전에 비하여 심낭절개술 후의 경우에서 경벽압이 의미있게 증가되었다고 하였다. 본 연구에서 심장압전 유발 직후와 내과적 약물을 투여한 후 심낭절개술을 실시하기 직전에 우심방 경벽압을 측정하여 심방 이완 능력의 향상 정도를 관찰하여 보았으나 세 군 모두에서 약물 투여 후 우심방 경벽압의 유의있는 증가는 나타나지 않았다. 결국 우심방압의 증가는 심방 경벽압을 증가시켜 심방 이완 능력을 향상시킬 수 있는데 pentastarch 투여 후 dobutamine, hydralazine 및 sodium nitroprusside를 사용한 경우 우심방압의 상승이 나타나지 않은 결과로 심방 경벽압의 상승은 나타나지 않았다. 따라서 dobutamine과 hydralazine을 사용한 군들에서 심박출량의 상승 효과가 나타난 것은 심방의 이완 능력이 직접적으로 향상된 것이 아니라 심근 수축력 증가 및 후부하 감소에 의해 나타난 것일 것이다.

심장압전의 치료시 빈맥은 관상 혈류 장애를 가져와 심근 산소 공급을 감소시킬 수 있으므로 빈맥의 발생은 방지하는 것이 좋다. 본 연구 결과 1군의 dobutamine 20 $\mu\text{g}/\text{kg}/\text{min}$ 투여 시점에서만 심박동수의 증가가 발생되었다.

심낭절개술을 시행한 후 심박출량과 평균동맥압은 세 군 모두에서 대조치 수준 혹은 그 이상으로 증가되어 나타났다. 이러한 혈액학의 정상치 이상으로의 증가는 심장 기능이 정상적으로 회복되면서 나타나는 반사 작용에 의한 기전으로 생각된다.

결론적으로 심장압전을 유발한 동물에서 pentastarch 단독 투여는 감소된 심박출량 및 평균동맥압

을 정상치 수준으로 회복시키지는 못하였으며 dobutamine이나 hydralazine을 추가 투여함으로써 심박출량을 증가시킬 수 있었다. 평균동맥압은 hydralazine이나 sodium nitroprusside를 추가 투여한 경우에서 정상치 수준으로 회복되지 못하였으며 폐동맥 차단압은 세균 모두에서 심낭절개술을 시행한 후에서도 증가되었다. 따라서 심장압전시 혈액학 개선에 이상적인 약물의 조합은 혈장 증량제와 심근 수축력을 증가시키는 약물을 함께 사용함으로써 우수한 혈액학적 향상을 볼 수 있을 것이며 심낭절개술 후에도 폐동맥 차단압이 증가되어 있으므로 전부하에 대한 신중한 고려가 함께 요구된다.

참 고 문 헌

- Guberman BA, Fowler NO, Engel PJ, Gueron M, Allen JM: Cardiac tamponade in medical patients. *Circulation* 1981; 64: 633-40.
- Millard RW, Fowler NO, Gabel M: Hemodynamic and regional blood flow distribution responses to dextran, hydralazine, isoproterenol and amrinone during experimental cardiac tamponade. *J AM Coll Cardiol* 1983; 1: 1461-70.
- Fowler NO, Holmes JC: Hemodynamic effects of isoproterenol and norepinephrine in acute cardiac tamponade. *J Clin Invest* 1969; 48: 502-7.
- Fowler NO, Gabel M, Holmes JC: Hemodynamic effects of nitroprusside and hydralazine in experimental cardiac tamponade. *Circulation* 1978; 57: 563-7.
- Martins JB, Manuel WJ, Marcus ML, Kerber RE: Comparative effects of catecholamines in cardiac tamponade: Experimental and clinical studies. *Am J Cardiol* 1980; 46: 59-66.
- Frank MJ, Leonard MN, Lesniak LJ, Hilmi KI, Levinson GE: Effects of cardiac tamponade on myocardial performance, blood flow, and metabolism. *Am J Physiol* 1971; 220: 170-85.
- O'Rourke RA, Fischer DP, Escobar EE, Bishop VS: Effect of acute pericardial tamponade on coronary blood flow. *Am J Physiol* 1967; 212: 549-52.
- Jarmakani JM, McHale PA, Greenfield JC: The effect of cardiac tamponade on coronary haemodynamics in the awake dog. *Cardio Vasc Res* 1975; 9: 112-7.
- Schwartz SL, Pandian NG, Cao QL, Hsu TL, Aronovitz M: Left ventricular diastolic collapse in regional left heart cardiac tamponade. *JACC* 1993; 22: 907-13.
- Kaplan LM, Epstein SK, Schwartz SL, Cao QL, Pandian NG: Clinical echocardiographic, and hemodynamic evidence of cardiac tamponade caused by large pleural effusion. *Am J Resp Crit Care Med* 1995; 151: 904-8.
- Chuttani K, Tischler MD, Pandian NG, Lee RT, Mohanay PK: Diagnosis of cardiac tamponade after cardiac surgery: Relative value of clinical, echocardiographic, and hemodynamic signs. *Am Heart J* 1994; 127: 913-8.
- Yilmaz AT, Arslan M, Demirklic U, Kuralay E, Ozal E, Bingol H, et al: Late posterior cardiac tamponade after open heart surgery. *J Cardiovasc Surg* 1996; 37: 615-20.
- Marino PL: *The ICU Book*. 2nd ed. Pennsylvania, Williams & Wilkins. 1998, pp281-3.
- Roizen MF, Fleisher LA: *Essence of anesthesia practice*. 1st ed. Philadelphia, Saunders. pp 495.
- Edward Morgan G, Mikhail MS: *Clinical anesthesiology*. Los Angeles, Appleton & Lange 1992, pp 169-71.
- Schwartz S, Cao QL, Hsu TL, Aronovitz M, Pandian N: Appearance of left ventricular diastolic collapse is delayed when regional cardiac tamponade occurs in hypervolemic conditions. *Circulation* 1992; 86: I-193.
- Gyhra A, Pierart J, Torres P, Prieto L: Experimental cardiac tamponade with a myocardial wound: The effect of rapid intravenous infusion of saline. *J Trauma* 1992; 33: 25-8
- 정남영, 함병문: 개심술 환자에서 혈량증가를 위한 혈장 단백질과 10% 펜타스타치가 심혈관계 및 혈액응고에 미치는 영향. *대한마취과학회지* 1994; 27: 1801-9.
- Marino PL: *The ICU Book*. Pennsylvania, Williams & Wilkins. 1998, pp 10-1.
- Panayiotou H, Haitas B, Hollister AS: Atrial wall tension changes and the release of atrial natriuretic factor on relief of cardiac tamponade. *Am Heart J* 1995; 129: 960-7.
- Casale PN, Fifer MA, Graham RM, Palacios IF: Relation of atrial pressure and plasma level of atrial natriuretic factor in cardiac tamponade. *Am J Cardiol* 1994; 73: 619-3.