

박동류 및 비박동류에 의한 체외순환의 비교

선 경* · 백광제* · 김요한* · 임창영* · 김광택* · 김학제* · 김형묵*

— Abstract —

Comparative Studies of Pulsatile and Nonpulsatile Blood Flow during Cardiopulmonary Bypass

Kyung-Sun, M.D.*, Kwang Je Baek M.D.*, Yo Han Kim, M.D.*, Chang Young Kim, M.D.*
Kwang Taek Kim, M.D.*, Hark Jei Kim, M.D.*, Hyoung Mook Kim, M.D.*

There are so many reports that pulsatile blood flow provides physiologic organ perfusions during cardiopulmonary bypass. So, we compared the recent 30 cases undergoing cardiac surgery by Cobe-Stöckert pulsatile roller pump with another 30 cases by Polystan nonpulsatile roller pump. Pulsatile flow was applied during aortic-cross clamping period when synchronized to internal EKG simulator, and perfusion mode was changed to continuous nonpulsatile flow after declamping of aorta.

Age, sex, weight, and disease entities were comparable and operative techniques were similar between two groups.

1. There were no differences in average ACC time, ECC time, and Operation time.
2. Postoperative artificial respiration time was 6hrs 30mins in nonpulsatile group and 4hrs 48mins in pulsatile group, and detubation time after ventilator weaning was 2hrs 44mins in nonpulsatile group and 1hrs 43mins in pulsatile group.
3. Average pulse pressure was 8mmHg in nonpulsatile group and 55mmHg in pulsatile group, and a mean arterial pressure was 66.0mmHg in nonpulsatile group and 60.7mmHg in pulsatile group.
4. Mean urine-output during ACC;ECC period was 9.7 ± 17.3 ; 9.9 ± 13.2 ml/kg/hr in nonpulsatile group and 14.2 ± 15.0 ; 15.8 ± 17.5 in pulsatile group ($p < 0.05$), and thereafter progressive decrease of differences in urine-output between two groups until POD 2, and lesser amounts of diuretics was needed in pulsatile group during same postoperative period.
Serum BUN/Creatinine level showed no specific difference and urine concentration power was well preserved in both groups.
5. Plasma proteins and other Enzymes showed no differences between two groups, but serum GOT/GPT level was higher in nonpulsatile group till POD 2.
6. Serum Electrolytes showed no differences between two groups.
7. WBC, RBC, Platelet counts, Hgb and Hct were not different and Coagulogram was well preserved in both groups.
8. Plasma free Hgb level was 7.09mg% in pulsatile group compared with 3.48mg% in pulsatile group on POD 1 but was normalized on POD 2.

Gross hemoglobinuria after ECC was noted in 6 cases (20%) of pulsatile group and 4 cases (13%) of

* 고려대학교 의과대학 흉부외과학교실

* Department of Thoracic and Cardiovascular Surgery, College of Medicine, Korea University

nonpulsatile group.

9. In both groups, most patients were included in NYHA class III to IV (28 cases;93% in nonpulsatile group, 22 cases;73% in pulsatile group)preoperatively,and well improved to class I to II(22 cases; 73% in nonpulsatile group, 30 cases; 100% in pulsatile group) postoperatively.

There were 7 operative mortalities in nonpulsatile group only, which were 5 cases of TOF with hepatic failure, 1 case of multiple VSDs with low out-put syndrome, and 1 case of mitral valvular heart disease with cardiomyopathy.

We concluded that the new, commercially available Cobe-Stöckert pulsatile roller pump device was safe, simple, and reliable.

서론

체외순환 중 박동성 혈류가 체순환 및 장기 관류에 미치는 영향은, 그 생리적 효과로 인해 비박동성 정상류에 비해 말초 장기의 기능이 잘 보존될 것으로 기대되며, 실제 많은 보고들이 미세 혈행 개선, 산소 소모 및 대사증가, 말초 혈관 저항 감소 및 증가된 임파액 흐름 등을 증명하고 있다. 특히 뇨량의 증가는 거의 모든 비교 실험에서 관찰되는 바, 본 고려대학교 흉부외과학 교실에서는 비박동성정상류 및 박동류를 사용하여 개심술을 시행한 각 30예를 통해 뇨량 및 신기능, 간기능, 기타 혈액 성분의 변화 등을 비교하여 그 유의성 ($p < 0.05$)을 발견하였기에 보고하는 바이다.

대상 및 관찰 방법

관찰 대상은 가급적 수술 상의 기술적 문제를 배제하기 위해.인접한 기간중에 개심술을 시행한 각 30예씩을 선택하였다. 즉, 1984년 8월부터 12월까지 비박동성 정상류 체외순환을 한 30예를 대조군으로, 1985년 1월부터 3월까지 박동류 체외순환을 한 30예를 관찰군으로 하였다.

Table 1에서 보는 바와 같이, 연령 분포는 대조군의 경우 생후 18개월부터 57세까지 평균 17.0세, 관찰군의 경우 생후 16개월부터 57세까지 평균 20.8세였고, 양군 모두 15세 이하 소아에서 대부분을 차지하였다(대조군 18명 : 60%, 관찰군 17명 : 57%). 남녀비는 대조군 13(43%) : 17(57%), 관찰군 19(63%) : 11(37%)였으며, 체중은 평균 30.3 kg : 29.5 kg로 비슷하였다.

증례는 Table 2에서 보는 바와 같이 대조군의 경우 선천성 심질환 23예(77%), 후천성 7예(23%), 관찰군의 경우 선천성 23예(77%), 후천성 7예(23%)로

Table 1. Age, sex, & weight distribution

Age	Control	Sample	Total
0- 5	10 (33%)	2 (7%)	12 (20%)
6-10	5 (17%)	19 (33%)	15 (25%)
11-15	3 (10%)	2 (7%)	5 (8%)
16-20	3 (10%)	2 (7%)	5 (8%)
21-30	3 (10%)	2 (7%)	5 (8%)
31-40	2 (7%)	3 (13%)	6 (10%)
41-50	2 (7%)	3 (10%)	5 (8%)
51-60	2 (7%)	2 (7%)	4 (13%)
Total	30 (100%)	30 (100%)	60 (100%)
Mean(M)	17.0 YOA*	20.8 YOA	
Sex			
Male	13 (43%)	19 (63%)	32 (53%)
Female	17 (57%)	11 (37%)	28 (47%)
Total	30 (100%)	30 (100%)	60 (100%)
Weight (M)	30.3 kg	29.5 kg	

*YOA (Year of Age)

Table 2. Disease distribution

Disease	Control	Sample	Total
Congenital	23 (77%)	23 (77%)	46 (77%)
VSD	11 (37%)	9 (30%)	20 (33%)
ASD	2 (7%)	8 (27%)	10 (17%)
AP window	1 (3%)	0 (0%)	1 (2%)
TOF	8 (27%)	6 (25%)	14 (23%)
Hypopl. Rt.	1 (3%)	0 (0%)	1 (2%)
Heart synd.			
Acquired	7 (23%)	7 (23%)	14 (23%)
Mitral	5 (17%)	4 (13%)	9 (15%)
Aortic	1 (3%)	1 (3%)	2 (3%)
Combined	1 (3%)	1 (3%)	2 (3%)
Tricuspid	0 (0%)	1 (3%)	1 (2%)
Total	30 (100%)	30 (100%)	60 (100%)

비슷한 분포를 보였으며 후천성 심질환의 경우 양군 모두 신장 판막증이었다.

수술은 양군 모두 정중 흉골 절개후 상행 대동맥에 직경 8 내지 10mm의 Morris 동맥 캐놀라를 삽입하였고 우심방이 및 벽을 통해 상하 대공정맥에 6 내지 10mm의 정맥 캐놀라를 삽입하였다. 심폐기 작동시의 최고 혈압은 100 mmHg를 넘지않았고 평균 혈압은 60 mmHg 이상을 유지하였으며, 저체온을 유지한 대동맥 차단기간중의 관류량은 대개 80 내지 130 ml/kg/min를 보였다. 이때 혈압은 Gould pressure monitor (Model No. : SP 1405)를 사용 요골 동맥 캐놀라 (20 gauge)를 통해 측정하였다.

사용된 심폐기는, 대조군의 경우 Polystan roller pump를 (non-pulsatile, Model No. : HLM 0622) 관찰군에서는 박동류 조절 장치 (PFC II, Model No. : 04-3025-000)가 부착된 Cobe-Stöckert pump(pulsatile, Model No. : 04-3040-000)를 사용하였다. 박동류의 사용은 대동맥 차단 후 심폐기에 내장된 EKG-simulator를 통해 분당 80 내지 100회의 박동수를 유지하였고, 부분 체의 순환 기간이거나 대동맥 차단을 제거한 뒤에는 비박동성 정상류 환원시켰다. 수술 중 심근 보호는 4℃의 찬 심정지액의 투여와 최저 직장 온도 25 내지 32℃의 저체온법, 심낭내에 ice-slush를 채우는 방법으로 평균 심근 온도를 7~15℃로 유지했다. 이때 대동맥 차단 후 심정지액의 투여는 대동맥간 캐놀라를 통해 St. thomas Hospital solution(type II)을 처음 10cc/kg로 투여하여 전 예에서 심정지를 유발시킬 수 있었고 처음 투여 20~30분 후 혹은 EKG나 심근온도를 기준으로 처음 양의 1/2씩 추가 투여하였다. 대조군의 경우 보통의 수액 세트를 통해 저관류성으로 투여함으로써 전량이 투여되는 데 약 2 내지 3분이 소요되었고, 관찰군의 경우 펌프를 통해 120 내지 150 mmHg의 압력으로 투여하여 소요 시간은 약 15 내지 20초가 걸렸다. 산화기는 양군 모두 Bubble type oxygenator(Cobe®)를 사용하였다.

결 과

1. 대동맥 차단 시간 및 체외 순환 시간과 수술에 소요된 시간에서는 양군간에 차이가 없었으나, 술후 평균 인공 호흡기 부착 시간과 ventilator weaning 후 기도삽관을 제거할 때까지의 시간은 관찰군에서 짧은 것을 볼 수 있었다 (Table 3).

Table 4. (Mean)

	Control	Sample
Op. time	3hr 36 min	3hr 28 min
ACC time	47 min	45 min
ECC time	71 min	72 min
Assisted Ventil. time	6hr 30 min	4hr 48 min
Detubat. time after weaning	2hr 44 min	1hr 43 min

수술 전 환자의 협력이 가능한 각 10예에서 시행한 폐기능은 모두 정상범위였으며, 인공 호흡기 및 기도 삽관제거는 Alfred 등이 제안한 기준에 근거하였고, 사용된 인공 호흡기는 Emstrong Erica (Model No. : #56-70200-30) volume-limited Respiator로 Extended MMV 호흡방식을 선택하였다.

2. 맥압형성

그림 1의 a), b)에서 보는 바와 같이, 동일한 관류량에서 형성되는 박동류의 맥압치는 50-60 mmHg로 평균 55 mmHg인 반면, 비박동성 정상류 경우 5-10 mmHg로 평균 8 mmHg 정도로 현저한 차이가 있었다. 그림 1의 c)에서는 관찰군에서 박동류 사용중 동일한 조건 아래 비박동류로 전환시킨 맥압 파형으로 역시 커다란 차이를 보여 주고 있다. 동일한 관류량에서 평균 동맥압은 비박동류군 66.0 mmHg, 박동류군 60.7 mmHg로 차이가 있었다.

3. 뇨량 및 신기능

술전, 대동맥 차단 중, 전체 체외순환 기간 중, 체외 순환 종료 후 첫 6시간 및 다음 6시간 동안과 술후 1일부터 7일까지의 뇨량을 ml/kg/hr 단위로 비교해 본 결과 (Table 4 및 fig. 2), 대동맥 차단 중의 평균 뇨량은 비박동류군 9.7 ± 17.3 ml/kg/hr, 박동류군 14.2 ± 15.0 ml/kg/hr였고, 전체 체외순환 기간 중의 평균 뇨량은 비박동류군 9.9 ± 12.2 ml/kg/hr, 박동류군 15.8 ± 17.5 ml/kg/hr로 현저한 차이가 있었으며, 그 유의차는 0.05 이하였다 (p<0.05). 체외순환 종료 후 첫 6시간 및 다음 6시간 동안의 평균 뇨량은 비박동류군 5.7 ± 4.8 ml/kg/hr 및 2.7 ± 3.4 ml/kg/hr, 박동류군 6.2 ± 7.4 ml/kg/hr 및 2.7 ± 2.8 ml/kg/hr로 양군간에 큰 차이를 보이지는 않으나, 동일 기간중에 사용한 이뇨제 (Lasix)의 양은 비박동류군 1.2mg/kg 및

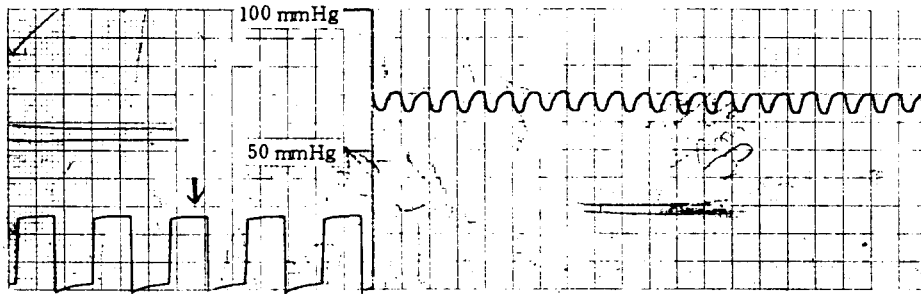


Fig. 1.a. Pressure tracing of Non-pulsatile flow. Arrow indicates control wave (0-25 mmHg).

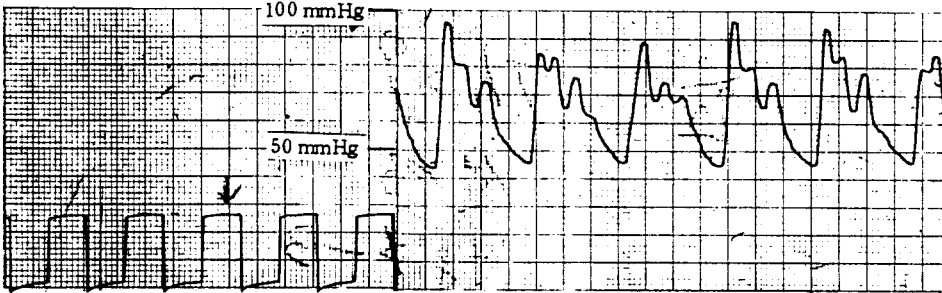


Fig. 1.b. Pressure tracing of pulsatile flow. Arrow indicates control wave (0-25 mmHg).

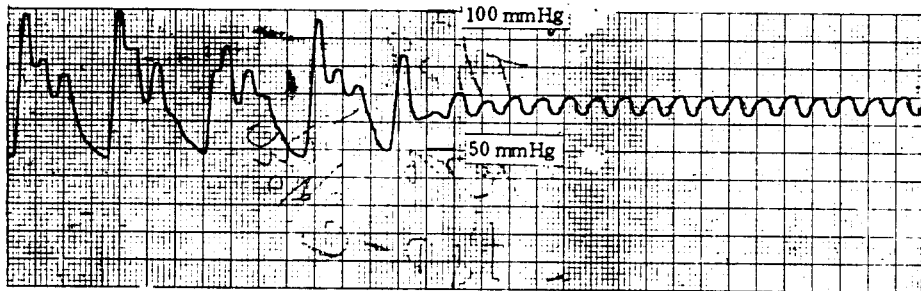


Fig. 1.c. Conversion of pulsatile flow to Non-pulsatile flow in same perfusion flow rate using Cobe-Stöckert pump.

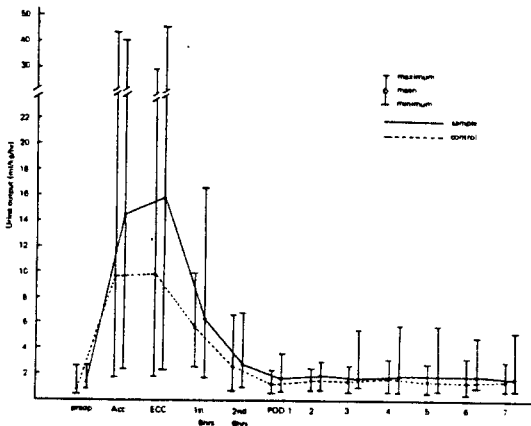


Fig. 2. Urine output (ml/kg/hr)

1.4 mg/kg, 박동류군 0.6mg/kg 및 0.8mg/kg로, 박동류군이 비박동류군보다 소량의 이뇨제를 사용한 것을 알 수 있고, 이러한 소견은 수술 후 2일째까지 지속되었다. 이때 이뇨제의 사용은 결막하 부종 혹은 전신 부종, 간 비대, 복수등의 임상증상과 울혈성 심부전 등이 의심되는 경우에 평균 시간뇨량을 유지하기 위해 적의 사용하였다. Urine SG로 평가한 신장의 농축 능력은 관찰 기간 중에 양군 모두 잘 보존되는 것을 보였다. 혈청 BUN, Creatinine치로 비교한 신기능은 수술 후 1일째에서 비박동류군 38.9 : 1.6mg%, 박동류군 21.5 : 1.2mg%였고, 수술 후 2일째에서는 비박동류군 38.9 : 1.6mg%, 박동류군 21.5 : 1.2mg%로, 비박동류군에

Table 4. Comparison of urine output & urine SG & diuretics: P<0.05

	Urine output (ml/kg/hr)		Urine SG		Lasix (mg/kg)	
	Control	Sample	Control	Sample	Control	Sample
Preop.	1.4±0.9	1.6±0.9	1.020	1.020	1.5	0.9
during ACC	9.7±17.3	14.2±15.0				
during ECC	9.9±13.2	15.8±17.5				
Post ECC						
1st 6 hrs	5.7±4.8	6.2±7.4	1.022	1.028	1.2	0.6
2nd 6 hrs	2.7±3.4	2.7±2.8	1.026	1.029	1.4	0.8
POD 1	1.3±0.9	1.7±1.4	1.024	1.025	2.1	1.0
POD 2	1.5±1.0	1.9±1.6	1.020	1.023	1.0	1.0
POD 3	1.5±1.0	1.6±1.6	1.021	1.021	1.0	1.0
POD 4	1.7±1.5	1.8±1.8	1.018	1.022	1.3	1.0
POD 5	1.5±1.3	1.8±1.6	1.020	1.020	1.5	1.0
POD 6	1.4±1.3	1.9±1.3	1.019	1.021	1.5	1.0
POD 7	1.5±1.2	1.6±1.5	1.019	1.020	1.5	1.6

Table 5. Comparison of renal function

	BUN (mg%)	Creatinine (mg%)
	C/S	C/S
Preop.	12.5/14.1	1.1/1.0
Imm. postop.	16.0/12.5	1.2/1.1
POD 1	38.9/21.5	1.6/1.2
POD 2	38.9/21.5	1.6/1.2
POD 7	17.6/14.2	1.1/1.1

Table 6. Comparison of total protein & albumin

	Protein (g%)	Albumin (g%)
	C/S	C/S
Preop.	7.3/7.3	4.3/4.4
Imm. postop.	5.4/5.5	3.4/3.3
POD 1	6.7/6.6	4.3/4.0
POD 2	7.1/7.0	4.4/4.0
POD 7	6.8/6.7	3.8/3.8

서 약간 높은 수치를 보였으나 큰 차이는 없었다(Table 5).

4. 혈청 단백 및 효소

혈청 단백질의 경우, 수술 직후에는 혈액 회색으로 인해 양군 모두 낮은 수치를 보였으나 수술 후 1일째부터 정상으로 회복하여 수술 후 7일째까지 양군 간의 차이는 없었다(Table 6).

혈청, LDH, CPK치는 개심술 직후 급격히 증가한 후 점차 감소하여 수술 7일째에는 거의 정상으로 회복되었으며 양군간의 차이는 보이지 않았다(Table 7).

혈청 Alkaline Phosphatase, GOT 및 GPT, Bilirubin (total: direct), Thymol turbidity test 치료 비교한 간기능은, 양군 모두 수술 후부터 2일째까지 점차 증가한 후 수술 7일째에는 정상으로 회복되었으나, GOT, GPT의 경우 비박동류군에서 박동류군보다 더 높은 증가치를 보였다(Table 8).

Table 7. Comparison of LDH & CPK

	LDH (IU)	CPK (IU)
	C/S	C/S
Preop.	121/505	72/159
Imm. postop.	1735/1890	351/360
POD 1	1249/1285	489/408
POD 2	1102/1200	273/260
POD 7	843/1002	76/119

5. 전해질

혈청 Na⁺, Cl⁻, K⁺, Ca⁺⁺, Ph⁻, Mg⁺⁺ 치는 관찰 기간동안 양군간에 차이가 없었다(Table 9).

6. 혈구 성분 및 혈액 응고

백혈구 치는 체외순환 직후부터 증가하여 수술 7일째까지 술전치보다는 높은 상태였고 양군 간의 차이는

Table 8. Comparison of liver function test

	Alk.Ph.(IU) C/S	GOT (IU) C/S	GPT (IU) C/S	Bilirubin T:D (IU) C/S	TTT (TU) C/S
Preop.	129/114	23/19	22/20	0.7:0.3/0.8:0.3	2.5/2.9
Imm. postop	62/61	150/139	45/41	0.5:0.2/0.6:0.3	1.9/1.7
POD 1	68/69	133/95	60/50	1.0:0.4/1.5:0.6	0.9/1.1
POD 2	65/63	205/63	302/63	1.9:0.8/1.0:0.7	1.3/1.2
POD 7	83/85	28/29	61/36	0.8:0.3/0.9:0.5	2.1/2.1

Table 9. Comparison of electrolytes

	Na (mEq/L) C/S	Cl (mEq/L) C/S	K(mEq/L) C/S	Ca(mg%) C/S	Ph(mg%) C/S	Mg(mEq/L) C/S
Preop.	140/141	103/102	4.5/4.3	9.5/9.2	4.5/4.0	1.7/1.9
during ECC	133/137	100/97	4.1/4.2			
Imm. postop.	141/137	102/99	3.7/3.8	9.6/11.5	5.1/4.6	
POD 1	139/137	102/99	3.7/3.8	9.4/9.1	5.1/4.8	2.0/2.4
POD 2	136/136	97/94	4.3/4.3	9.1/8.9	2.7/3.4	1.9/2.1
POD 7	134/136	93/93	4.4/4.7	9.5/8.9	2.9/3.6	1.8/1.9

Table 10. Comparison of hematology

	WBC (mm ³) C/S	RBC (10 ⁴ /mm ³) C/S	Platelet(/mm ³) C/S	Hb(gm%) Ht(%) C/S	plasma Hb(mg%) C/S
Preop.	7800/7300	576/489	310000/300000	14.0/13.7 42/41	4.37/3.93
Post ECC	15100/16800			10.16/11.23/1/34	
Imm. postop.	16700/19000		86000/79000	13.5/12.5/41/39	
POD 1	14300/14700	538/470	294000/250000	13.7/12.6/41/38	3.48/7.09
POD 2	14500/14500	512/467	256000/249000	12.9/12.0/39/36	3.40/4.19
POD 7	11100/9900	429/406	359000/336000	12.9/12.3 39/37	3.8/3.9

없었으며, 적혈구, 혈소판, Hgb 및 Hct 치는 체외순환 직후 혹은 수술 종료 직후에 감소되었는데 이것은 혈액 희석의 효과로 생각되며, 수술 다음날부터 점차 증가하여 7일째에는 술전치로 회복되었고, 양군간의 차이는 없었다 (Table 10).

혈구 파괴 정도를 평가하기 위해 측정된 혈청 유리 혈색소치 (plasma Hgb)는 박동류군에 수술후 1일째 7.09mg%로 비박동류군 3.48mg%에 비해 높은 수치를 보였으나, 술 후 2일째부터는 감소하여 7일째에는 양군간에 차이가 없었고, 체외순환 직후 육안적으로 식별한 Hemoglobinuria는 박동류군에서 6예 (20%), 비박동류군 4예 (13%)로 박동류군에서 약간 많았다 (Table 10).

Bleeding time, coagulation time, prothrombin time, partial thromboplastin time치로 평가한 혈액 응고 기전은 수술 직후부터 7일까지 전 기간 동안 양군 간에 큰 차이를 보이지 않았다 (Table 11).

7. 환자 상태

Table 12에서 보는 바와 같이, NYHA classification으로 평가한 환자 상태는, 수술 전의 경우 양군 모두 class III-IV가 가장 많아 대조군 28예 (93%), 관찰군 22예 (73%)를 보였고, 수술 후에는 class I-II로 회복된 경우가 대조군 22예 (73%), 관찰군 30예 (100%)로 가장 많았다. 수술 사망은 관찰군에서는 없었으나, 대조군에서는 7예 (23%)의 사망예를 보였다.

Table 11. Comparison of coagulation system

	BT (Duke/min) C/S	CT(L-W/min) C/S	PT (%) C/S	PTT (%) C/S
Preop.	2'30/2'00	8'00/8'00	85/88	100/100
Imm. postop.	6'30/7'00	7'30/7'30		
POD 1	4'00/4'00	9'00/8'30	85/88	100/100
POD 2	2'00/2'00	7'30/8'00	85/90	100/100
POD 7	3'00/2'20	8'00/8'00	85/90	100/100

Table 12. Comparison of NYHA classification

	Preoperative condition			Preoperative condition		
	Control	Sample	Total	Control	Sample	Total
I	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	15 (50%)	18 (60%)	33 (55%)
II	2 (7%)	8 (26%)	10 (17%)	7 (23%)	12 (40%)	19 (32%)
III	18 (60%)	16 (53%)	34 (57%)	1 (3%)	0 (0%)	1 (2%)
IV	10 (33%)	6 (20%)	16 (27%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)
Death	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	*7 (23%)	0 (0%)	7 (12%)
Total	30 (100%)	30 (100%)	60 (100%)	30 (100%)	30 (100%)	60 (100%)

*Seven mortalities were noted in control group, and they were TOF with hepatic failure (5) MSR with cardiomyopathy (1), and multiple VSD with low output (1).

고 안

일종의 controlled shock 상태인 체외순환 특히 대동맥 차단 기간 중에 말초 장기의 혈류 순환 및 대사 과정을 보존하기 위해, 1975년 Pappas 등에 의해 Intra-aortic balloon pulsation이 사용된 이래 현재 대략 3 가지 형태의 박동성 혈류 구동장치가 고안되었다.

첫째, 왕복 구동형 (Reciprocal type)으로 공기 구동방식과 기계 구동방식으로 나뉘는데 모두 사용상 조작이 복잡하고 역류를 방지하는 판막이 필요하는 등의 단점으로 거의 사용되지 않고 있으며, 둘째, 풍선 펌프 형으로 (Pumping or Pulsatile assisted device : PAD) 보통의 roller pump 수혈 회로 속에 disposable flexible valveless polyurethane Balloon chamber를 삽입하여 부분 체외순환 중에는 심전도의 확장기에 동기 (synchronize) 시키고, 대동맥 차단후 심실 세동 중에는 자체적으로 분당 80회 internal triggering 시킴으로써 박동성 혈류를 얻는 것으로 (fig.3), 조작이 간편하고 체외 순환 종료 후에도 counter pulsator로 사용할 수 있다는 장점이 있어 널리 보급되어

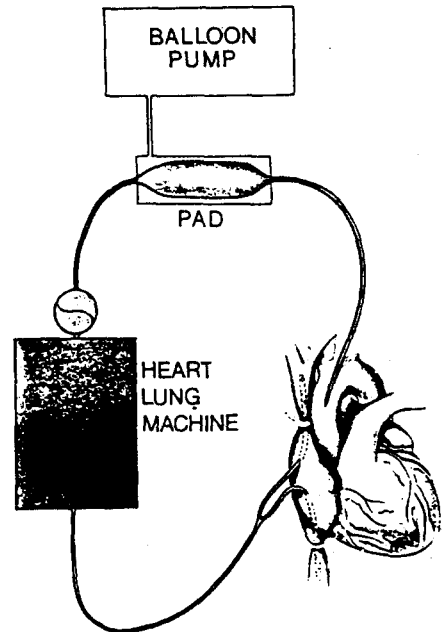


Fig. 3. PAD (Pumping or Pulsatile Assisted Device)

있으나 Balloon의 비용등의 문제로 중증례에서만 사용되고 있다. 세째, 회전 운동형 (Roller type)으로 보통의 Roller pump에 구동장치가 부착되어 pump Head의 고속 회전과 급속 정지를 통해 박동류를 얻는 것으로 그 기능 상, 심전도의 R-R interval 사이 25-75%에 동기 (synchronize) 시킴으로써 보조 순환으로 효과적이며 (External mode), 대동맥 차단 후 심정지 중에는 internal controller에 내장된 EKG simulator를 통해 박동류를 얻을 수 있다 (Internal mode). 이때 관류량은 박동수에 의해 결정된다 (fig.4). 본 장치

여부는 보고자에 따라 차이는 있으나, 대개의 관찰 결과 박동류가 비박동류보다 낮은 체혈관 저항, 적은 수혈량, 높은 관류량, 증가된 임파액의 흐름, 슬루신기능 및 간기능 등의 보존, 심근보호, 적은 폐출혈, 많은 산소 소모량과 조직대사 등으로 보다 나은 세포 내 산소공급과 장기 기능이 보존되는 것을 보여 준다. 특히 장기간의 체외순환을 필요로 하는 경우에는 생리적인 박동류의 사용이 강력히 전해지고 있다.

말초혈관 저항의 경우, 대부분의 보고들이 비박동류군에서 현저하게 증가하여 평균 동맥압의 상승과 더불어 효과적인 박출량을 유지하기 위해 더 많은 양의 수액 및 수혈이 필요하다고 하였다. 실험적으로 Shepard 등은¹¹ 동일한 조건에서 비박동류군의 체혈관저항치가 $3750 \pm 580 \text{ dyne} \cdot \text{cm}^5 / \text{sec}$, 박동류군의 체혈관저항치는 $2920 \pm 640 \text{ dyne} \cdot \text{cm}^5 / \text{sec}$ 라고 보고하였고, Dunn 등은²² 비박동류군 1693 unit, 박동류군 899 unit로 보고하여 양군간에 현저한 차이가 있음을 보여 주었다. David 등은²³ 동물실험을 통해 박동류 시작 후 3-6초내에 저항이 감소하기 시작하며, 이때 관류량이 많을 수록 맥압차는 커지며 저항은 감소하나 혈관저항이 감소함으로써 동일한 관류량에서는 조직의 perfusion은 증가할지라도 이미 혈관이 확장되어 있던 장기의 혈류량은 오히려 감소할 것이라고 제안하였다. 반면에 Wesolowski 등은²⁴ 관류량이 130 ml/kg/min 이상이거나 전체 체외순환 시간이 2시간 이내의 경우에는 양군 간에 차이가 없다고 하였으며, 더 나아가 Boucher 등은²⁵ 혈관 저항, 전체 장기 혈류량, 장기내 부종 정도 등에서 양군 간에 차이는 없으며 다만 체외순환 중 소변양에만 차이를 발견할 수 있었다고 하였다. 그러나 Dunn 등은²² 결론적으로, 말초혈관 저항감소에 따른 장기 혈류의 증가가 박동류의 가장 중요한 점이라고 강조하였다. 이 처럼 체외순환 중에 발생하는 말초혈관 저항의 상승은, 船田등에⁶⁾ 의 하면 신동맥압 및 혈류량의 감소로 인해 Renin-Angiotensin system이 작동하여 혈중 Angiotensin II가 증가하는 것이 그 기전이며 박동류군의 경우 비박동류군에 비해 Angiotensin II의 증가폭이 적다고 하였다. 또한 Aldosteron 분비에 관해서는 양군 모두 혈중 Aldosteron치의 상승과 뇨중 Na/K비의 감소를 보인다고 하였으나, 鈴木등은²⁶ 오히려 양군 모두 높은 수치를 보이거나 그 차이가 심해 유의성을 발견하지 못했다고 한다. 저자의 경우 fig 1-c)에서 보는 바와 같이 동일한 관류량에서 평균 동맥압은 박동류 60.7 mmHg, 비박동류 66.0 mmHg로 차이를 보였다.

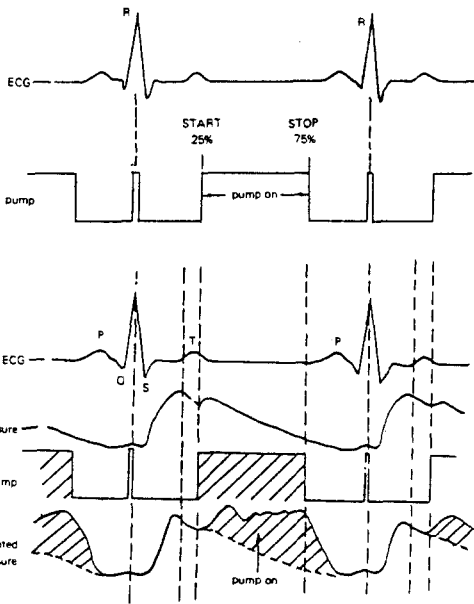


Fig. 4. Pulsatile flow synchronized to EKG or simulator.

의 장점은 조적이 간편하고 박동류 구동장치가 pump에 부착되어 있으므로 수혈 회로 상의 특별한 부속 장치가 필요없어 경비가 절감되며, 소아부터 성인까지 폭넓게 사용할 수 있는 점이며, 문제점으로는 부분 체외순환 도중 환자의 심박동에 동기 (synchronize) 시킬 때 부정맥이나 서맥에 의해 일정한 관류량을 얻기 힘들며 동시에 수혈 회로 속의 내압이 올라 갈 위험이 있다는 것이다. 본 실험에 사용된 Cobe-Stöckert pump의 경우 관류량 및 수혈 회로 속의 내압에 대한 상하한선과 pump박동 시간이 심전도의 R-R과 간격을 넘지 못하게 하는 등의 안전 장치가 있었다.

이러한 구동장치들을 이용한 박동류가 비박동성 정상류와 비교하여 체외순환 기간 중 혈액 관류에 유리한가

산소 소모량 (O_2 consumption) 및 조직대사 (metabolism)의 경우, Shepard 등은¹⁷⁾ Fick's 원리를 사용하여 모든 박동류군에서 산소 소모량이 증가하고 비박동류군에서 체외순환 후 혈중 Buffer Base와 PH가 감소하여 조직의 대사성 산증을 의심할 수 있다고 하였는데, Dunn 등은²⁾ 90 분 이상 체외순환을 한 경우에만 박동류군의 산소 소모와 조직대사가 증가하고, 90 분이 하에서는 조직 대사나 산-염기 평형이 양군 간에 차이가 없다고 하였다. 이러한 실험 결과의 차이는 Dunn 등의 경우 100 ml/kg/min 이상의 고관류 체외순환을 시행했기 때문인 것으로 저자는 분석하고 있다. 그 외에 체외순환 후 혈중 lactate치도 박동류군에서 낮은 것으로 보고되고 있다.^{1,2,3,9)}

임파액의 형성과 류양도 Anabtawi 등과¹⁰⁾ Parson 등의¹³⁾ 실험을 통해 박동류군에 많은 것으로 증명되고 있다.

노량 및 신기능에 대한 여러 보고들 중에, 1976년 Abel 등은¹²⁾ 비박동류를 사용한 개심술의 경우 약 27%에서 중등도 이하의 신부전증 발생을 보고하고 있는 반면, 1977년 Bregman 등은¹⁵⁾ 박동류를 사용한 100예에서 신부전증이 발생한 예는 없었으며, 체외순환 중의 노량에 있어서도 박동류군에서 약 2배정도 많았다고 한다 (박동류군 9.18 ± 0.69 ml/min, 비박동류군 3.90 ± 0.35 ml/min). Dalton 등은¹⁴⁾ 관류량 80-100 ml/kg/min의 조건에서 비박동류군의 경우 수술 후 단백뇨와 미세 혈뇨가 계속되는 것을 보였고 신조직의 미세 경색이 그 원인이라고 하였다. 그 외에 Wilkens¹⁵⁾, Agishi¹⁶⁾, Jacob⁹⁾ 등도 박동류군에서 신기능이 더 잘 유지되는 것으로 보고하고 있으며, Nakayama 등은¹⁷⁾ 박동류군에서 비박동류군보다 10% 이상의 venous return이 증가하며 이것이 말초 장기에 혈액 저류를 방지함으로써 신장기능 및 기타 장기 기능 보존에 도움을 준다고 하였다. 본 예의 경우에도 대동맥 차단 및 전체 체외순환 기간 중의 평균 노량은 박동류군에서 많았으며 ($P < 0.05$) 수술 후 평균 이뇨제의 사용량도 적었다.

체외순환 중 심근 보호의 경우, Bregmann 등은¹³⁾ 125예의 관상동맥질환 혹은 심장 판막증 환자들에서 P.A.D. (Pulsatile Assisted Device)를 사용한 박동류군과 비박동류군 간의 EVR (Endocardial Viability Ratio)의 비교에서 박동류군 1.15 ± 0.04 , 비박동류군 1.58 ± 0.05 로 박동류군이 우수하였으며, 수술 후 Q파의 발현으로 평가한 심근 경색의 발생을 및 수술 후 IABP의 사용 빈도도 박동류군에서 현저히 감소

했다고 한다. Maddoux 등도¹⁸⁾ 박동류 사용 후 심근 대사 및 기능이 증가하고 수술 후 심근 경색 발생율이 감소하는 것을 보고하였다. 특히 심실 세동 기간 중의 심근 보호에 박동류가 의의가 있으며 (Herbal¹⁹⁾), David 등은²⁰⁾ 심박동 중에는 박동류와 비박동류 간에 심근 보호 효과에 차이가 없으며, 오히려 박동류의 경우 관상동맥 및 심내막하층의 혈행을 유지하기 위해 많은 관류량을 필요로 하게 되는 단점이 있다고 하였고, Sc-haff 등은²⁰⁾ 심실 세동 시 관상동맥은 세동심근의 압박을 받으므로 박동류라고 해도 70 ml/kg/min 이상의 관류량을 유지하여야 심내막하층의 허혈을 감소시킬 수 있다고 하였다. 또한 Papis 등²¹⁾은 심실세동에서 박동류가 심근의 lactate치를 감소시키기는 하나 완전히 없애지는 못한다고 하였다.

본 교실의 경우에는, 수술 후 significant Q파의 발현은 비박동류군에서만 1예 있었으며, 수술 후 혈청 LDH, CPK치로 비교한 심근 손상 정도 여부는 양군 간에 차이를 보이지 않았다 (Table 7).

폐기능의 경우, Jacob⁹⁾ 및 Clark²²⁾ 등은 박동류군에서 폐혈류량의 증가와 폐부종의 감소로 수술 후 폐기능이 더 우수하다고 한 반면, Dunn 등은²⁾ 체외순환 후 PaO_2 및 $PaCO_2$ 치는 양군 간에 차이가 없었으며, lung compliance치도 박동류군에서 약간 감소되었으나 유의차는 없었다고 하며, Shepard 등은¹⁷⁾ 오히려 박동류군에서 수술 후 폐부전 발생율이 더 많았다고 한다.

본 교실의 경우에는, 수술 후 인공 호흡 기간과 ventilator weaning 후 기도 삽관 제거까지의 시간을 비교해 본 결과, 박동류군에서 더 짧은 것을 볼 수 있었다 (Table 3).

뇌기능의 경우, Sanderson²³⁾ 과 Wright²⁴⁾ 등은 박동류군에서 조직학적 신경장애가 적었다고 한다.

내분비 계통의 경우, Taylor 등은 비박동류군에서 부신 피질 기능의 저하로 혈중 Cortisol치가 감소한 반면, 박동류에서는 증가하여 수술 중 stress에 대한 부신 피질의 반응이 유지되는 것을 보였고²⁵⁾, TRH에 대한 뇌하수체 전엽의 반응은 비박동류군에서는 감소된 반면, 박동류군에서는 정상인 것을 보였다. Shepard¹⁷⁾ 등은 혈중 catecholamine치에서 양군간의 차이는 없었다고 한다.

박동류에서 우려되는 혈액성분 파괴 여부에 대해, Taylor 등은²⁷⁾ 박동류군에서 혈청 유리 Hgb치가 70 mg% 이상되는 경우는 없었으며, 체외 순환 후 적혈구 및 혈소판 숫자의 감소도 없어 비박동류군과 차이를 발견할 수

없었다고 하며, 鈴木등도⁷⁾ 수술 직후 혈소판의 숫자가 60000/mm³ 이하로 감소하는 경우는 없었다고 한다. Dunn²⁾ 과 Bregman¹³⁾ 등도 박동류군에 용혈이나 혈액응고인자의 변화는 없었다고 한다.

본 교실의 경우에도, 백혈구, 적혈구 및 혈소판의 숫자는 양군 간에 차이가 없었으나, 혈청 유리혈색소치는 수술 후 1일째 박동류군이 7.09mg %로, 비박동류군 3.48mg %에 비해 약간 높았다. 체외순환 직후 육안적 Hemoglobinuria 발생빈도도 박동류군이 6예 (20 %)로, 비박동류 4예 (13 %)에 비해 약간 많았다 (Table 10). 혈액 응고 과정은 양군 간에 차이가 없었다 (Table 11).

1889년부터 1977년까지 78편의 논문을 비교한 constantin²⁰⁾ 은, 박동성 혈류가 세포주위의 diffusion을 증진시키고, 임파액의 유량을 증가시키며, vascular bed의 patency를 유지함으로써 단락 (shunt)를 방지하여 비박동류보다 장기 관류, 심근보호, 산소 소모량 및 조직 대사등의 측면에서 더 나은 효과를 보이고, 비박동류는 말초혈관 저항 및 평균 동맥압을 상승시키며 이것은 관류 시간과 관련이 있다고 결론짓고 있다.

결 론

본 고려대학교 흉부의과학교실에서는 Cobe-Stockert pulsatile roller pump와 Polystan Nonpulsatile roller pump를 사용하여 개심술을 시행한 각 30예 씩을 비교하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 평균 수술 시간, 대동맥 차단 시간 및 체외순환 시간에는 양군 간에 차이가 없었다.

2. 수술 후 평균 인공 호흡시간 및 기도 삽관 유지 시간은 비박동류군 6시간 30분/2시간 44분, 박동류군 4시간 48분/1시간 43분으로 박동류군에서 짧았다.

3. 동일한 관류량에서 형성되는 평균 맥압차는 비박동류군 8mmHg, 박동류군 55mmHg였으며, 평균 동맥압은 비박동류군 66.0mmHg, 박동류군 60.7mmHg였다.

4. 대동맥 차단 기간 및 체외순환기간 중의 평균 뇨량은 비박동류군 9.7±17.3ml/kg/hr 및 9.9±13.2ml/kg/hr, 박동류군 14.2±15.0ml/kg/hr 및 15.8±17.5ml/kg/hr로 현저한 차이가 있었다 (p<0.05). 평균 뇨량의 차이는 점차 감소하여 수술 후 3일째에는 거의 차이가 없었으나, 동일 기간 중 사용된 이뇨제의 평균 양은 박동류군에서 비박동류군보다 소량을 (약 1/2) 사용하였다. 혈청 BUN, creatinine치는 수술 후

1, 2일째 비박동류군에서 약간 증가하였으나 양군간에 큰 차이는 없었으며, urine SG로 평가한 신장 농축능력은 관찰기간동안 양군 모두 잘 보존되어 있었다.

5. 혈청 단백 및 효소의 경우 양군 간에 큰 차이를 발견할 수 없었으나 혈청 GOT, GPT치의 경우 수술 후 1, 2일째 비박동류군에서 박동류군보다 높은 것을 보여 주었다.

6. 전해질은 관찰기간 동안 양군간에 차이를 발견할 수 없었다.

7. 백혈구, 적혈구, 혈소판 숫자와 Hgb, Hct치는 양군간에 차이가 없었으며, 혈액 응고 과정도 차이가 없었다.

8. 혈구 파괴 정도를 알기 위한 혈청 유리 혈색소치는, 수술 1일째 비박동류군이 3.48mg %인 반면, 박동류군은 7.09mg %로 약간 높았으며 2일째부터는 차이를 발견할 수 없었다. 체외순환 직후 뇨에서 육안적 Hemoglobinuria의 빈도는 비박동류군 4예 (13%), 박동류군 6예 (20%)로 박동류군에서 약간 많았다.

9. NYHA classification으로 평가한 수술전후 환자 상태는 양군 모두 비슷한 분포를 보여, 수술 전 class III 내지 IV (비박동류군 28예 : 93%, 박동류군 22예 : 73%)에서 수술 후 class I 내지 II (비박동류군 22예 : 73%, 박동류군 30예 : 100%)로 호전된 경우가 가장 많았으며, 수술 사망은 비박동류군에서는 7예 (23%)였으나 박동류군에서는 없었다.

이상의 결과를 종합하여 볼 때, 1985년부터 본 고려대학교 흉부의과학교실에서 사용하기 시작한 Cobe-Stockert pulsatile pump는 그 사용이 간편하고 안전하며, 체외순환 기간과 수술 후 전반적인 환자 상태 및 뇨량등에서 좋은 결과를 얻었기에 보고하는 바이다.

REFERENCES

1. Shepard, RB, Kirklin, JW: Relation of pulsatile flow to oxygen consumption and other variables during cardiopulmonary bypass. *J. Thorac. Cardiovasc. Surg.* 58:694, 1969.
2. Dunn, F, Kirsh, MM, Hames, J: Hemodynamic, metabolic, and hematologic effects of pulsatile cardiopulmonary bypass. *J. Thorac. Cardiovasc. Surg.* 68:138, 1974.
3. David L Steed, M.D., David M Follette, M.D., Robert Foglia, M.D., James V Maloney, M.D., and Gerald D Buckberg, M.D.: Effect of pulsatile assistance and nonpulsatile flow on subendocardial perfusion during cardiopulmonary bypass. *Ann. Thorac. Surg.* 26, 2:133, 1978.

4. Wesolowski, S A, Sauvage, L R, and Pinc, R D: *Extracorporeal circulation: Role of pulse in maintainance of systemic circulation during heartlung bypass. Surgery* 37:663, 1955.
5. Boucher, J K, Rudy, L W, and Edmund. L Jr: *Organ blood flow during pulsatile cardiopulmonary bypass. J. Appl. Physiol.* 36:86, 1974.
6. 船田 隆ほか: 拍動流体外循環の研究 - Renin Angiotensin 系の検討 - . 人工臓器 8:727, 1979 .
7. 鈴木敏文・前村大成・後藤一雄・藤原 等・東館雅文・紺野 進: Cobe Stockert 拍動流ポンプの臨床経験「胸部外科」第 36 巻 第 7 號 (昭和 58 年 7 月) 別冊
8. Trinkle, J K, Helton, N E, Wood, R C: *Metabolic comparison of new pulsatile pump and a roller pump for cardiopulmonary bypass. J. Thorac. Cardiovasc. Surg.* 58:562, 1969.
9. Jacob, L A, Klopp, E M, Seamon, W, et al: *Improved organ function during cardiac bypass with a roller pump mediated to deliver pulsatile flow. J. Thorac. Cardiovasc. Surg.* 58:703, 1969.
10. Anabtawi, I N, Womach, C E, Ellison, R G: *Thoracic duct lymph flow during pulsatile and nonpulsatile extracorporeal circulation. Ann. Thorac. Surg.* 2:38, 1966.
11. Parsons, R J, and P D, McMaster: *The effects of the pulse upon the formation and flow of lymph. J. Expil. Med.* 68:353-376, 1963.
12. Abel, R M, Buckley, M J, Austen, W G, et al: *Etiology, incidence, and prognosis of renal failure following cardiac operations. J. Thorac. Cardiovasc. Surg.* 71:323, 1976.
13. David Bregmann, M.D., Michael Bailin, Frederick O Bowman, Jr., M.D., Eduardo N Parodi, M.D., Susan M Hanbert, R.N., Richard N Edie, M.D., Henry M Spotnitz, M.D., Keith Reemstmsa, M.D., and James R Malm, M.D.: *A pulsatile asis device (PAD) for use during cardiopulmonary bypass. Ann. Thorac. Surg.* 24:574, 1977.
14. Dalton, M C, Soroff, H S, Birtwell, W L: *The physiologic role of pulsatile and nonpulsatile blood flow. Arch. Surg.* 97:917, 1968.
15. Wilkens, D V M, Regelson, W, Hoffmeister, F S: *The physiologic importance of pulsatile blood flow. N. Engl. J. Med.* 267:443, 1962.
16. Agishi, T, Pierce, E C III, Kert, B B: *Comparison of pulsatile and nonpulsatile pumping for ex vivo renal perfusion. J. Surg. Res.* 9:623, 1969.
17. Nakayama, K, Tamiya, T, Yamamoto, K: *High amplitude pulsatile pump in extracorporeal circulation with partial reference to hemodynamic. Suergery* 54:798, 1963.
18. Maddoux, G, Pappas, G, Jerkins, M: *Effect of pulsatile and nonpulsatile flow during cardiopulmonary bypass on left ventricular ejection fraction early after aortocoronary bypass surgery. Am. J. Cardiol.* 37:1000, 1976.
19. Habal, S M, Weiss, M B, Spotnits, M M: *Effects of pulsatile and nonpulsatile coronary perfusion on canine left ventricular performance. J. Thorac. Cardiovasc. Surg.* 72:742, 1976.
20. Schaff, H V, Ciardullo, R, Flaherty, J J: *Effect of pulsatile perfusion cardiopulmonary bypass in reducing regional myocardial ischemia distal to a critical coronary stenosis (abstract). Circulation* 53:54: suppl. 26:262, 1976.
21. Pappas, G, Winter, S D, Kopriva, C J: *Improvement of myocardial and other vital organ function and metabolism with a simple method of pulsatile flow (IABP) during clinical cardiopulmonary bypass. Surgery* 77:34, 1975.
22. Clarke, C P, Kahn, D R, Dutek, J H: *The effects of nonpulsatile blood flow on cardiac surgery. Ann. Thorac. Surg.* 6:410, 1968.
23. Sonderson, J, Wright, G, Sims, E W: *Brain damage in dogs immediately following pulsatile and nonpulsatile blood flow in extracorporeal circulation. Thorax* 27:275, 1972.
24. Wright, G, Sonderson, J M: *Brain damage and mortality in dogs following pulsatile and nonpulsatile blood flows in extracorporeal circulation. Thorax* 27:738, 1972.
25. Keneth M Taylor, M.B., F.R.C.S., William H Bain, M.D., F.R.C.S., Keneth J Maxted, B.Sc., Margaret M Hutton, M.B., M.R.C. Path., William Y McNab, F. I.M.L.S., and Philip K Laves, M.B., F.R.C.S.: *Comparative studies of pulsatile and nonpulsatile flow during cardiopulmonary bypass II. The effects on adrenal secretion of cortisol. J. Thorac. Cardiovasc. Surg.* 75:574, 1978.
26. Keneth M Taylor, et al (same as above): *Comparative studies of pulsatile and nonpulsatile flow during cardiopulmonary bypass III. The response of anterior pituitary gland to thyrotropin releasing hormon. J. Thorac. Cardiovasc. Surg.* 75:579, 1978.
27. Keneth M Taylor, et al (same as above): *Comparative studies of pulsatile and nonpulsatile flow during cardiopulmonary bypass I. Pulsatile system employed and its hematologic effects. J. Thorac. Cardiovasc. Surg.* 75:569, 1978.
28. Constantin Mavroudis, M.D.: *Pulse or not pulse. Ann. Thorac. Surg.* 25, 3:259, 1978.