

開心術後 早期 血行動態

— 心室中隔缺損症 矯正과 僧帽瓣再建術에 對한 比較 —

文炳倬* · 朴柄淳* · 金相炯* · 李東俊*

— Abstract —

Hemodynamic Studies Early after Open Heart Surgery — Comparison of Repair of Ventricular Septal Defect and Mitral Valvular Reconstruction —

Byoung Tack Moon, M.D.,* Byoung Soon Park, M.D.,*
Sang Hyung Kim, M.D.,* Dong June, Lee, M.D.*

After open heart surgery, the patient must be carefully observed and adequately managed for his survival.

This report reviewed 10 cases of ventricular septal defect and 12 mitral valvular diseases as hemodynamics early after open heart surgery.

For postoperative 24 hours, clinical status was evaluated for left atrial pressure, central venous pressure, ΔP (LAP-CVP), peak systolic pressure, heart rate, urine amount, and other clinical findings.

Especially, on postoperative fourth hour, cardiac output was most decreased, when the changes of monitorings were compared with two groups with or without using cardiotonics.

Finally, we concluded as followings;

1. Postoperatively, variation of CVP was noted in VSD, but mitral valvular disease was more variable change of LAP.
2. ΔP was 1.3 ± 0.4 cmH₂O in VSD, and 6.4 ± 1.2 cmH₂O in mitral valvular disease.
3. Parameter using cariotonic was CVP in VSD, and LAP in mitral valvular disease.

I. 緒 論

開心術後의 早期 患者 관리는 手術의 手法 못지않게 患者의 生存을 위해 重要한데 그 지표에 있어서는 여러가지 變數가 作用한다.

특히 右心室을 切開하는 心室中隔缺損症의 矯正에 있어서는 右心房壓이 心搏出에 對해 重要한 역할을 하

며, 僧帽瓣의 再建術後에는 左心房壓의 적절한 유지가 患者의 회복에 重要하다는 것은 Frank-Stirling's law에 의해¹⁾ 이미 알려진 사실이다. 그러므로 心室中隔缺損症의 矯正과 僧帽瓣의 再建術後에 右心房壓과 左心房壓의 變化를 비교, 검토하는 것은 相當히 의의있는 일이다.

이에 著者는 1982년 1월부터 1983년 6월까지 全南醫大 胸部外科學教室에서 開心術에 의해 치험한 바 있는 心室中隔缺損症과 僧帽瓣疾患을 對象으로 早期 血行動態를 비교, 관찰하는 바이다.

* 全南醫大 胸部外科學教室

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

Table 1. Patient analysis

	Case	Sex		Age(yrs)	Body weight (kg)	BSA(m ²)
		Male	Female			
VSD*	10	6	4	14.5±3.2	37.7±7.5	1.24±0.21
MVD**	12	8	4	29.3±5.4	45.5±6.8	1.39±0.32

*VSD: Ventricular Septal Defect

**MVD: Mitral Valvular Disease

II. 對象 및 方法

1. 患者

1982년 1월부터 1983년 6월까지 全南醫大 胸部 外科學教室에서 실시한 총 78例의 開心術中에서 心室中隔缺損症 10例와 僧帽瓣疾患 12例를 對象으로 하였다. 心室中隔缺損症中 다른 寄型을 同伴한 경우와 僧帽瓣疾患中에서 三尖瓣 혹은 大動脈瓣疾患에 의해 僧帽瓣外的 瓣膜을 矯正시킨 경우는 제외시켰다.

各 患者를 性別, 年齡別, 體重別, 體表面積別로 분류하면 Table 1과 같다.

心室中隔缺損症患者는 大략 15세 내외였으며, 僧帽瓣疾患은 平均 30세 정도였고, 體重은 각각 37.7kg, 45.5kg 였다.

2. 觀察方法

全 患者에서 手術前에 心導子法을 실시하여 pulmonary wedge pressure를 測定해 左心房壓으로 대신하고 尺側皮靜脈에 polyethylene catheter를 右心房 가까이 넣어서 中心靜脈壓을 測定했다. 手術中 右上肺靜脈에 polyethylene catheter를 넣어서 術後에 左心房壓을 測定했는데, 이때 catheter 제거 후에 出血을 줄이기 위해 彈性縫合絲로 pursestring suture를 실시했다.

그러므로써 手術前과 手術後 回復室 도착 즉시, 1 時間, 2時間, 4時間, 8時間, 12時間, 24時間 만에 各 疾患別, 時間別로 收縮期動脈壓, 心搏數, 左心房壓, 中心靜脈壓, 尿量과 일반적인 術後患者의 臨床狀態를 조사하였다. 동시에 左心房壓-中心靜脈壓(LAP-CVP = ΔP)의 時間的推移를 Two-way Anova method의 統計學的인 技法을 使用하여 처리하였다.

3. 手術 및 經過

體外循環을 위한 pump는 Travenol 5-head modular pump를 使用했으며, 酸化器는 shiley bubble ox-

xygenator를 使用했다. 動脈 cannula는 上行大動脈에, 靜脈 cannula는 右心房壁을 통한 上下大靜脈에, 心停止液灌流을 위해서는 12~14 Fr.의 cannula를 大動脈根部에 삽입했다. Vent는 1982년까지는 左心室尖部에 삽입했으나, 1983년부터는 左心室의 손상을 줄이기 위해 心停止液灌流을 위한 cannula에 연결시켜 使用했다.

大動脈遮斷後 心筋保存을 위하여 中等度の 全身低體溫法, 心臟局所冷却法, 그리고 冷血 포타시움 心停止液을 使用했다.

手術方法은 心室中隔缺損症에서는 右心室壁의 冠狀動脈을 피해 右心室을 切開하여 缺損部位를 單純縫合 또는 patch로 閉鎖시켰다. 僧帽瓣疾患에서는 巨大左心房인 경우 3例는 左心房을 切開했으나, 9例에서는 右心房과 心房中隔을 통해 直視下에서 矯正시켰다.

各 疾患에 따른 手術方法은 Table 2와 같다.

Table 2. Operative methods

Disease	Method	Number of patients
VSD	Simple closure	6
	Patch closure	4
	Open mitral commissurotomy	3
MVD	Mitral valvular replacement	9

僧帽瓣代置術時 使用한 人工瓣膜은 2例에서 Björk-Shiley valve 이고, 7例는 Ionescu-Shiley valve 였으며, 한 例에서는 5년전 閉鎖性交連部切除術을 실시한 경우가 있었다.

術後 24時間內的 死亡은 없었으며, patch에 의한 心室中隔缺損症을 矯正한 한 例에서 36時間만에 急性腎下全症으로 死亡하였으며, 心室中隔缺損症을 矯正한 2例와 僧帽瓣再建術을 行한 5例에서는 藥物(Isoprotenerol, Dopamine) 投與로 低心搏出症을 矯正시켰다.

Ⅲ. 觀察結果

1. 人工心肺時間과 大動脈遮斷時間

體外循環時間은 心室中隔缺損症에서는 45~100分(平均 68.0分), 僧帽瓣疾患은 61~198分(平均 107.7分)였으며, 大動脈遮斷時間은 각각 35~80分(平均 51.5分), 45~172分(平均 85.0分)으로 나타났는데, 兩群을 比較하면 Fig.1과 같다.

2. 中心靜脈壓과 左心房壓의 時間的 推移

中心靜脈壓은 手術前에 比해 兩群에서 모두 증가하는 추세를 보였는데, 術後 4時間째 부터 心室中隔缺損症에서는 $16.2 \pm 2.4 \text{ cmH}_2\text{O}$ 로上昇했다가 점점 감소하여 24時間째에 $8.1 \pm 1.4 \text{ cmH}_2\text{O}$ 로 되었는데, 僧帽瓣疾患에서는 術後 4時間째 $9.2 \pm 1.6 \text{ cmH}_2\text{O}$ 였던 것이 24時間째까지 거의 변동이 없는 것으로 나타났다(Fig.2). 이는 中心靜脈壓은 心室中隔缺損症에서 僧帽瓣疾患보다 더 변동이 심하게 나타났다. 즉 心室中隔缺損症에서는 患者가 회복함에 따라 中心靜脈壓이 점차로 감소한다.

左心房壓은 各疾患에서 中心靜脈壓과 다른 양상으로 時間的으로 변하고 있다(Fig.3).

手術後 心室中隔缺損症에서는 術前보다 左心房壓이上昇되고 있는 추세를 보이고 있지만 僧帽瓣疾患에 比해 변화하는 범위가 작다. 僧帽瓣疾患에서는 術後에 회복실 도착 직후 $20.8 \pm 3.2 \text{ cmH}_2\text{O}$ 로 術前에 比해 감소를 보이며 시간이 지남에 따라 점차로 감소해 術後 24時間째는 $10.1 \pm 1.8 \text{ cmH}_2\text{O}$ 로 心室中隔缺損症의 $10.9 \pm 2.4 \text{ cmH}_2\text{O}$ 보다 오히려 감소되어 있다.

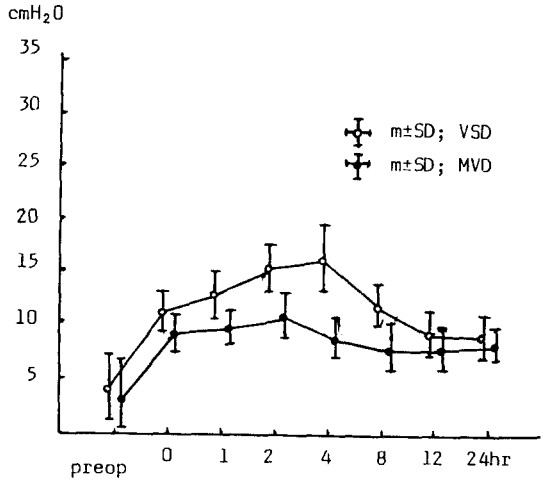


Fig. 2. Time Distribution of CVP.

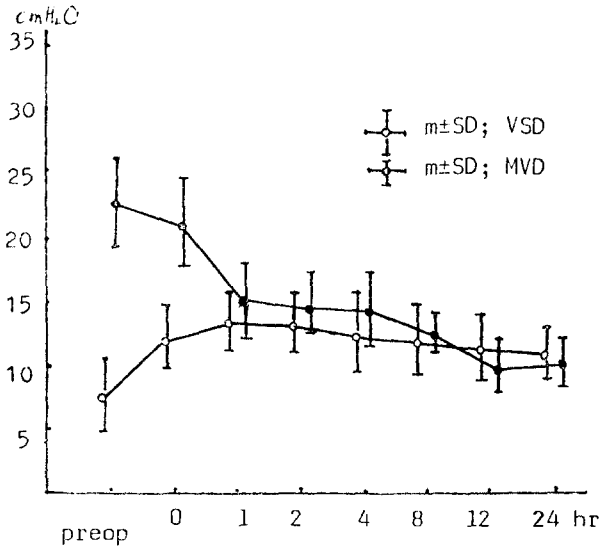


Fig. 3. Time Distribution of LAP.

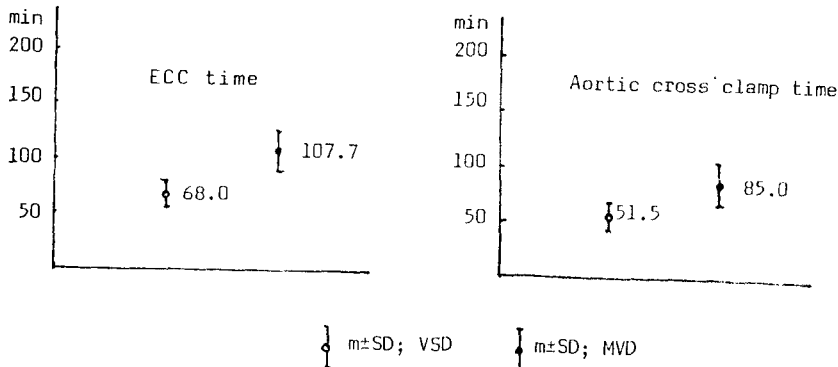


Fig. 1. Extracorporeal circulation & Aortic cross clamp time.

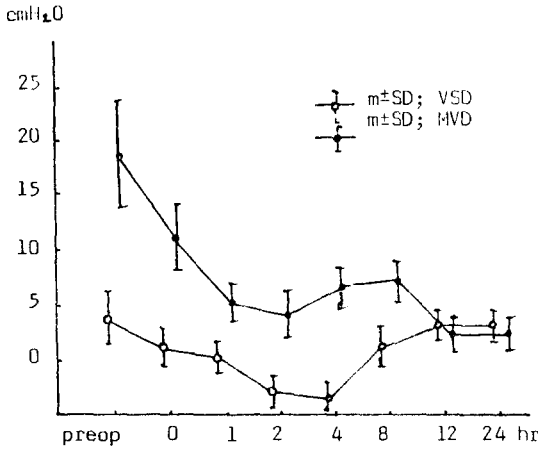


Fig. 4. Time Distribution of ΔP (LAP-CVP)

ΔP (左心房壓-中心靜脈壓)은 각 時間別, 疾患別로 Two-way Anova method의 方法을 利用해 처리하였다 (Fig.4).

心室中隔缺損症에서는 術前에 $3.7 \pm 1.9 \text{ cmH}_2\text{O}$ 였던 것이 術後에는 1時間째까지는 左心房壓과 中心靜脈壓이 거의 비슷하였는데, 術後 4時間째는 오히려 中心靜脈壓이 더 높았으며, 그 이후로는 점점 左心房壓이 더 높아져 術後 24時間째는 $3.9 \pm 2.1 \text{ cmH}_2\text{O}$ 로 나타나 시간이 변함에 따라 ΔP 의 변화가 상당한 意義가 있었다 ($p < 0.01$).

僧帽瓣疾患에서는 術前에는 ΔP 가 $18.2 \pm 4.3 \text{ cmH}_2\text{O}$ 였던 것이 術直後에는 $11.4 \pm 2.6 \text{ cmH}_2\text{O}$ 로 감소되었고, 기는 24時間째에는 $4.2 \pm 2.3 \text{ cmH}_2\text{O}$ 로 약간上昇했다가 감소하는 추세를 보였는데, 心室中隔缺損症에서와 같이 時間의 變化에 따라 意義가 있는 것으로 나타났다 ($p < 0.01$).

兩疾患을 비교해 보면 僧帽瓣疾患에서는 心室中隔缺損症에서 보다는 ΔP 가 더 크다 (6.4 ± 1.2 vs $1.3 \pm 0.4 \text{ cmH}_2\text{O}$, $p < 0.01$). 特히 手術 4時間째에 各疾患의 ΔP 의 差가 가장 컸지만 術後 12時間째 부터는 ΔP 가 비슷했다. 僧帽瓣疾患에서는 術後에 항상 左心房壓이 中心靜脈壓보다 더 높았지만 心室中隔缺損症에서는 術後 初期에는 오히려 中心靜脈壓이 더 높은 것을 알 수 있었다.

3. 收縮期動脈壓과 心搏數의 時間的 推移

各疾患에 對한 收縮期壓의 時間的 變化는 Fig.5와 같은데 共히 $100 \sim 120 \text{ mmHg}$ 로 유지하고 있으나 僧帽瓣疾患에서 약간 더 變化를 보이고 있다.

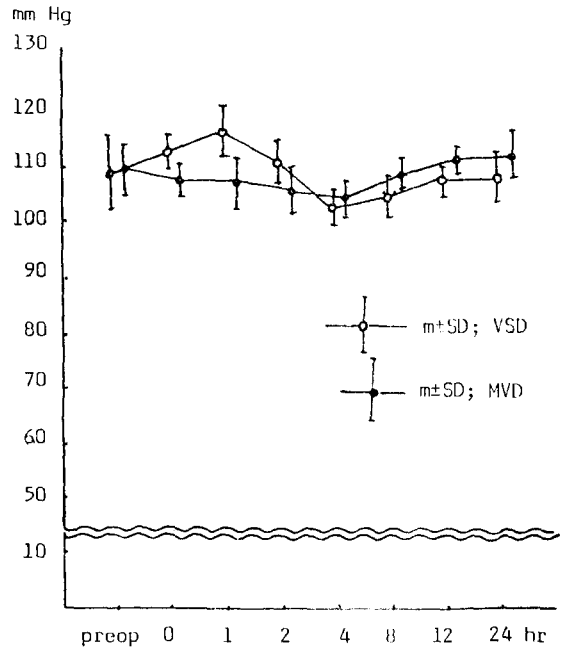


Fig. 5. Time Distribution of Peak Systolic Pressure

Fig. 6 Time Distribution of Heart Rate

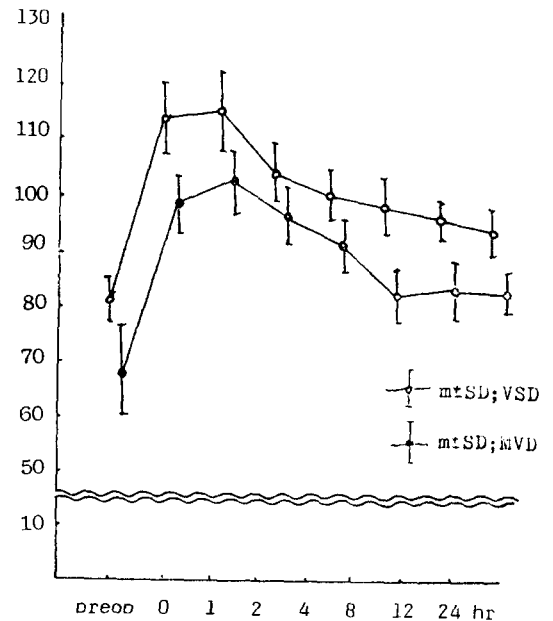


Fig. 6. Time Distribution of Heart Rate.

心搏數는 일반적으로 心室中隔缺損症에서 더 많았으며, 兩疾患에서 術後 1時間에 最高에 달하고 있다. 그 후부터는 점차로 감소되어가는 경향을 보여 Fig. 6에서 나타나는 바와 같이 거의 비슷하게 변화한다.

24時間째에는 心室中隔缺損症에서는 $93.2 \pm 4.2/\text{min}$, 僧帽瓣疾患에서는 $85.2 \pm 3.5/\text{min}$ 으로 나타나고 있다.

4. 尿量の 時間的 推移

心室中隔缺損症에서는 術後 24時間 동안에 尿量이 $2.1 \pm 0.3\text{ml/kg/hour}$ 였으나, 僧帽瓣疾患은 $1.5 \pm 0.2\text{ml/kg/hour}$ 로 心室中隔缺損症에서 더 많으며, 時間別 尿量の 變化는 Fig.7과 같다.

그러나 尿量の 時間에 따른 變化는 크게 意義가 없는데 이는 術後에 不規則的으로 利尿劑를 靜脈內 投入했기 때문이다.

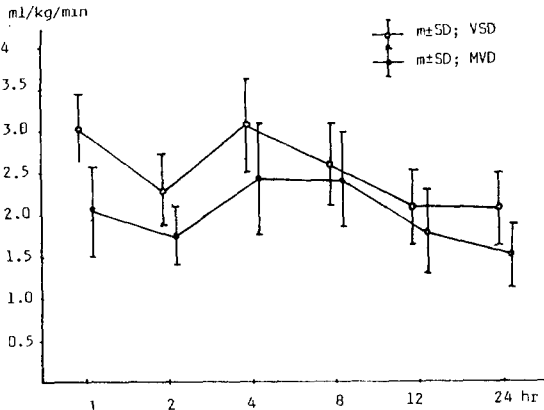


Fig. 7. Distribution of urine Amount

5. 術後經過

全例中 術後 24時間內에 死亡은 없었는데, 心室中隔缺損症을 矯正한 1例에서 36時間만에 腎不全症으로 死亡했다.

22例에서 藥物(Isoproterenol, Dopamine)을 投與한 경우는 心室中隔缺損症에서 2例, 僧帽瓣疾患에서 5例로 총 7例였는데, 이는 人工心肺器를 제거 후 收縮

期動脈壓이 90mmHg 이하이거나, 육안적으로 心臟의 운동이 약할때 부터 使用하기 시작하였다.

一般的으로 術後 3~6時間째에 心搏出이 가장 低下되는 경향이 있으므로 術後 4時間째의 각종 測定值를 疾患別과 藥物의 使用有無에 따라 비교했다 (Table 3).

心搏動數는 兩疾患에서 藥物을 投與하지 않는 경우보다 投與한 경우에 증가되어 있는 양상을 보이고 있다.

中心靜脈壓은 心室中隔缺損症을 矯正한 경우에는 藥物을 投與해야 되는 患者에서 상당히 증가하고 있는 반면, 僧帽瓣疾患에서는 藥物投與와 무관하게 유지되고 있으며, 左心房壓은 僧帽瓣疾患에서 藥物의 使用有無에 따라 상당한 意義가 있는 것으로 나타나고 있다 ($p < 0.01$).

ΔP 는 藥物을 使用한 患者에서 큰 차를 보이고 있는데, 心室中隔缺損症에서는 術後 4時間째의 數值가 마이너스로 右心室의 機能이 完全히 회복되지 않았음을 示唆하고 있다.

대체적으로 藥物을 使用해야 하는 경우에 그 지표로는 收縮期壓을 제외해 놓고, 心室中隔缺損症을 矯正한 후에는 心搏動數, 中心靜脈壓이 적용되고, 僧帽瓣疾患에서는 心搏動數, 左心房壓이 적용될 것이다. 그리고 術後 4時間째의 測定值에 있어서는 患者의 生存에 重要하므로 各別히 注意를 要해야 할 것이다.

IV. 考 察

開心術後 早期의 血行動態의 管理는 患者의 回復에 대단히 중요하며, 特히 低心搏出症을 早期에 發見하고 適切한 治療를 해야 한다^{2,3,4)}.

Ronald²⁾ 등은 Table 4에 나타나는 事項이 2時間

Table 3. Comparison of Hemodynamic State at Postoperative 4th hour

Monitoring Disease	Cardiotonics(n)	BP (mmHg)	HR (beats/min)	CVP (cmH ₂ O)	LAP (cmH ₂ O)	ΔP (cmH ₂ O)	urine amount (ml/kg/hr)
VSD	not used(8)	112±8	94± 9	14.7±2.4	12.4±3.7	-2.4±0.3	3.2±1.1
	used (2)	109±6	127±14	19.3±0.5	13.1±3.9	-6.2±1.2	1.4±0.5
	significance	no	P<0.01	P<0.01	no	P<0.01	P<0.01
MVD	not used(7)	119±5	86± 7	9.4±2.6	12.6±1.1	2.2±0.7	2.7±0.4
	used(5)	108±4	102±18	10.2±3.8	16.1±4.3	6.9±2.3	1.1±0.7
	significance	no	P<0.01	no	P<0.01	P<0.01	no

Table 4. Clinical and monitored signs in low output syndrome

CLINICAL	
Blood pressure:	below 80 to 90mmHg systolic
Central venous pressure:	ring, especially above 15cmH ₂ O
Urine output:	below 25ml/hr for 2 hours
Extremities:	cold, pale or cyanotic with slow capillary filling time
MONITORED	
Cardiac index:	below 2.0 L/min/M ²
Stroke index:	below 25ml/M ² /beat
Total peripheral resistance:	above 1,800 dyne-sec.-cm ⁻⁵
O ₂ consumption:	below 100 ml/min/M ²
Lactic acid:	above 20mg%

(From: Ronald, H.D., et al.: Low output syndrome. J. Thorac. Cardiovasc. Surg. 57:149, 1969)

동안 계속 있으면 低心搏出症으로 看做하고 될 수 있는데로 빨리 治療를 시작해야 된다고 한다.

術後에 心動作에 영향을 끼치는 인자는 Kirklin⁹⁾ 등에 의하면 다음 몇가지로 요약된다. 즉 ① 解剖學的 病變, ② 手術造作, ③ 心室流出路抵抗, ④ 灌流直後血液投與, ⑤ 術後血液投與, ⑥ 回復하는 段階, ⑦ 呼吸狀態, ⑧ Digitalis 投與 등이 대두되고 있다.

心搏出은 開心術後 3~6時間제에 가장 떨어지고 7일째에 正常으로 돌아온다고 하며 어떤 경우는 6개월 혹은 그 이상까지 心機能 障礙가 지속된다⁶⁾. 그러므로써 術後 첫 6時間 동안 患者의 狀態를 철저히 관찰하는 것이 重要하다.

Sarnoff 과 Berglund⁷⁾에 의하면 心臟은 一定한 充填壓이 있어야 그 機能이 가장 適切해진다고 한다. 즉 僧帽瓣疾患으로 인해 左心室이 肥大해지면 左心房壓이 높아지고, 右心室을 切開하고 心室中隔缺損症을 矯正한 경우는 術後에 右心房壓이 높아진다.

心房壓은 Berglund⁸⁾에 의하면 心室의 收縮力, 伸展性, 動脈抵抗 등에 의해서 結定된다고 하며, 이는 各 疾患과 各 患者에 따라 약간의 差異가 있다.

心房收縮은 二重方向의 効果에 의해 이뤄지는데 前方向은 心室收縮의 直前に 心室內 血液量을 增加시키고 心房과 心室間의 瓣膜密閉를 돕고 있으며, 後方向은 平均 心房壓이 감소되므로써 靜脈의 流入을 원활히 하도록 한다. 그렇기 때문에 적절한 心房收縮의 缺如는 心臟의 펌프 역할에 대한 障礙를 초래하게 된다.

그 障礙 정도는 Guyton⁹⁾에 의하면 32~42%라고 한다.

右心室을 切開한 경우에 손상받은 右心室에문에 적절한 心搏出을 유지할 수 없다. Austen¹⁰⁾에 의하면 右心室을 切開하고 실시하는 開心術後에는 右心房의 收縮力은 장애를 받지 않기 때문에 右心機能은 正常이라고 하지만 右心室切開後에는 右心房壓이 증가하고 三尖瓣不全症이 초래된다. 동시에 右心房壓의 증가는 左心房壓의 증가를 초래하는데 이는 右心室不全에 의한 左心室力學的 變化에 의한⁹⁾.

平均 右心房壓은 일반적으로 右心室弛緩末期壓보다 더 낮다. 그런데 右心室切開後에는 前보다 오배정도 증가되는 것을 볼 수 있는데, 이는 右心室機能의 障礙가 있음을 의미한다⁹⁾.

正常에 있어서는 右心房壓이 절대로 左心房壓까지 증가하지는 않지만 右心室不全症이 있는 경우는 右心房壓이 左心房壓보다 더 크게 된다⁹⁾. 本 結文에 있어서 心室中隔缺損症의 矯正後에는 ΔP가 초기에 감소했다가 患者가 회복함에 따라 점점 증가되는 현상을 보이는 것은 右心室機能이 회복되고 있음을 지적한다.

Kloster¹¹⁾에 의하면 正常에서 左心房壓이 右心房壓보다 높은 것은 左心室機能이 低心搏出症에 더 큰 영향을 끼치기 때문이라고 한다.

心室收縮의 에너지源은 左心室의 preload가 증가하면 증가되는데, preload는 心筋纖維가 收縮直前に 擴張되는 量을 말하며¹⁾, 重한 患者에 있어 水液供給에 대한 流入量의 증가는 左心室의 preload의 증가와 左心室放出端數(LVEF)의 증가에 依하므로 水液投與에 對한 左心室의 반응이 중요하다¹²⁾. 아울러 左心房壓의 變化는 肺靜脈의 擴張能에 있는 것이 아니고 肺血량에 依하므로 肺靜脈壓의 變化는 左心房壓의 變化와 一致한다. 術前に 肺血管疾患이 동반되는 心室中隔缺損症의 矯正後에는 右心室機能 장애가 흔히 초래되는데¹³⁾, 이때는 右心房壓은 術前보다도 術後에 右心室機能에 重大한 영향을 끼친다⁹⁾.

적절한 心房收縮이 術後에 회복되지 않는다면 類脈에 의한 心室機能이 어느정도 유지되는데, 이에 대한 기전은 확실치 않고, 급속히 반복되는 자극에 의한 筋收縮이 계속되기 때문인 것으로 알려지고 있다⁹⁾. 그러므로 開心術後에 心搏動을 調節하는 장치를 마련해둘 必要가 있다.

各 疾患의 開心術後 ΔP의 變化는 특징적으로 나

타나는데⁵⁾, 心室中隔缺損症의 矯正後에는 左心室에 비해 右心室機能이 증가하므로 ΔP 도 증가하고, 心室中隔缺損症의 矯正을 위해 右心房을 切開한 경우는 ΔP 가 크나, 右心室을 切開한 경우는 ΔP 가 작다. 그리고 大動脈瓣을 矯正시킨 경우는 左心室의 擴張能이 右心室보다도 감소하여 ΔP 는 커진다.

一般的으로 人工心肺器의 使用을 中止할때 산화기내의 血液을 動脈 Cannula 를 통해 心房壓이 20~25 mm Hg 정도되게 注入하므로써 術後에 적절한 心搏出을 유지하게끔 하는 方法도 있으나^{6,14,15)}, Goor¹⁶⁾ 등에 의하면 患者는 각기 術前의 左心房壓을 유지하는 것이 心搏系數와 全身血管에 대한 저항에 이롭고, 이는 術前에 心導子法을 실시하여 結定되어진다고 한다.

V. 結 論

全南醫大 胸部外科學教室에서는 1982년 1월부터 1983년 6월까지 10例의 心室中隔缺損症의 矯正과 12例의 僧帽瓣再建術을 開心術에 依해 시행한 結果, 早期血行動態面에서 다음과 같은 結論을 얻었다.

1. 各 患者에 있어 左心房壓과 中心靜脈壓이 증가할수록 心搏出量은 감소하고 心搏動數는 증가하며 收縮期壓은 큰 변화가 없었다.

2. 術後 4時間에 收縮期壓이 가장 떨어지며 이때의 中心靜脈壓은 心室中隔缺損症을 矯正한 경우에 가장 증가되어 있으며, 그 이후부터는 점차로 감소되기 시작하고 僧帽瓣再建術을 시행한 경우는 이때부터 감소하기 시작했다.

3. 左心房壓은 心室中隔缺損症을 矯正한 경우는 큰 변화없이 유지되지만 僧帽瓣再建術後에는 그 변화하는 정도가 심하며, 患者가 회복함에 따라 점차로 감소하는 경향을 보였다.

4. ΔP 는 心室中隔缺損症 矯正後보다 僧帽瓣再建術後에 더 큰 범위에 있었으며, 術後 12時間에 부터는 거의 비슷해졌다.

5. 術後 22名의 患者中 7名에서 적절한 心搏出을 위해 藥物投與를 실시하였으며, 그 指標로는 心室中隔缺損症에서는 中心靜脈壓, 僧帽瓣疾患에서는 左心房壓이 使用되었다.

REFERENCES

1. Starling, E.H.: *The Innace on the law of heart*

(presented at cambridge university, 1915). London, Longmans, Green, 1918.

2. Ronald, H.D., Robert, A.E.: *Low output syndrome. J. Thorac. Cardiovasc. Surg.* 57:149, 1969.
3. Ganz, W., Donoso, R., Marcus, H.S.: *A new technique for measurement of cardiac output by thermal dilution in man. Am. J. Cardiol.* 27:392, 1971.
4. Richard, E.T., Frank, G.S., Henry, T.B.: *Estimation of cardiac output soon after intracardiac surgery with cardopulmonary bypass. Ann. Surg.* 150:613, 1959.
5. Kirklin, J.W., Theye, R.A.: *Cardiac Performance after open intracardiac surgery. Circulation* 28:1061, 1963.
6. Rastelli, G.C., Kirklin, J.W.: *Hemodynamic state early after prosthetic replacement of mitral valve. Circulation* 34:448, 1966.
7. Sarnoff, S.J., Berglund, E.: *Ventricular function: I. Starling a law of the heart studied by means of simultaneous right and left ventricular function curve in the dog. Circulation* 9:706, 1951.
8. Berglund, E.: *Ventricular function. VI. Balance of left and right ventricular output: Relation between left and right atrial pressure. Am. J. Physiol.* 178:381, 1954.
9. Guyton, R.A.: *The contribution of atrial contraction to right heart function before and after right ventriculotomy. J. Thorac. Cardiovasc. Surg.* 71:1, 1976.
10. Austen, W.G., Greenfield, L.J., Ebert, P.A., Morrow, A.G.: *Experimental study of right ventricular function after surgical procedures involving the right ventricle and pulmonic valve. Ann. Surg.* 155:605, 1962.
11. Kloster, F.E., Bristow, J.D.: *Serial Cardiac output and blood volume studies following cardiac valve replacement. Abstract. Circulation* 31:127, 1965.
12. Calvin, J.E., Driedger, A.A., Sibbald, W.J.: *The Hemodynamic effect of rapid fluid infusion in critically ill patients; Surgery* 90:61, 1981.
13. Kerr, A.R., Kirklin, J.W.: *Effect of rapid increase of blood volume on atrial pressure and pulmonary blood volume. Ann. Surg.* 127:278, 1970.
14. Kouchoukos, N.T., Sheppard, L.C., Kirklin, J.W.: *Effect of alternations in arterial pressure on cardiac performance early after open intracardiac operation.*

- J. Thorac. Cardiovasc. Surg.* 64:563, 1972.
15. Tarhan, S., White, R.D., Moffitt, E.A.: *Anesthesia and postoperative care for cardiac operation.* *Ann. Thorac. Surg.* 23:173, 1977.
16. Goor, D.A., et al.: *Calculated preoperative mean left atrial pressure as a guide to volume load at the termination of aortocoronary bypass operation.* *Ann. Thorac. Surg.* 35:380, 1983.
-