

定量的 左心室 映畫 撮影術

— 45°右側前斜像의 長點 —

서울大學校 醫科大學 放射線科學 教室

林 泰 煥 · 韓 萬 青

— Abstract —

Quantitative Cine-Leftventriculography — Superiority of 45° RAO View to Straight AB View —

Tae Hwan Lim, M.D., Man Chung Han, M.D.

Department of Radiology, College of Medicine, Seoul National University

The volumetry by cineangiocardiology is known to have the most diagnostic and prognostic value in the evaluation of various valvular heart diseases and ischemic heart diseases. Although many authors favor the area-length method for the volumetry of left ventricle, 45° RAO projection seems to be more simple, inexpensive and accurate technique, considering the positional relationship of cardiac valves and obliquity of the long axis of left ventricle within the chest cage.

Authors present the anatomical, geometrical and radiological basis for the superiority of 45° RAO projection by analyzing 20 normal heart specimen and 115 cineangiocardigrams of valvular heart disease, and the results as follows;

1. Blood flow and motility of the mitral and aortic valves can be more clearly demonstrated by 45° RAO projection than by AP view.
2. The long diameter of left ventricular silhouette made 45° RAO projection reflects 90% or more of real diameter.
3. In RAO 45° position, patient's left nipple is optimal and convenient level for the ruler offering accurate magnification coefficient of left ventricle.
4. Ejection fraction after the extrasystole is exaggerated regardless of the left ventricular function, so it is desirable to exclude the 2 or 3 beats after extrasystole.

I. 緒 論

左心室映畫撮影術은 各種 心臟瓣膜疾患, 虛血性心臟疾患 그리고 여러 心筋性疾患에 있어서 瓣膜의 運動像, 血行, 心臟壁의 運動像等を 잘 나타내 줌으로써 매우 높은 診斷的 價値를 가질 뿐만 아니라 左心室機能의 가장 重要的 尺度가 되는 收縮期末 左心室容積, 擴張期末 左心室容積 그리고 心搏出比等を 正確히 反映함으로써 그 豫後的 價値는 더욱 強調되고 있다^{1,6)}.

이제까지 左心室映畫撮影術에 의한 左心容積의 測定方法으로는 前後像과 側面像을 利用하는 方法⁷⁻⁹⁾, 前後像만을 利用하는 方法^{10,11)}, 45° 右側前斜像을 利用하는 方法¹²⁾ 등이 여러 學者들에 의해 紹介되어 왔으며 各方法들 間에 測定誤差는 크지 않은 것으로 알려져 있으나¹⁰⁾ 大部分의 學者들은 Dodge 등의 兩面撮影에 의한 面積-길이 換算法 (area-length method) 을 사용하고 있다¹⁰⁾. 그러나 心臟 膜들의 相互 位置關係와 心軸의 方向等を 考慮할때 45° 右側前斜像은 다른 方法들에 비해 簡便하고 經濟의 일 뿐만 아니라 血行 및 瓣膜

運動의 觀察 그리고 左心室容積의 測定에 있어서도 優秀한 點들을 가지고 있다고 믿어진다.
 著者들은 左心室映畫攝影術에 있어서 45° 右側前斜像의 優秀性を 解剖學的, 幾何學的 및 放射線學的으로 證明할 目的이 研究를 시도하였으며, 또한 左心室容積測定時의 一般的인 誤差因子에 關하여 考察하고자 한다.

Ⅱ. 對象 및 方法

1. 左心室 및 心臟辨膜의 解剖學的 考察

서울大學校 醫科大學 病理學教室에서 剖檢을 實施하였던 20週 以上 胎兒의 正常心臟 20例를 對象으로 大動脈瓣과 僧帽瓣의 位置關係를 分析하였고, 左心室을 橫으로 切斷하여 左心室腔의 解剖學的 構造를 觀察하였다.

2. 左心室長軸의 傾斜度에 對한 幾何學的 考察

左心室長軸은 大動脈瓣의 中心部부터 心尖에 이르는 直線을 意味하며 心尖은 大動脈瓣의 左·下·前方에 位置하므로 心軸은 胸腔內에서 相當한 傾斜를 보이게 된다 (Fig. 1). 따라서 前後像에서는 左心室長軸이 實際 길이보다 짧게 投影되며, 患者를 右側前斜位로 하는 境遇 心軸의 傾斜度는 相殺되어 左心室長軸의 長이를 正確히 反映하게 된다. 이러한 心軸의 傾斜度를 幾何學的으로 分析하여 左心室長軸의 實際長이를 反映하는 右側前斜位의 角度를 求하였고, 45° 右側前斜像에서의 左

心室長軸의 實際長이 反映率을 求하였다. 左心室長軸의 傾斜度는 前後像과 側面像에 投射된 左心室長軸이 各各 任意의 橫軸과 이루는 角度로 定義하였다 (Fig. 1).

3. 左心室映畫攝影術

1979年 5月以後 13個月동안 서울大學病院 放射線科에서 後天性 心臟瓣膜疾患患者를 對象으로 實施하였던 115例의 左心室映畫攝影術을 觀察하고 左心室容積算出時의 觀察誤差 (observation error)의 主된 原因이 되는 期外收縮과, 正確한 心臟擴大率 (magnification coefficient)을 얻기위한 計測자 (ruler)의 位置等에 關하여 考察하였다.

Ⅲ. 成 績

1. 解剖學的 考察

1) 大動脈瓣과 僧帽瓣의 位置關係: 特殊한 先天性 心臟畸形이 없는한 僧帽瓣은 大動脈瓣의 左·後·下方에 位置하고 두 瓣膜사이의 連結은 얇은 纖維組織으로 이루어져 있었다 (fibrous continuity). 僧帽瓣前葉의 中心과 大動脈瓣의 中心을 連結하는 直線 (mid-mitral line)이 心房中隔과 大動脈瓣의 中心을 連結하는 直線 (atrial septal line)과 이루는 角을 $\angle AM$ 이라 하고 (Fig. 2), $\angle AM$ 으로 僧帽瓣과 大動脈瓣의 位置關係를 比較하였다. 正常心臟 20例에서의 $\angle AM$ 은 35°乃至 60°의 分布를 보였고 平均은 46°로 (Tab-

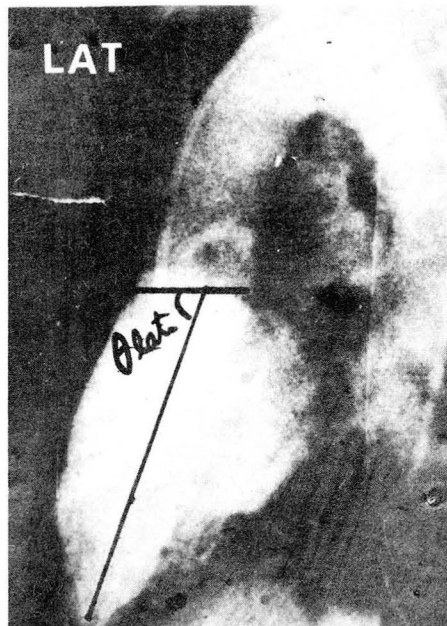
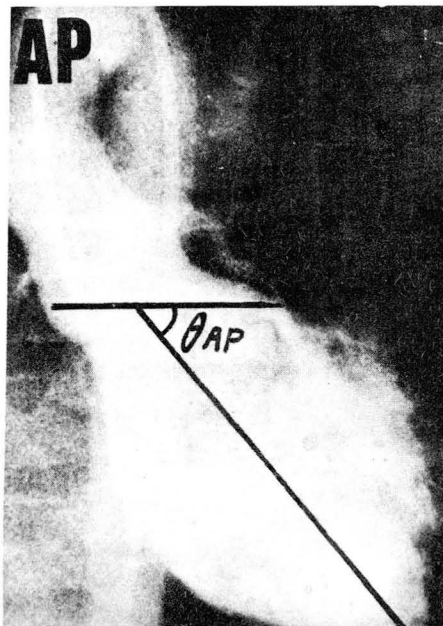


Fig. 1. Definition of obliquity of LV long axis.

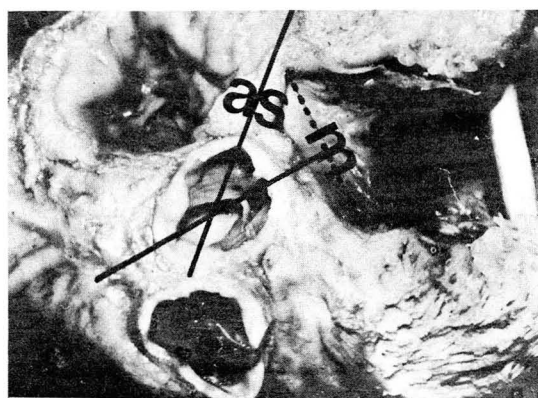


Fig. 2. Cross-sectional anatomy of the heart base.
<AM: Angle between atrial septal line and mid-mitral line.

as: atrial septum.

m: anterior leaflet of mitral valve.

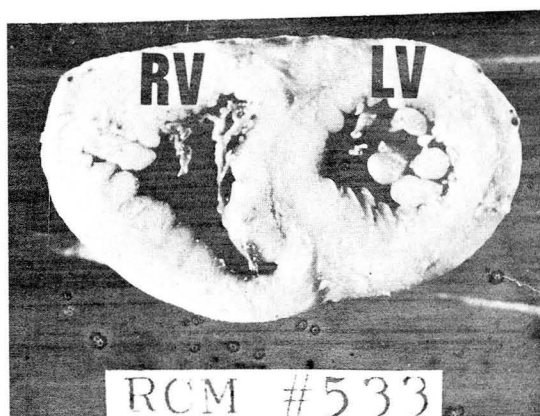


Fig. 3. Cross-sectional anatomy of right and left ventricle.
Outline of LV cavity is round, hence short diameters are of almost same lengths.

Table 1. 1) Positional Relationship Between Aortic and Mitral Valve.

2) Comparison of Lengths of the Two Short Diameters of LV.

Case	No.	Sex	Body wt.	Age	< AM	D/D'
RCM	319	F	2.2 kg	40 Wks	35	1.06
RCM	336	F	1.8 kg	34 Wks	37	1.05
RCM	356	M	1.1 kg	26 Wks	60	1.07
RCM	447	M	2.0 kg	28 Wks	55	1.04
RCM	462	M	2.2 kg	37 Wks	45	1.07
RCM	464	M	1.0 kg	24 Wks	50	1.00
RCM	474	F	1.2 kg	31 Wks	50	1.11
TCM	476	F	1.0 kg	24 Wks	60	0.99
RCM	478	F	1.8	27 Wks	40	0.09
RCM	488	M	2.3 kg	40 Wks	50	1.08
RCM	499	F	2.0 kg	27 Wks	50	1.10
RCM	517	F	1.1 kg	25 Wks	50	1.03
RCM	525	M	1.1 kg	24 Wks	60	1.01
RCM	529	M	1.0 kg	24 Wks	40	1.10
RCM	533	M	2.0 kg	33 Wks	40	0.99
RCM	534	M	1.3 kg	27 Wks	40	0.99
RCM	535	F	2.1 kg	32 Wks	40	0.99
A - 78 - 16		F	8.2 kg	PN 5 MOs	40	1.01
A - 80 - 1		M	5.0 kg	PN 3 MOs	40	0.98
A - 80 - 2		M	7.0 kg	PN 3 MOs	40	1.00

RCM : Registry of Congenital Malformation, Dept. of Pathology, SNUMC.

<AM : Angle between atrial septal line and mid-mitral line

D/D' : Ratio of two short diameters in the mid-portion of the long axis of LV.

PN : Post-natal age.

All the ages in Wks are fetal age.

le 1), 左心室映晝攝影術時에 患者를 45°右側前斜位를 取할 境遇 僧帽瓣은 大動脈瓣의 直下部에 投射되어 두 瓣膜의 運動像과 血行이 서로 겹치지 않게 보여질 것으로 期待되었다.

2) 左心室의 短徑: 左心室의 橫斷面은 거의 圓의 모양이어서 그 直徑은 어느 方向에서 보아도 비슷한 값을 보였으며 對象으로 하였던 20 例의 正常心臟에서 45°右側前斜像에 投射될 左心室短徑과 이에 垂直인 短徑과의 長이의 比는 0.98 乃至 1.11의 範圍에 있었으며 그 平均은 1.04로 左心室容積의 算出時 45°右側前斜像에 投射되지 않은 左心室短徑은 畫面에 投射된 短徑과 같은 長이로 看做하여도 될 것으로 思料되었다 (Table 1).

2. 左心室長軸의 傾斜度에 對한 幾何學的 考察

任意的 心軸傾斜度 (θ_{Ap} , θ_{Lat})에서 心軸의 傾斜를 完全히 相殺하여 實際의 長軸을 反映하기위한 右側前斜位의 角度는 θ_{Ap} 가 클수록, 그리고 θ_{Lat} 이 작을수록 커서 (θ_{Ap} , θ_{Lat}) = (10°, 80°)時의 2°와 (θ_{Ap} , θ_{Lat}) = (80°, 10°)時의 88° 사이의 分布를 보였고, $\theta_{Ap} = \theta_{Lat}$ 일 경우에는 45°右側前斜像이 實際의 左心室長軸을 反映하는 것으로 나타났다 (Table II). 그러나 患者마다 다른 心軸의 傾斜度를 일일이 求하는 것은 매우 번거로운 일일뿐만 아니라 實際로 心軸의 傾斜度가 θ_{Ap} 와 θ_{Lat} 中 어느 한 값만 두드러지게 큰 境遇는 極히 드물것으로 생각되고 또한 앞서의

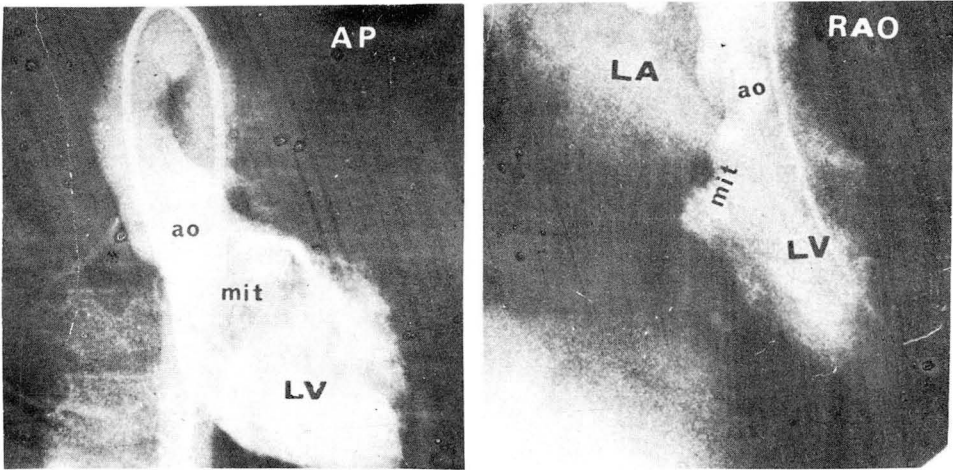


Fig. 4. Comparison between RAO 45° view and AP view. Aortic valve (ao), mitral valve (mit) left atrium (LA) and left ventricle (LV) are serated each other in RAO view.

Table II. Ideal Degree of RAO View for Complete Reflexion of Actual Long Diameter of Left Ventricle.

θ_{Ap}	10°	20°	30°	35°	40°	45°	50°	55°	60°	70°	80°
θ_{Lat}											
10°	45	64	73	76	78	80	82	83	84	86	88
20°	26	45	58	63	67	70	73	76	78	82	86
30°	17	32	45	50	55	60	64	68	72	78	84
35°	14	27	40	45	50	55	60	64	68	76	83
40°	12	23	35	40	45	50	55	60	64	73	82
45°	10	20	30	35	40	45	50	55	60	70	80
50°	8	17	26	30	35	40	45	50	55	67	78
55°	7	14	22	26	30	35	40	45	50	63	76
60°	6	12	18	22	26	30	35	40	45	58	73
70°	4	8	12	14	17	20	23	27	32	45	64
80°	2	4	6	7	8	10	12	14	17	26	45

觀察에서와 같이 大動脈瓣과 僧帽瓣, 左心房과 左心室을 가장 잘 分離하여 보여주는 것이 45° 右側前斜像이므로 (Fig. 4) 45° 右側前斜像에서의 左心室長軸의 實際길이 反映率을 알아보는 것이 意味가 있다고 하겠다. 任意的 心軸傾斜度 (θ_{Ap} , θ_{Lat})에서의 45° 右側前斜像의 左心室長軸 反映率은 θ_{Ap} 와 θ_{Lat} 의 값이 같을 때 100 %였으며 θ_{Ap} 와 θ_{Lat} 의 差異가 顯著하지 않은 境遇에는 大部分 90 % 이상의 높은 反映率을 보였다.

3. 計測자 (ruler)의 位置

正確한 左心室擴大率을 얻기 위한 理想的인 計測자의 位置를 定하기 위하여 13例의 患者에서 左側 乳短部에 납으로 標識 (lead marking)을 한 後 45° 右側前斜位 狀態에서 側面像을 撮影하여 (Fig. 5) 左心室腔과 左側乳頭가 撮影台로 부터 거의 同一한 높이에 있음을 確認하였고 (Fig. 6) 따라서 45° 右側前斜位에서 左側乳頭 높이에 計測자를 놓으면 그 計測자의 擴大率は 比較的 正確히 左心室의 擴大率을 反映할 것으로 思料되었다.

4. 期外收縮

對象으로 하였던 115例의 左心室映畫撮影術 및 上行大動脈映畫撮影術에서 左心室容積의 測定이 不可能한 정도의 頻頻한 期外收縮을 보인 境遇는 18例 (15.6%)이었으나 上行大動脈撮影術만을 施行한 12例는 全例에

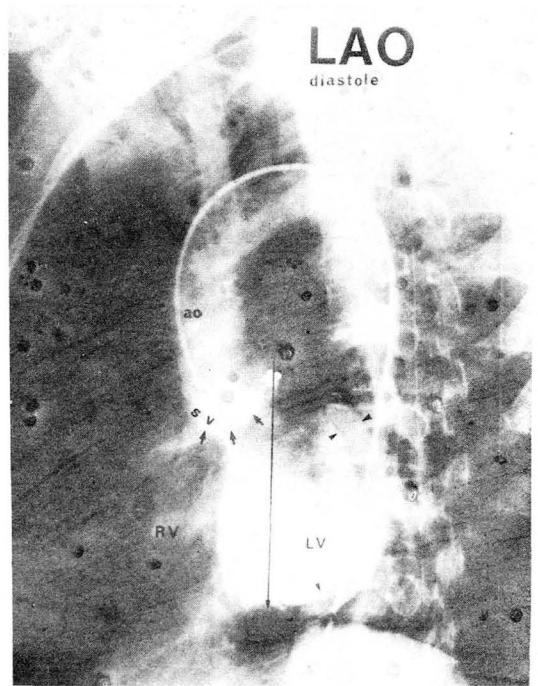


Fig. 6. Lateral view with patient on RAO position. Lead marking (curved arrow) at left nipple of patient is projected through the mid-level of LV cavity.

서 1회의 期外收縮도 보이지 않았다. 23例에서는 期外收縮과 正常收縮을 모두 잘 觀察할 수 있었다. 期外收縮이 있는 後 1~2회의 左心室 收縮은 매우 誇張되어서 (post-PVC potentiation) 23例 全例에서 心搏出比는 0.55 이상이었으며 元來의 左心室 機能이 低下되어 있을수록 期外收縮後의 左心室機能의 誇張幅은 큰 傾向이 있었다.

IV. 考 按

後天性 心臟瓣疾患의 豫後를 推定하고 手術의 適應與否를 結定함에 있어서 心搏出比, 收縮期末 左心室容積, 擴張期末 左心室容積 등이 좋은 指標가 된다는 것은 널리 알려진 事實이다¹⁻⁶⁾. 그러나 各 瓣膜疾患間의 血流力學的 病理가 다르기 때문에 그에 對한 心臟의 反應에도 差異가 있어서 心室 및 心房의 容積變化와 心搏出比, 左心室壓 등의 變化를 相互有機的으로 理解하는 것이 더욱 重要하다고 하겠다^{14,15,16,17,23)}. 左心室映畫撮影術은 左心室의 收縮期末 및 擴張期末容積을 比較的 正確히 求할 수 있는 좋은 檢査方法으로 1960年 Dodge⁷⁾ 등에 依해 兩面左心室 映畫撮影術을 利用한 左心

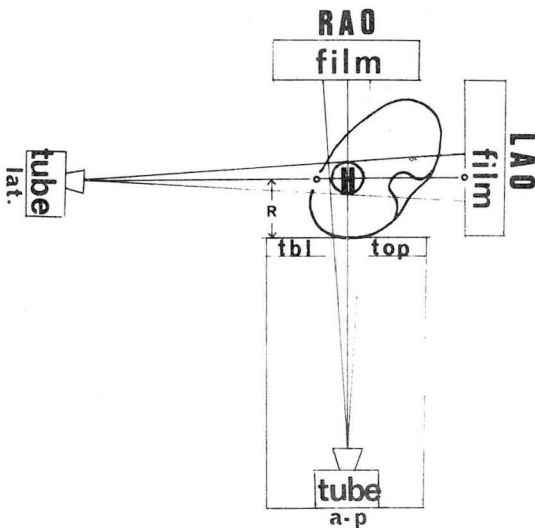


Fig. 5. Optimal position of the ruler.

Lead marking(o) at left nipple of patient is projected through the center of LV cavity. R: Optimal height of ruler position from table top(tbl top). H: Position of left ventricle within chest cage.

室容積測定方法이 提示된 以來 많은 學者들에 依해 새로운 方法들이 發表되고 또 比較되고 있으나 各 方法들 間에 計測值의 差異는 크지 않은것으로 알려져 있다¹⁰⁾ 그러나 Kennedy¹⁰⁾ 등은 45° 右側前斜像을 利用한 境遇 單純 前後像만을 利用한 境遇보다 比較的 더 正確한 左心室容積을 얻을 수 있다고 하였으며 이는 著者들의 觀察과도 잘 맞는 所見이라 할 수 있겠다.

前後像에 投影된 左心室長軸이 x軸과 이루는 角을 θ_{AP} 그리고 側面像에 投影된 左心室長軸이 z軸과 이루는 角을 θ_{Lat} 이라 하고 假想的 xz 面(즉 橫斷面)에 投射되는 左心室長軸이 x軸과 이루는 角을 θ 라 할 때 (Fig. 7), xy 面에 投影된 左心室長軸(ℓ_{xy})은 $\theta = 0^\circ$ 일 때 實際길이(ℓ)를 反映하게 되며 θ 의 값이 커질수록 ℓ_{xy} 는 實際보다 작은 값을 보여 θ 가 90° 가 되면 ℓ_{xy} 는 0의 값을 보이게 된다. 이때 θ 는 θ_{AP} 와 θ_{Lat} 에 依해 結定되므로

$$\tan \theta = \frac{c}{a} = \frac{b}{a} \cdot \frac{c}{b} \quad - \quad (1)$$

$$\frac{b}{a} = \tan \theta_{AP} \quad - \quad (2)$$

$$\frac{c}{b} = \frac{1}{\tan \theta_{Lat}} \quad - \quad (3)$$

②, ③을 ①에 代入하여

$$\tan \theta = \frac{\tan \theta_{AP}}{\tan \theta_{Lat}} \quad - \quad (4)$$

④의 公式에서 任意的 θ_{AP} , θ_{Lat} 에서의 θ 를 求하면 θ 는 곧 左心室長軸의 實際길이를 나타내 줄 수 있

는 右側前斜位의 角度가 된다.

또한 圖 7에서와 같이 投射面을 y軸을 中心으로 時計方向으로 45° 回轉시키는 境遇에 回轉된 xy 面에 投影되는 左心室長軸을 ℓ_{45} 라 하면 ℓ_{45} 는 右側前斜像에 投射된 左心室長軸의 길이 가 된다.

$$\ell^2 = b^2 + \ell^2_{zx} \quad - \quad (1)$$

$$\ell^2_{45} = b^2 + (\ell'_{zx})^2 \quad - \quad (2)$$

①, ②의 式에서 變數 b와 ℓ_{zx} 그리고 ℓ'_{zx} 를 각

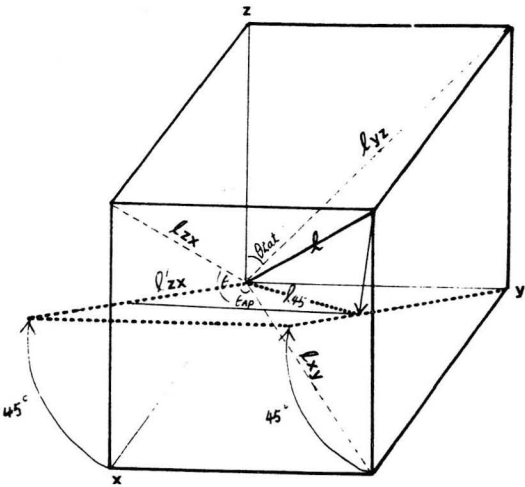


Fig. 7. Diagram for the calculation of the optimal degree of oblique position(θ) reflecting actual length(ℓ), and of ratio of reflection of LV long diameter (ℓ_{45}/ℓ) in 45° RAO view.
 θ_{AP} , θ_{Lat} : See Fig. 3

Table III. The Ratio of Image Obtained by 45° RAO Projection to Actual Length (ℓ_{45}/ℓ).

θ_{AP} θ_{Lat}	10°	20°	30°	35°	40°	45°	50°	55°	60°	70°	80°
10°	1	0.946	0.886	0.863	0.843	0.825	0.809	0.796	0.783	0.760	0.738
20°	0.946	1	0.977	0.958	0.937	0.917	0.896	0.876	0.857	0.820	0.784
30°	0.886	0.977	1	0.996	0.986	0.973	0.957	0.939	0.920	0.880	0.837
35°	0.863	0.958	0.996	1	0.997	0.989	0.977	0.962	0.945	0.906	0.863
40°	0.843	0.937	0.986	0.997	1	0.997	0.990	0.979	0.965	0.930	0.889
45°	0.825	0.917	0.973	0.989	0.997	1	0.998	0.991	0.981	0.951	0.913
50°	0.809	0.896	0.957	0.977	0.990	0.998	1	0.998	0.992	0.969	0.935
55°	0.796	0.876	0.939	0.962	0.979	0.991	0.998	1	0.998	0.982	0.954
60°	0.783	0.857	0.920	0.945	0.965	0.981	0.992	0.998	1	0.992	0.970
70°	0.760	0.820	0.880	0.906	0.930	0.951	0.969	0.982	0.992	1	0.992
80°	0.738	0.784	0.837	0.863	0.889	0.913	0.935	0.954	0.970	0.992	1

ℓ : actual length of long diameter

ℓ_{45} : length of long diameter projected to 45° RAO view

各 θAP 와 θLat 로 置換하여 ℓ 과 ℓ_{45} 의 關係를 誘導하고,

$$\frac{\ell_{45}^2}{\ell^2} = \frac{2 + (\cot \theta AP + \cot \theta Lat)^2}{2(1 + \cot^2 \theta AP + \cot^2 \theta Lat)} \quad \text{--- ③}$$

③의 式에서 任意的 θAP , θLat 에서의 ℓ_{45}/ℓ 을 求하면 곧 45° 右側前斜像의 左心室長軸의 實際길이 反映率이 된다.

心臟擴大率을 計算하기 爲한 計測자의 位置로 Greene¹²⁾ 등은 撮影台로부터 10 cm 上方높이를 適當하다고 하였으나 이러한 一率의인 位置選定은 測定誤차를 크게 할 憂慮가 있으며, 實際로 本院에서 使用하고 있는 GE ARRITECHNO 35 映畫心臟血管撮影器의 境遇 X線 管球로부터 撮影台까지의 距離가 24 inch 이므로 가령 計測자의 位置가 2cm의 差異를 보일 때 心臟擴大率は 5% 정도의 誤차를 보이고 心臟擴大率(f)은

$$\text{容積의 計算에 있어 } V = \frac{\pi}{6} \cdot \frac{1}{f^3} \cdot L \cdot D^2 \text{의 式으로}$$

代入되므로 實際 左心室의 容積 算出에 있어서는 16% 정도의 큰 誤차를 보이게 된다. 그러나 著者들의 方法도 乳房이 큰 女子患者에서는 使用할 수 없고 또한 어디까지나 間接의인 方法에 지나지 않는다는 問題點을 가지고 있어서 心臟擴大率을 正確히 求하는데 있어서는 앞으로 더 많은 研究가 있어야 할 것으로 생각된다.

觀察誤차를 誘發하는 가장 重要한 要素의 하나가 期外收縮이다. 期外收縮은 카테테르나 빠른 速度로 注入되는 造影劑가 左心室을 刺戟하여 생기는 것으로 理解되고 있으며^{18,19)} 期外收縮이 있는 後 1~2회의 左心室收縮은 매우 亢進되어 本來의 左心室 機能을 誇張하게 된다. 著者들의 觀察에서 期外收縮後 1~2 회에서의 左心室收縮의 心搏出比가 期外收縮의 影響을 받지 않은 正常收縮時의 心搏出比에 關係없이 0.55 乃至 0.80의 正常分布를 보인 것은 手術로서 左心室의 壓力負荷 (pressure loading)를 除去하여 준 境遇 手術前의 心搏出比에 關係없이 左心室機能이 回復되는 것을 觀察하였다는 Hildner²⁰⁾ 등의 主張을 뒷받침하는 所見으로 理解된다.

V. 結 論

著者들은 서울대학교 醫科大學 病理學敎室에서 剖檢을 施行한 20例의 胎兒 正常心臟을 對象으로 大動脈瓣과 僧帽瓣의 位置關係를 解剖學的으로 觀察하고 左心室長軸의 傾斜를 幾何學的으로 分析하여 左心室映畫攝影術에서의 45° 右側前斜像의 優秀性を 考察하고, 서울대학교 醫科大學 放射線科에서 左心室映畫攝影術 및 上行

大動脈映畫攝影術을 施行한 115例의 後天性 心臟瓣膜疾患患者를 중심으로 左心室容積 測定時의 測定誤差와 觀察誤差에 留意하여 다음의 結論을 얻었다.

1. 45° 右側前斜像에서는 前後像에서 보다 瓣膜의 運動像과 血行을 容易하게 觀察할 수 있었다.
2. 45° 右側前斜像에서의 左心室長軸의 實際길이 反映率은 매우 높아서 比較的 正確한 左心室容積을 求할 수 있을 것으로 思料되었다.
3. 45° 右側前斜位를 利用한 左心室映畫攝影術時의 心臟擴大率을 얻기 위한 計測자는 患者의 左側乳頭 높이에 두는 것이 좋다.
4. 期外收縮後의 心搏出比는 左心室機能低下의 程度에 關係없이 誇張되므로 觀察時 注意를 要한다.

REFERENCES

1. O'Toole JD, Geiser EA, Reddy PS, et al : Effect of preoperative ejection fraction on survival and hemodynamic improvement following aortic valve replacement. *Circulation* 58:1175, 1978.
2. Braun LO, Kincaid DW, McGoon DC : Prognosis of aortic valve replacement in relation to the preoperative heart size. *J thorac cardiovasc Surg* 65:381, 1973.
3. Barnhorst DA, Oxman HA, Connolly DC, Pluth JR, Danielson GK, Wallace RB, McGoon DC : Long-term follow-up of isolated replacement of the aortic or mitral valve with the Starr-Edwards prosthesis. *Am J Cardiol* 35:228 1975.
4. Kennedy JW, Yarnall SK, Murray JA, et al : Quantitative angiocardiology IV. Relationships of left atrial and ventricular pressure and volume in mitral valve disease. *Circulation* 42:1099, 1970.
5. Cohn PF, Gorlin R, Cohn LH, Collins JJ : Left ventricular ejection fraction as a prognostic guide in surgical treatment of coronary and valvular heart disease. *Am J Cardiol* 34:136, 1974.
6. Isom DW, Dembrow JM, Glassman E, Pasternack BS, Sackler JP, Spencer FC : Factors influencing long-term survival after isolated aortic valve replacement. *Circulation* 50 (suppl) : 11-154, 1974.
7. Dodge HT, Sandler H, Ballow DW and Lord JD : The use of biplane angiography for the measurement of left ventricular volume in man. *Am Heart J* 60:762, 1960.
8. Chapman CB, Baker O and Mitchell JH : Left ventricular function at rest and during exercise.

J Clin Invest 38:1202, 1959.

9. Arvidsson H : *Angiographic determination of left ventricular volume. Acta Radiol* 56:321, 1961.
10. Kennedy JW, Trenholme SE, Kasser IR : *Left ventricular volume and mass from single-plane cineangiogram. A comparison of anterior-posterior and right anterior oblique methods : Am Heart J* 80:343, 1970.
11. Dodge HT, Sandler H, Baxley WA and Hawley RR : *Usefulness and limitations of radiographic method for determining left ventricular volume. Am J Cardiol* 18:10, 1966.
12. Greene D, Carlisle R, Grant C and Bunnell I : *Estimation of left ventricular volume by one-plane cineangiography. Circulation* 34:61, 1967.
13. Goor DS, Lillehei CW, Edwards JE : *The sigmoid septum ; Variation in the contour of the left ventricular outlet. Am J Roentgenol* 107:306, 1969.
14. Braunwald E : *Mitral regurgitation ; Physiologic clinical and surgical considerations. New Engl J Med* 181:425, 1969.
15. Braunwald E and Awe WC : *The syndrome of severe mitral regurgitation with normal left atrial pressure. Circulation* 27:29, 1963.
16. Braunwald E : *Heart disease. A textbook of cardiovascular medicine. 1980 WB SAUNDERS COMPANY p. 1555.*
17. Borrow K, Greene LH, Mann T, Sloss LJ, Braunwald E, Collins JJ, Cohn L and Grossman W : *End-systolic volume as a predictor of post-operative left ventricular performance in volume overload from valvular regurgitation. Am J Med (in press)*
18. Popio KA, Gorlin R, Bechtel D and Levine JA : *Post extrasystolic potentiation as a predictor of potential myocardial viability : preoperative analysis compared with studies after coronary bypass surgery. Am J Cardiol* 39:944, 1977.
19. Vine DL, Hegg TD, Doge HT, Stewart OK and Frimer M : *Immediate effect of contrast medium in injection on left ventricular volumes and ejection fraction. Circulation* 56:379, 1977.
20. Hinldn EJ, Gaviro RP, Cohen LS, Samet P, Nathan MF, Yahr WZ, Greenberg JJ : *Myocardial dysfunction associated with valvular heart disease. Am J Cardiol* 30:319, 1972.
21. Goor DA, Edwards JE : *The transition from double outlet right ventricle to complete transposition. Pathologic study. Am J Cardiol* 29:267, 1972.
22. Goor DA, Lillehei CW, Edwards JE : *Ventricular septal defects and pulmonic stenosis with and without dextroposition. Chest* 60:118, 1971.
23. 韓萬青, 林泰煥 : 定量的 左心室撮影術—後天性 瓣膜疾患에 關한 研究—大韓放射線醫學會誌 第 16 卷 2 號, 1980.