

심장풀스캔을 이용한 좌심실용적 측정에 관한 연구

서울대학교 의과대학 내과학교실

김병태 · 박정식 · 이명철 · 박영배
조보연 · 서정돈 · 이영우 · 고창순

서울대학교 의과대학 방사선과학교실

이은혜 · 박재형 · 한만청

= Abstract =

Measurement of Left Ventricular Volume Index Using Gated Blood Pool Scan

Byung Tae Kim, M.D., Jung Sik Park, M.D., Myung Chul Lee, M.D., Young Bae Park, M.D.,
Bo Yeon Cho, M.D., Jungdon Seo, M.D., Young Woo Lee, M.D. and Chang-Soon Koh, M.D.

Department of Internal Medicine, College of Medicine, Seoul National University

Eun Hae Lee, M.D., Jae Hyung Park, M.D. and Man Chung Han, M.D.

Department of Radiology, College of Medicine, Seoul National University

Left ventricular volume would be useful in the diagnosis and treatment of patients with various heart diseases. So we measured left ventricular volume index using gated blood pool nuclear cardiac angiography which was easy to perform, non-invasive, and capable of repetitive studies.

These left ventricular volume indices were compared with left ventricular volumes by quantitative cardiac cine-angiography and the results were as follows,

1. The correlation coefficient between left ventricular volume indices and left ventricular volumes was 0.829($p < 0.001$).
2. The correlation coefficient between left ventricular volume indices and absolute left ventricular volumes which were obtained by measurement of cardiac output of patients.
3. There were good correlation in intraobserver and interobserver analysis.

I. 서 론

좌심실의 절대용적 측정은 심장판막질환에서의 예후 판정과, 여러가지 약제가 좌심실에 미치는 효과판정 등 각종 심질환의 혈류역동학적 변화의 평가에 매우 유용하

* 본 연구는 1983년도 서울대학교병원 임상연구비의 보조로 이루어진 것임.

다¹⁻³⁾. 이러한 좌심실의 절대용적측정은 1960년 Dodge와 Sandler⁴⁾ 등에 의해 biplane angiocardiography로 측정이 시도된 이래⁵⁾, 현재 심혈관영화조영술 외에도 심에코도⁶⁾, 수술후 epicardial metallic marker⁷⁾를 이용하여 좌심실의 용적을 측정하며, 이중 가장 널리 사용되고 있는 좌심실영화조영술은 시행함에 있어 위험이 따르고 단기간에 걸쳐 반복 시행할 수 없는 단점이 있어 이를 보완하기 위해 심에코도를 사용하게 되었으

나 이것도 역시 기하학적인 방법에 의한 것이므로 만족스럽지 못하였다¹⁾.

이에 반하여 심장플스캔은 위의 여러가지 단점을 보완하는 동시에 좌심실 부위의 방사능치로서 용적을 측정하기 때문에 비교적 그 오차가 작을 것으로 생각되고 있다.

이에 저자들은 심장플스캔에서 구한 좌심실용적지표가 좌심실의 용적을 잘 반영하는지 알아보고자, 좌심실 영화조영술에서 구한 좌심실용적과, 또 방사성동위원소를 이용하여 혈액량을 측정하여 구한 절대용적과 비교하여 다음과 같은 결과를 얻었기에 보고하는 바이다.

II. 대상 및 방법

1) 대상

연구대상은 1982년 3월부터 4월까지 서울대학교병원 내과에 입원하여 좌심실 영화조영술을 시행하였던 각종 심질환환자 17명(남자 11명, 여자 6명)이었고, 이들의 평균연령은 각각 31.8±14.5세, 37.8±14.5세였다. 질환은 심장판막질환이 14례, 심방중격결손이 2례, 심실중격결손이 1례였다. 또 갑상선기능항진증 환자 8명에서 좌심실의 절대용적을 구하여 비교의 대상으로 삼았다.

2) 방법

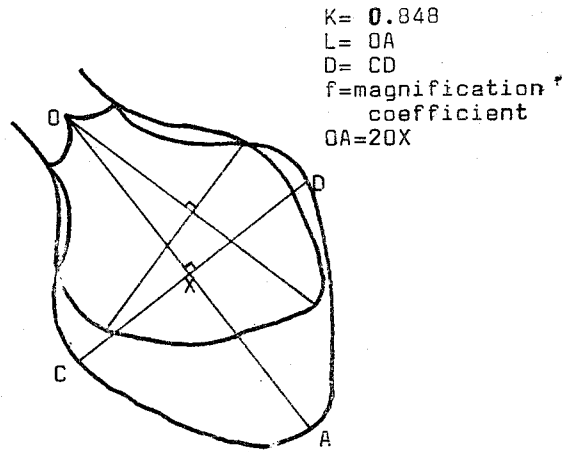
① 환자를 양와위로 하여 안정시킨후 Ohio Nuclear 420 gamma camera detector를 좌전사위 30~45°로 하고 ^{99m}Tc-human serum albumin 15~20 mCi를 정맥주사하여 평형상태에 도달한 후 EKG를 gate시켜 GAMMA-11 computer(DEC 회사)에 수록하여 하나의 심박동주기를 20화면으로 나누어 확장기말과 수축기말의 화면을 구하고 좌심실에 관심영역(Region of interest, ROI)을 잡아, 그 방사능치를 측정하고, 검사도중 5 ml 체혈을 하여 그 방사능을 1분간 측정한 후 이에 따른 교정과 측정시간에 따른 오차를 교정하여 다음과 같이 좌심실용적 지표를 구하였다.

LV volume index =

$$\frac{\text{LV count} - \text{Background count}}{\text{Time factor}^* \times \text{Volume factor}^{**}}$$

* Time factor = sec./frame × cycles of data acquisition

** Volume factor = (count of 5 ml blood for 1 minute



$$V = \frac{\pi}{6} \times D^2 \times L \times \frac{1}{f^3} \times K$$

Fig. 1. 좌심실 영화조영술에서의 용적측정

-background count) × 1/5 × 1/60

② 좌심실영화조영술에서의 좌심실용적은 최소한 3개의 심박동기에서 확장기말과 수축기말의 용적을 그림 1에서와 같이 구하였다¹⁰⁾.

③ 좌심실의 절대용적은 ¹²⁵I-human serum albumin 5 μCi를 사용하여 dilution method로 측정하였다.

④ 좌심실용적지표의 reproducibility를 알아보기 위해서 2명의 관찰자가 1주일의 간격을 두고 2번 좌심실용적 지표를 구하여 비교하여 보았다.

III. 성 적

1) 좌심실용적 지표와 좌심실영화조영술에서 구한 용적과의 상관관계는 r=0.829로서 유의한 상관관계를 보였다(그림 2), 확장기말의 상관관계는 r=0.802(그림 3), 수축기말의 상관관계는 r=0.486(그림 4)이었다(p<0.001).

2) 좌심실의 절대용적을 구하여 비교한 결과 r=0.935로서 유의한 상관관계가 있었다(그림 5).

3) 관찰자간의 variance는 각각 r=0.981(그림 6), r=0.984(그림 7)로서 유의한 상관관계가 있었고, 두 관찰자간의 상관관계는 r=0.987(그림 8)로서 또한 유의한 관계가 있었다.

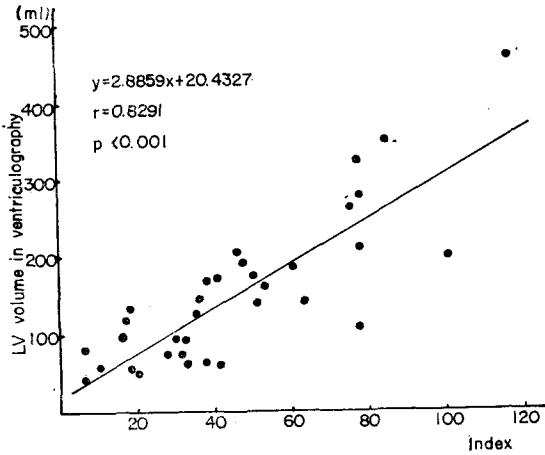


Fig. 2. Relationship between LV volume index and LV volume in ventriculography

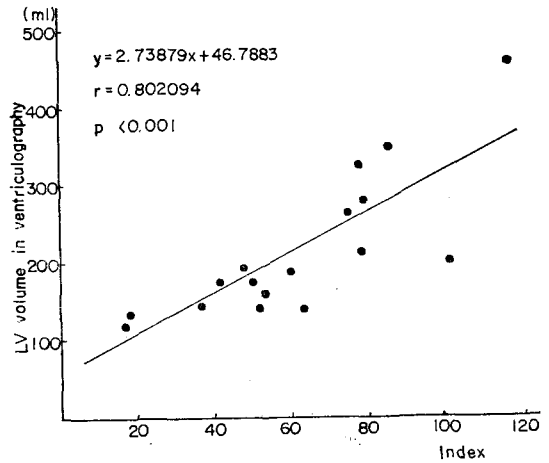


Fig. 3. Relationship between LV end-diastolic volume index and LV volume in ventriculography

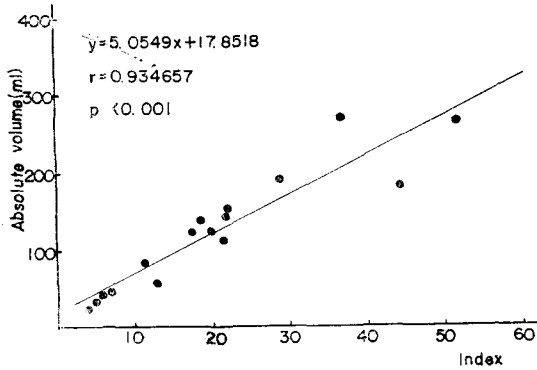


Fig. 4. Relationship between LV end-systolic volume index and LV volume in ventriculography

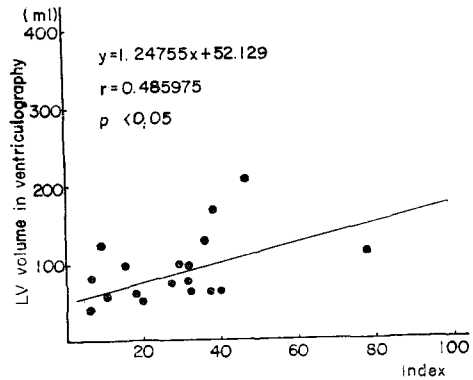


Fig. 5. Relationship between LV volume index and absolute LV volume in Radionuclide angiography

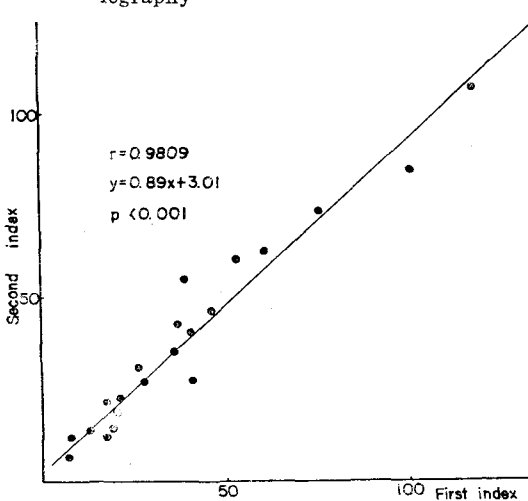


Fig. 6. Correlation between the first and second analysis in the same observer 1.

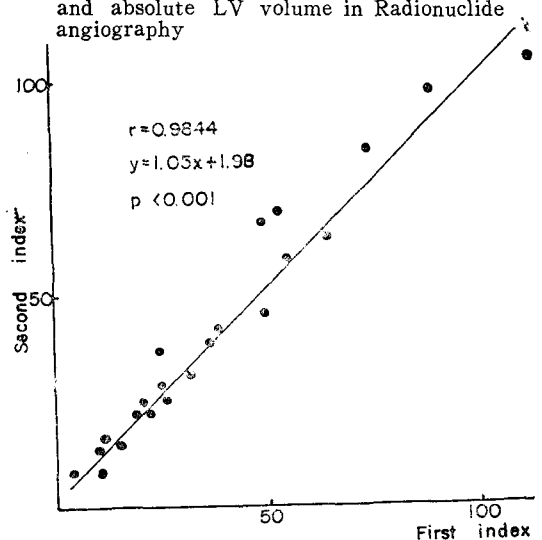


Fig. 7. Correlation between the first and second analysis in the same observer 2.

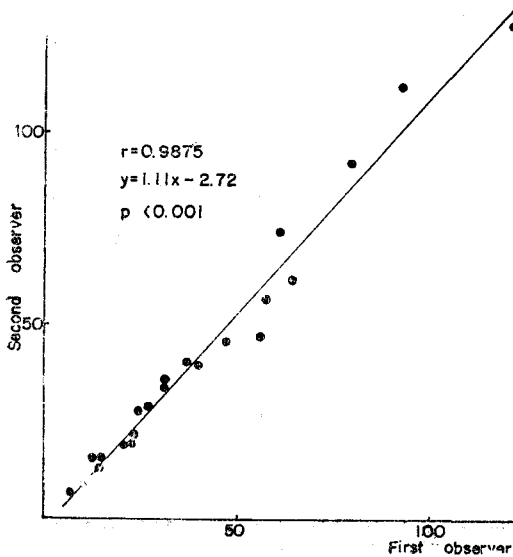


Fig. 8. Correlation between the first and the second observer

IV. 고 안

좌심실의 용적을 측정하는데 가장 많이 사용되어온 Sandler와 Dodge²²⁾의 계산방법은 심도자법을 시행하여야 하므로 쉽게 구할 수 없고, epicardial metallic marker²³⁾를 사용하는 방법은 수술하지 않은 환자는 대상이 되지 않고 심에코도²⁴⁾에 의한 측정은 비관혈적이고 반복측정이 가능하지만 심근벽운동이 비대칭일 경우 그 측정치가 부정확하게 되어 모든 환자에서 만족할만한 결과를 얻기 힘들다²⁵⁾.

이에 반하여 방사성동위원소심혈관조영술은 single pass와 심장플스캔을 동시에 시행하여 여러가지 심장지수를 구할 수 있을 뿐아니라, 평형상태에서 기하학적이지 아닌 방법으로 좌심실의 용적을 구할 수 있다.

이는 1979년 Slutsky²⁶⁾에 의해 시도된 이래 여러가지 방법이 개발되었다. 처음에는 확장기말과 수축기말의 좌심실 영상에서 기하학적인 방법으로 구하였으나 이는 영상이 매우 작기 때문에 이에 따른 오차가 크고 또 심에코도에서의 문제점을 전혀 보완하지 못하였기 때문에 더 나은 것이 없었다. 그후 1980년 Dehmer¹²⁾ 등은 비기하학적인 방법을 사용하여 좌심실용적을 구하였다. 이들은 좌심실의 특정흥미부위를 잡고 방사능치를 측정 한 후, 이를 말초혈액의 ml당 방사능치를 측정하여 나누고, 총 검사시간, 매심박동기마다의 측정된 frame 수, 측정된 심박동기의 %로 교정하여 좌심실용적을 구하고 이를 좌심실영화조영술에서 구한 용적과 비교하여 r=0.985로서 아주 좋은 상관관계가

있다고 보고하고 또한 13명의 환자에서는 심장플스캔을 먼저 시행하여 이 둘 사이의 회귀방정식에 대입하여 좌심실용적을 구하고 다시 좌심실영화조영술을 시행하여 용적을 측정 한 결과 이 둘 사이에도 좋은 상관관계가 있었다고 보고하고 있다. 그러나 이 방법은 검사도중 채혈을 하여야 한다는 불편이 따르므로 1981년 Bourguignon²⁷⁾은 채혈하지 않고 좌심실의 용적을 구하는 방법을 보고한 바 있다. 이는 환자가 좌심사위일 경우 대동맥궁이 collimator의 면에 거의 평행이고 대동맥궁의 맨위는 지름이 약 1cm인 원통으로 생각하고 컴퓨터를 이용하여 자동적으로 대동맥의 윤곽을 잡고, 좌심실과 대동맥궁은 흉벽에서 거의 같은 거리에 있어 방사능이 감약되는 정도가 같을 것이라는 가정하에서 채혈을 하지 않고 좌심실용적을 구하여 좌심실영화조영술에서의 용적과 비교한 결과 r=0.96으로서 유의한 상관관계가 있었다. 1982년 Links²⁸⁾등은 Dehmer 등의 방법에 물의 성형감쇠계수와 흉벽피부에 표지를 하여 흉벽으로부터 좌심실까지의 거리를 계산하여 가상심장에서 구한 실제용적과 비교한 결과, 그 상관계수는 r=0.99였고, 좌심실영화조영술에서 구한 용적과의 상관계수는 r=0.95이고 그 회귀방정식은 y=0.97x+3(ml)로서 좌심실의 모양에는 무관하게, 또 회귀방정식을 사용할 필요없이 용적지표를 실제용적으로 사용할 수 있다고 보고하였다.

저자들은 Dehmer¹²⁾등의 방법을 이용하여 17명의 환자에서 확장기말과 수축기말의 좌심실용적지표를 구하여 본 결과, 확장기말에서는 상관계수가 r=0.802였고 수축기말에서는 r=0.486이었다. Dehmer 등이 보고한 바에 비하여 상관계수가 작은 것은 좌심실의 특정흥미부위를 정하는 데 있어 컴퓨터에서 자동으로 정하지 않고 매번 관찰자가 손으로 정한 것과, 좌심실영화조영술에서 용적을 구하는 데 있어 개인간의 차이가 주된 문제가 될 것으로 생각된다. 또한 확장기말과 수축기말 사이에 상관계수가 현저히 차이가 나는 것은 수축기말의 영상이 매우 작아 특정흥미부위를 정하는 데 오차가 많은 것으로 생각된다. 그러나 심장플스캔에서 설정한 특정흥미부위의 객관성과 신뢰성을 알아 보기 위해, 서로 다른 2 관찰자가 일주일 간격을 두고 용적지표를 각각 다시 구해 본 결과, 관찰자내에서나 관찰자간에서의 상관계수는 0.98로서 좋은 상관관계를 가지고 있었고 그 회귀방정식의 기울기도 거의 1에 가까웠다. 또 ¹²⁵I-human serum albumin을 사용하여 dilution method로 전혈량을 산출한 뒤 single pass와 심장플스캔을 동시에 시행하여 좌심실의 절대용적

과 비교한 결과 상관계수가 $r=0.935$ 였다.

이상의 결과에서 적어도 심장플스캔에서 구한 좌심실용적 지표는 객관성과 신빙성이 있었다. 그러나 좌심실영화조영술에서 구한 좌심실용적은 본 병원에서는 아직 관찰자내, 관찰자간의 분석을 해보지 않았기 때문에 그 객관성이나 신빙성을 알 수 없었다.

그러나 길이를 재서 기하학적인 공식에 대입하여 구하는 것이므로, 좌심실의 모양이나 수축기말과 확장기말의 화면 선택에 따른 오차가 클 것으로 생각된다.

또한 심장플스캔을 시행함에 있어 일부 환자에서 좌심실과 우심실의 분리, 좌심실과 좌심방의 분리가 완전히 되지않아서 그 용적지표가 정확치 못한 것으로 생각되었고, 이는 심전도와 Oscilloscope를 보다 정확히 참조하여 detector를 좌전사위 및 다리쪽으로 기울이므로써 이에 따른 오차를 배제할 수 있을 것으로 생각된다. Bour guignon 등이 발표하였던 방법은 아직 시도해 보지 않았다.

이 심장플스캔을 이용한 좌심실용적측정은 비교적 쉽고, 간단하게 구할 수 있고, 한번 시행함으로써 다른 여러가지 자료를 동시에 구할 수 있어 각종 심질환의 좌심실기능 평가와 예후판정에 많이 이용될 것으로 기대된다. 따라서 보다 다양한 환자군을 대상으로 하여 앞으로 더욱 분석검토 해 보아야 될 것으로 사료된다.

V. 결 론

심장플스캔에서 구한 좌심실용적지표가 좌심실의 용적을 잘 반영하는지 알아보고자 각종 심질환환자에서 심장플스캔을 시행하여 좌심실용적지표를 구하고 이를 좌심실영화조영술에서 구한 용적과 비교하여 다음과 같은 결과를 얻었다.

- 1) 좌심실용적지표와 좌심실용적과의 사이에는 상관계수 $r=0.829$ 로서 통계적으로 유의한 상관관계가 있었다($p<0.001$).
 - 2) 방사성동위원소를 사용하여 좌심실의 절대용적을 구하여 비교한 결과 상관계수 $r=0.935$ 로서 유의한 상관관계가 있었다.
 - 3) 관찰자내와 두명의 관찰자간에서도 그 회귀방정식의 기울기가 1에 가까운 객관성을 보였다.
- 이상의 결과에서 좌심실용적지표는 좌심실의 용적을 잘 반영하고 있음을 알 수 있었고, 또 관찰자내와 관찰자간의 분석에서도 객관성이 있음을 알 수 있어, 더욱 증례를 늘려 비교 분석해 보아야 하겠지만, 좌심실용적지표는 비교적 쉽게 구할 수 있고 반복시행이 가

능하여 좌심실의 기능평가에 많은 도움을 줄 수 있어 앞으로 임상에 널리 이용될 수 있을 것으로 생각된다.

REFERENCES

- 1) Dehmer, G.J., Lewis, S.E., Hillis, L.D., Twieg, D., Falkoff, M., Parkey, R.W., and Willerson, J.T: *Nongeometric determination of left ventricular volumes from equilibrium blood pool scans. Am. J. Cardiol.*, 45:293, 1980.
- 2) Bourguignon, M.H., Schindler, G., Carey, G.A., Douglas, K.H., Burow, R.D., Camargo, E.E., Becker, L.C., and Wagner, H.L.: *Quantification of left ventricular volume in gated equilibrium radiocardiography. Eur. J. Nucl. Med.*, 6:356, 1981.
- 3) Links, J.M., Becker, L.C., Schindler, G., Guzman, P., Burow, R.D., and Nickoloff, E.L.: *Measurement of absolute left ventricular volume from gated blood pool studies. Circ.*, 65:82, 1982.
- 4) Dodge, H.T., Sandler, H., Ballew, D.W., et al: *The use of biplane angiocardiology for the measurement of left ventricular volume in man. Am. Heart J.*, 60:762, 1960.
- 5) Sandler, H., Dodge, H.T.: *The use of single plane angiocardiorams for the calculation of left ventricular volume in man. Am. Heart J.*, 75:325, 1968.
- 6) Pombo, J.F., Troy, B.L., and Russel, R.O.: *Left ventricular volumes and ejection fraction by echocardiography. Circ.*, 43:480, 1971.
- 7) Vine, D.L., Dodge, H.T., Frimer, M., Steward, D.K., and Caldwell, J.: *Quantitative measurement of left ventricular volume in man from radiopaque epicardial markers. Circ.*, 54:391, 1976.
- 8) Greene, D., Carlisle, R., Gant, C., and Bunnell, I.: *Estimation of left ventricular volume by one-plane cineangiography. Circ.*, 34:61, 1967.
- 9) Slutsky, R., Karliner, J., Ricci, D., et al.: *Response of left ventricular volume to exercise in man assessed by radionuclide equilibrium angiography. Circ.*, 60:556, 1979.
- 10) 韓萬青, 林泰煥: 定量的左心室映畫攝影術. 大韓放射線醫學會誌, 제16권 제2호, 1980.