

## 임피던스 카디오그래피와 열희석법에 의한 심박출량의 비교

김덕원\* · 이웅구\*\* · 김정열\* · 김정래\* · 박승정\*\* · 탁승제\*\*

= Abstract =

### The Comparison of Cardiac Outputs between Impedance Cardiography and Thermodilution Technique

Deok-Won Kim\*, Woong-Ku Lee\*\*, Jeong-Yeol Kim\*  
Jeong-Lae Kim\*, Seung-Jung Park\*\*, Seung-Jae Tak\*\*

The purpose of this study was to prove the accuracy of impedance cardiography by measuring cardiac outputs of patients simultaneously by thermodilution method, and impedance cardiography developed in our department.

The subjects were eight patients with mitral stenosis admitted to the catheterization laboratory in Severance Hospital. The correlation coefficient was 0.895, which is thought quite high considering the fact that accuracy of cardiac outputs of patients with valvular diseases measured by both methods was known to be low.

#### 1. 서 론

본 연구에서는 의용공학과에서 개발한 임피던스 심장기록기<sup>1,2)</sup> (impedance cardiograph)의 심박출량 측정의 정확도를 규명하기 위해 승모판 협착 (mitral stenosis) 환자 8명을 대상으로 경피적 풍선 확장 성형술(percutaneous mitral balloon valvotomy, PMV) 전, 후의 심박출량을 임상에서 표준 방법인 열희석법(thermodilution method)과 Fick

방법 그리고 임피던스 심장기록법을 이용하여 동시에 측정 비교하였다.

PMV란 카테타(catheter)끝에 달린 풍선을 경동맥을 통하여 승모판에 고정시킨 후 풍선을 단시간에 확장시켜 승모판에 협착된 물질을 파괴함으로써 승모판을 넓히는 새로운 기법으로 이전에는 개심술(open heart surgery)을 실시하여 외과적으로 협착된 물질을 제거 하였다.

열희석법으로는 각 환자당 PMV 실시전과 실시 후 각3회 내지 6회를 측정하였고 그와 동시에 임피던스 심장기록법으로 열희석법을 시행하는 약 10초간의 임피던스 신호( $Z_0$ ,  $\Delta Z$ ,  $dZ/dt$ )와 ECG신호를 4-channel chart recorder에 기록하여 매박동시의 박동량(stroke volume)을 계산하여 10초간의 박동수(heart rate)를 곱하여 심박출량을 구하였다. 또한 동맥과 정맥의 산소농도의 차를 이용하여 심

<접수 : 1988년 12월 6일>

\*연세대학교 의용공학과

Dept. of Biomedical Eng.

\*\*세브란스 병원 내과

Dept. of Internal Medicine

이 논문은 1988년도 문교부 지원 한국 학술진흥 재단의 자유공모 과제 학술연구 조성비에 의하여 연구되었음.

박출량을 측정하는 Fick 방법으로 PMV 실시전과 후 각 1차례씩 시행하였다.

8명의 환자중 승모판 협착이 심한 환자 3명에서 atrial fibrillation을 임피던스 파형( $dZ$ ,  $dZ/dt$ )으로 부터 관찰하였고 그중 1명은 정도가 심해 PMV 실시전에는 임피던스 파형에 artifact가 심하여 심박출량 계산이 불가능하였으나 실시후에는 atrial fibrillation이 제거되어 심박출량을 계산할 수 있었다.

그림 1은 임상실험시의 전극의 부착 위치를 보여 주고 있는데 1번 전극은 접착테이프에 알루미늄박이 입혀진 전극(Contact Products, M6001)으로서

1회용이며 이마에 부착되고 나머지 전극 2, 3, 4는 금속전극(3M)으로서 재사용이 가능하며 전극3은 명치(sternum)바로 밑에 또한 전극 4는 전극 3과 10cm 이상 떨어진 복부에 부착시켰다.

## 2. 실험 결과 및 고찰

표 1은 환자 8명을 대상으로 PMV 실시 전, 후의 심박출량을 세가지 방법으로 측정한 결과이다. 여기서 4번 환자의 경우, 사정상 PMV 실시후의 data를 얻지못하였고 6번 환자의 경우 atrial fibrillation

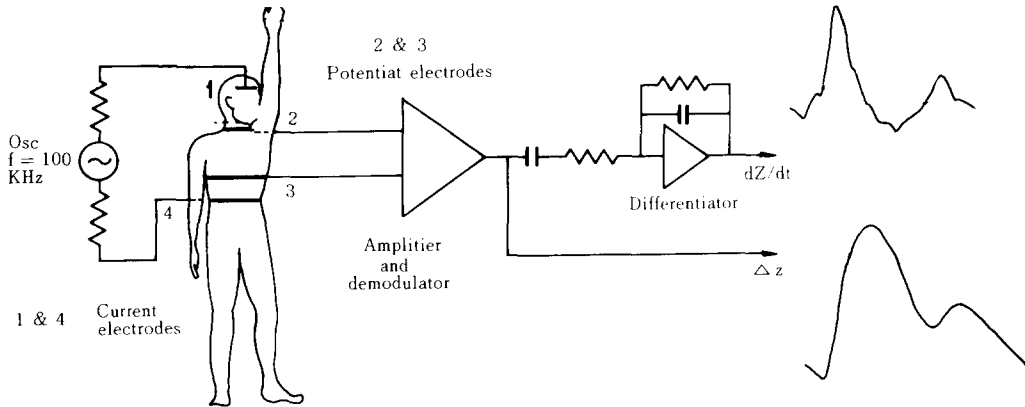


그림 1 임상실험에서의 전극의 위치

표 1 세가지 방법에 의해 측정된 cardiac output.

No.	PRE-OPERATION			POST-OPERATION		
	T. D.	I. C.	Fick	T. D.	I. C.	Fick
1	5.04	4.82	4.9	3.88	4.20	3.9
2	6.22	6.70	6.8	7.35	8.15	8.5
3	5.95	6.60	5.7	6.71	5.75	6.8
4	3.42	3.57	3.2			
5	2.78	2.30	3.3	2.89	2.06	2.9
6	2.69		2.7	2.57	3.33	3.7
7	3.36	3.32	3.7	3.46	5.07	3.9
8	5.35	5.89		6.05	5.87	

Note : T. D. ; Thermodilution, I. C. ; Impedance Cardiography

(심방세동)이 너무 심하여 그림 2에서와 같이 임피던스 파형에 oscillation이 나타나 박동량 계산이 불가능 하였다. 한편 동시에 기록한 ECG 신호상에는 fibrillation이 나타나 있지 않아 심장질환의 진단에도 유용함을 보여주고 있다.

되고 임피던스의 경우에는 대동맥을 통한 조직순환(system flow)보다는 폐동맥을 통한 폐순환(pulmonic flow)의 심박출량이 측정된다<sup>4)</sup>.

열회석법과 임피던스 심장기록법 간의 상관관계를 알아보기 위해 통계 프로그램인 MINITAB을

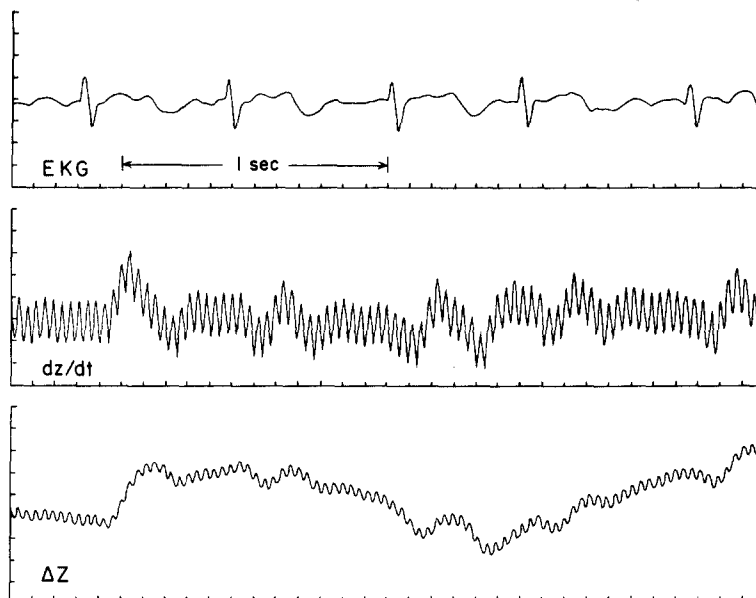


그림 2 Atrial fibrillation이 심한 환자의 EKG, dz/dt 및 ΔZ 파형

Atrial fibrillation은 승모판 협착이 상당히 심한 경우에 많이 발생되고 있는데 그 이유는 좌심방에 혈액이 비정상적으로 증가하여 좌심방 비대증(left atrium hypertrophy)과 이완(dilation)을 동반하고 이는 다시 circus movement를 유발하여 좌심방의 수축이 동기(synchronization)를 잃고 빠른 속도로 세동하기 때문이다<sup>5)</sup>. 임피던스 신호( $\Delta Z$ ,  $dZ/dt$ )에 좌심방의 세동이 나타나는 이유는 좌심방에 연결된 폐동맥에 좌심방 세동으로 인해 혈액이 증감을 하기 때문 일것으로 사료된다. 6번 환자 경우 PMV 실시후 심방세동이 제거되었는데 이것은 좌심방에서 좌심실로의 혈액 유입이 자유로와 심방 세동이 제거되었기 때문이다.

한편 5번 환자의 경우 임피던스 방법과 열회석법 혹은 Fick 방법간에 심박출량에 차이가 많은데 이것은 이 환자가 왼쪽 심장과 오른쪽 심장 간에 shunt(left to right shunt)가 있기 때문이다. Shunt가 있는 경우 위에 열거한 세방법 모두 오차가 커지게

이용하였다. 환자 8명으로 부터의 52쌍의 열회석법과 임피던스 방법에 의한 심박출량에 대한 상관계수는 0.895로 이 수치는 피검자가 모두 승모판 협착 환자임을 감안할 때 상당히 고무적인 결과이다. 또한 regression equation은 다음과 같다.

$$CO(\text{impedance}) = 0.980 CO(\text{dilution}) + 0.260$$

그림 3은 두 방법으로 측정한 52쌍의 심박출량의 상관관계를 보여주고 있다. 이 도표에서 볼 수 있듯이 심박출량이 2.5 l/min에서 8 l/min이르기까지의 광범위한 범위에서 두 방법간의 상관관계가 밀접함을 볼 수 있는데 이것은 임상적용시 중요한 의미를 내포하게 되는 것이다.

그림 4는 부정맥(arrhythmia)이 심한 6번 환자(표 1 참조)의 기록으로서 맨 위가 ECG, 가운데가  $dZ/dt$  그리고 세번째가  $\Delta Z$  파형으로서  $dZ/dt$  파형에 박동량(stroke volume)이 계산되어 있다.  $dZ/dt$  파형에서 (3)과 (6)이 정상적인 파형이고 나머지는 비정상적인 파형으로 비정상적인 파형의 경우 박

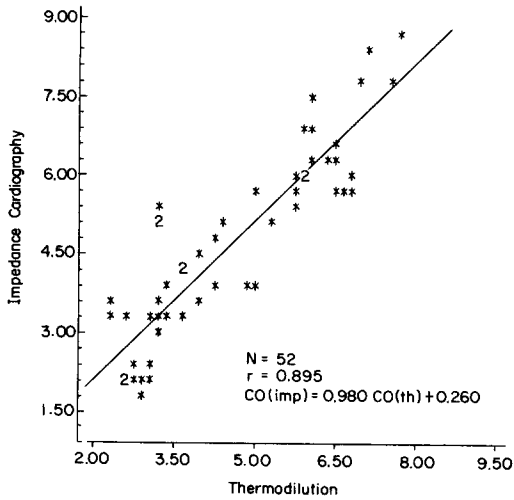


그림 3 열회석법과 임피던스 심장기록법으로 측정한 심박출량의 상관관계

동량이 정상인의 경우인 60-80ml를 크게 밑돌고 있다. 비정상적인 파형 (1, 2, 4, 5)에서는 맥박의 주기가 짧아 preload(대동맥 판막이 열리기 직전에 심실에 있는 혈액의 양)가 작아지는데 이것은 심실에 혈액이 충분히 유입되기 전에 맥박이 뛰기 때문이다. 그리하여 심박출량 또한 상당히 작음을 표 1에서 볼수 있다.

또한 맥박의 주기가 짧음으로 인해 LVET(Left Ventricular Ejection Time)도 짧아져 박동량이 작아지는데 비정상 파형의 경우 0.21-0.26 sec로 정상 파형의 0.3 sec(파형 3)보다 짧음을 그림 4(b)에서 볼수 있다. 그림 4(c)는  $\Delta Z$  파형으로서 호흡으로 인한 baseline drift를 보여주고 있다. 그림 4에서  $dZ/dt$ 는  $\Delta Z$ 를 1차 미분한 파형으로서,  $\Delta Z$ 는 전극 2와 3사이에 있는 흉부에서의 혈량의 변화를 나타내고  $dZ/dt$ 는 flow rate에 해당된다.

### 3. 결 론

Secher<sup>5)</sup> 등은 환자 7명을 대상으로 valsalva manuever(숨을 멈추고 흉부내의 압력을 높임으로써 흉부로의 혈액 유입을 막는 동작) 전후의 심박동량 변화를 열회석법과 임피던스 방법을 동시에 적용하여 상관계수 0.860(n=129)을 얻었다. 이 상관계수는 판막에 이상이 없는 환자들을 대상으로 하여 얻은 수치로, 본 연구에서 얻은 0.895는 개발된 임피던스 심장기록기의 정확도를 잘 나타내 주고 있다. 그리하여 임상에서의 표준방법인 열회석법을 임피던스 심장기록법으로 대체할수 있는 충분한 가능성이 보이고 있다. 또한 ECG 에 잡히지 않는 심장질환을 임피던스 파형을 통하여 진단할 수 있음을 볼수 있다.

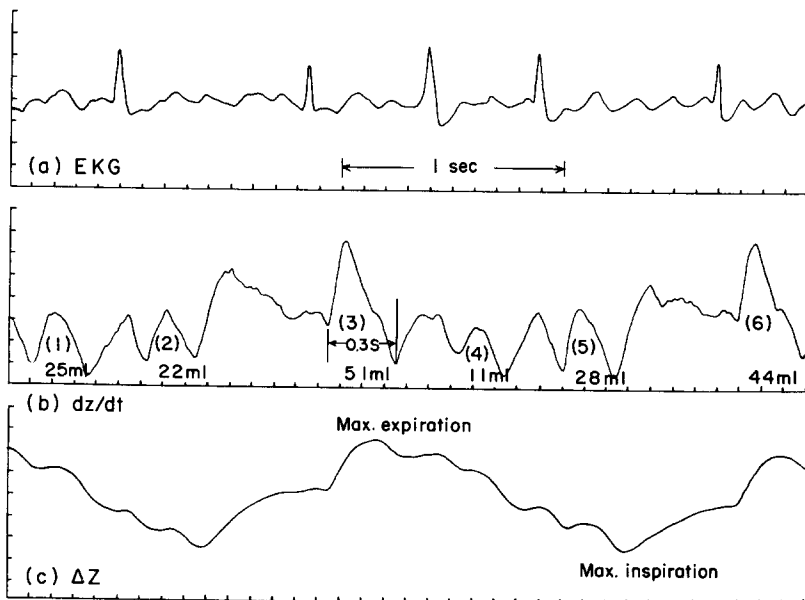


그림 4 부정맥 환자의 ECG,  $dZ/dt$  및  $\Delta Z$  파형

앞으로의 연구 방향은 ejection fraction을 포함한 심장근육의 수축성의 측정에 두고 있다.

#### REFERENCES

- (1) 김덕원, 김정열, 고한우, 김남현, 김원기, 임퍼던스 심장기록법을 이용한 심장 기능의 측정, 의공학회지, 9권 1호, pp. 109-115, 1988.
- (2) 김덕원, 임퍼던스 심장기록법, 전기학회지 37권 7호, pp. 81-86, 1988.
- (3) A. C. Guyton : *Textbook of Medical Physiology*, 6th edition, W. B. Saunders Co. Philadelphia, 1981, pp. 171-174.
- (4) Z. Lababidi, D. A. Ehmke, R. E. Durnin, P. E. Leaverton, R. M. Lauer : *Evaluation of Impedance Cardiac Output in Children, Pediatrics*, Vol. 47, No. 5, pp. 870-879, 1971.
- (5) N. H. Secher, A. Thomser, P. Arnsbo : *Measurement of Rapid Change in Cardiac Stroke Volume. An Evaluation of the Impedance Cardiography Method*, *Acta Anaesthet. Scand.* 21, pp. 353-356, 1977.