

# 임피던스 카디오그래피의 응용과 개발



金 德 源  
〈연세의대 의용공학과〉

현재 임상에서 심장의 질환을 진단하는데 심전도(ECG)가 필수적으로 이용되고 있으나 심전도는 심장에서 발생하는 전기적 신호를 측정할 뿐 심장의 근본적 역할인 혈액의 펌프능력을 나타내는 박동량(stroke volume), 심장근육의 수축능력(contractility) 및 Ejection Fraction 등의 측정이 불가능하나, Impedance Cardiography(IC)를 도입할 경우 이들 parameter들의 측정이 가능하다.

임피던스 혈량측정법(Plethysmography)은 인체의 특정부위에서의 혈량의 변화를 두쌍의 band전극이나 네쌍의 1회용 ECG 전극을 피부에 부착하여, 환자에게 전혀 고통을 주지않고, 안전하고 간편하게 측정하는 방법으로서 특히 심장의 박동량을 측정하는 분야를 IC라고 부른다. 이것의 원리는 심장박동시 전기적 전도성이 인체내에서 가장높은 혈액이 대동맥을 확장시킬때 흉부의 임피던스(저항)가 감소하게 되는데 이것을 혈량의 변화로 바꾸어 박동량을 측정하는 것이다. 임피던스 방법으로 특정부위의 혈량변화를 최초로 측정한 것은 독일의 Atzler와 Lehman에 의해 1932년에 시작되었다. 그후 수많은 학자들이 논문을 발표했고 1959년도에 미국의 J. Nyboer가 「Electrical Impedance Plethysmograph」라는 이분야에서는 최초의 mon-

ograph를 출판하였다. 그후 미네소타 대학의 Kubicek이 1967년도에 특허를 획득·상품화하여NASA에서 우주인의 심박출량(cardiac output)을 IC를 이용하여 성공적으로 측정하였다. 그후 여러회사에서 상품화하였고 계속 개량된 모델들이 개발되어 연구용뿐만 아니라 임상용으로도 널리 쓰이고 있으나 유독 국내에는 보급이 안돼있는 실정이다. 그 이유로서는 첫째가 이분야를 전공한 전문인력이 드물었고 둘째로는 가격이 1만5천~2만달러 정도로 상당히 고가였기 때문이다. 그리하여 본인이 Impedance Cardiography를 전공하였고 국내 이 분야를 널리 보급키 위해 본 의용공학과(김원기, 김덕원, 김남현, 고한우)에서 연세대 의대의 연구비 지원으로 87년 5월에 개발을 착수하여 1단계 기기개발이 끝난 상태이며 본 대학 생리학 교실과 마취과와 공동으로 임상실험을 진행중에 있다. 생리학 교실과는 운동중의 Oxygen uptake와 임피던스방법에 의한 심박출량의 동시 측정을, 마취과와는 환자의 심박출량을 열회석법과 임피던스방법을 동시에 측정하여 이들의 상관관계를 조사하고 있다. 이 임상실험과 2단계 기기개발이 끝나 상품화될 경우 수입품 가격의 반정도로 공급할 수 있으리라 기대된다.

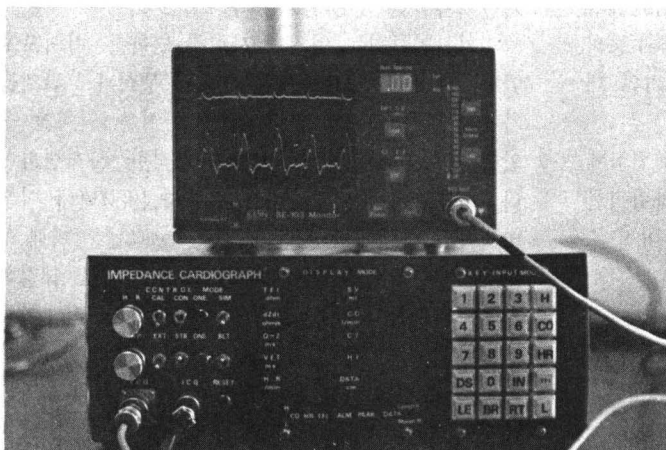
한편 IC의 심장내과 및 마취과에서의 응용분야는 다음과 같다. 아래의 항목중 1~5까지의 parameter들은 매박동시 실시간으로 디지털 디스플레이가 가능하다.

1. 박동량 및 심박출량 측정
2. LVET, PEP, 및 QS<sub>2</sub> 등의 Systolic Time Interval (STI) 측정
3. Ventricular contractility 측정
4. LVET 측정비에 의한 Preload 증감의 측정
5. Systemic Vascular Resistance (SVR) 측정에 의한 Afterload 측정
6. Thoracic Fluid Index 측정에 의한 pleural effusion과 Pulmonary edema의 감지
7. Volemic status 결정 (Normo, Hypo Hyper-volemic)
8. Ejection Fraction (EF) 의 간접 측정
9. 동맥의 탄력성 (elasticity) 계산

또한 digital blood flow를 포함한 사지의 혈량 (peripheral circulation) 측정이 가능하여 Deep venous thrombosis를 진단할 수 있으며, 그밖에 Cerebral blood flow, Bladder volume, Vterine contraction, Muscular contraction, Galvanic Skin Resistance (GSR), Electrodermal Response (EDR), Blood resistivity, Salivation secretion 측정등 다양한 응용범위를 가지고 있다. 시장성에 있어선 CCU, ICU, OR, Dialysis Unit, Burn Unit, Neonatal ICU, 스포츠의학, 약물치료, 회복실, 응급실등 매우 광범위하다.

현재 임상에서의 심박출량 측정의 표준방법인 열희석법과 IC의 장단점을 비교해 보면, 열희석법의 장점으로서는 임상에서의 표준방법이라는 것이고 단점으로서는 측정기술에 따르는 부정확, 측정비용의 고가, 관혈성, 카테타의 심장삽입에 동반 하는 위험성, 환자의 고통, 측정횟수의 제한등 여러가지가 있다. 한편 IC의 장점으로서는 측정의 용이, 측정비용의 저렴, 비관혈성, 안전성, 실시간 감시, 높은 재현도( $\pm 15\%$ ) 등 열희석법의 단점들을 모두 커버하는 한편 단점으로서는 임상에서의 표준방법이 아니라는 것이나 열희석법의 재현도가 약 $\pm 30\%$ 라는 것을 고려할 경우 큰 문제가 되지 않는다. 또한 임상에서는 절대값도 물론 중요하지만 대개의 경우 trend가 더 중요시되는 경우가 많아 심장수술전과 수술후, 약물투여전과 후, Fluid loading 전과 후 등의 심박출량, 심장근육의 수축성, Pre-load, After-load, STI등의 상대적인 변화를 연구 하는데 IC가 상당히 적합한 방법인 것이다.

이번에 개발된 기기의 의의로서는 회로설계 부터 시제품 완성까지 의용공학과와 순수한 기술인력으로 개발되었다는 점이고, 외국제품은 파형을 화면으로 볼 수 없는데 비해 본제품은 ECG와 임피던스 파형을 모니터를 통해 계속 관찰할 수 있다는 점이다. 또한 앞으로 마이크로 컴퓨터를 내장하여 각각의 parameter들을 모니터 상에 숫자로 디스플레이 시키고 프린터를 통하여도 일정기간 동안의 parameter들을 출력시킬 예정이다.



◀연세대의 의용공학과 팀이 개발한 임피던스 카디오그래피의 사진