

심부전 환자에서 impedance cardiogram (ICG)의 검사법의 유용성

원주연세대학교 의과대학 순환기내과

유 병 수

서론

심부전 환자에서 이학적 검사나 간단한 검사를 통해 환자의 혈액학적 상태를 평가하는 것은 반드시 필요하고 치료에 유용한 방법이나 치료에 대한 반응이 적절하지 못한 심부전 환자나 일부 급성 심부전 환자에서는 Right heart catheterization(이하 RHC)로 침습적인 측정 (invasive monitoring)을 시행하여 병태생리를 이해하고 환자를 치료하는데 도움을 줄 수 있기 때문에 부분적으로 유용하게 쓰일 수 있다. 하지만 RHC는 침습적 방법을 이용하고 시술에 의한 합병증 때문에 실제 임상에 사용되는 경우는 드물다. 이에 비 침습적인 방법인 Bioimpedance를 이용하여 혈액학적 지수를 측정하는 방법이 개발되었고 이에 대해 간략하게 소개하고자 한다.

본론

Impedance cardiogram (ICG)

최근 비 침습적 방법으로 혈액학적 지수를 측정할 수 있는 방법들이 개발되었고, 특히 impedance cardiogram은 1940년 대부터 연구 시작되어 오늘날까지 기술적으로 발전을 거듭해 온 방법으로 bioimpedance를 이용하여 cardiac output, systemic vascular resistance, total fluid content 등의 측정할 수 있다. 이와 같은 검사법은 일부 제한점이 있지만 지속적인 기술 개발로 비교적 정확하게 침습적 방법에 유사한 값을 얻을 수 있으며 안전하며 가격대비 효율이 높고 조작법이 쉽고 검사 시간도 적은 이점이 있다. 더욱이 심장박동 각각에 따라 변화하는 혈액학적 지표를 연속적으로 측정할 수 있는 장점이 있다.

1. Impedance cardiogram의 원리(technology) 및 상품화

Impedance cardiogram(이하 ICG)은 Fig. 2. 같이 sensor를 부착하여 흉곽에 전류를 흐르게 한다. 전류는 혈액이 차 있는 대동맥을 지나게 되는데 이 때 저항이 최저로 작용하는 루트로 전류는 흐르게 된다. 전류가 흐르는 동안 먼저 ICG는 기저 저항(impedance: resistance)를 측정하고 각각의 심장박동에 따라 대동맥 안의 혈액량과 속도의 변화를 감지하여 이에 상응하는 저항(impedance)의 변화를 측정한다. ICG는 이렇게 측정한 기저 저항치와 변화에 따른 저항값을 가지고 여러 가지 혈액학적 지표들을 산출하게 된다(Fig. 1).

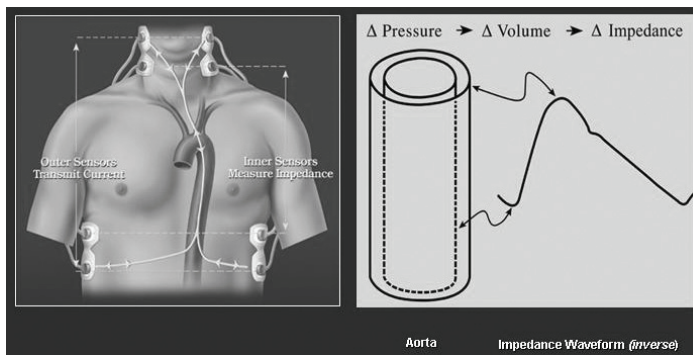


Fig. 1. Principles of ICG

또한 이를 이용한 제품이 1980년에 출시되었고 이후 BioZ (GE medical)외에 여러 회사 제품이 실제 임상에 이용되고 있다(Fig. 2).

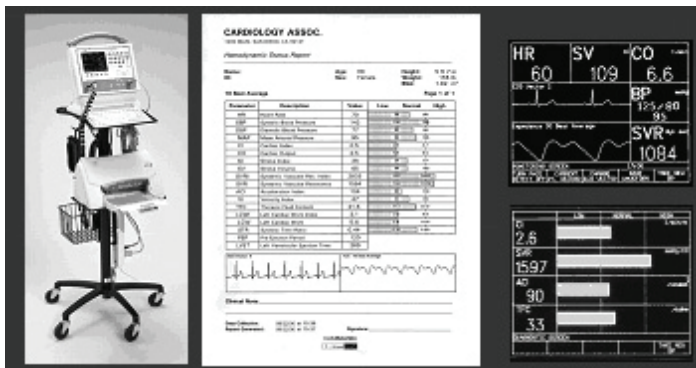


Fig. 2. BioZ ICG

2. ICG 지표(Parameters)

ICG를 이용하여 측정하거나 산출할 수 있는 지표들은 다음과 같다(Fig. 3).

Measured Parameters	Calculated Parameters
◆ Thoracic Fluid Content(TFC)	◆ Stroke Volume / Index (SV/SI)
◆ Heart Rate (HR)	◆ Cardiac Output / Index (CO/CI)
◆ Acceleration Index (ACI)	◆ Systemic Vascular Resistance / Index (SVR/SVRI)
◆ Velocity Index (VI)	◆ Left Cardiac Work / Index (LCWI) Left Stroke Work / Index (LSWI)*
◆ Pre-ejection Period (PEP)	◆ Systolic Time Ratio (STR)*
◆ LV Ejection Time (LVET)	◆ Delivered Oxygen Index (eDO ₂)*
	* Available with BioZ ICG Module only

Fig. 3. Measured or calculated parameters in ICG

RHC와 같이 ICG에서도 CO/CI, SV/SI, SVR/SVRI, LSWI/LCWI를 측정할 수 있으나 PVR/PVRI, 폐동맥압, PCWP는 ICG를 가지고 측정할 수 없다. 또한 특징적으로 impedance에 반하는 (1/Z) total fluid content를 측정할 수 있어 congestion 여부를 비교적 객관적으로 측정할 수 있다.

3. ICG 정확성(Accuracy)

ICG를 이용하여 측정한 혈액학적 지표들의 값들이 기존의 침습적인 측정 방법을 사용할 때와 얼마나 차이가 나는지를 비교한 연구들이 있다. 관상동맥우회술을 시행받은 환자 78명을 대상으로 한 비교 분석에서 기존의 thermodilution 방법과 ICG를 이용하여 cardiac index(이하 CI)를 측정하였을 때 두 방법 사이의 correlation이 0.85, Precision은 0.24 l/min/m², Bias는 0.09 l/min/m²였다. 33명의 폐고혈압 환자를 대상으로 한 연구에서도 ICG와 Direct Fick 방법을 비교하였을 때 correlation은 0.85, Precision은 0.44 l/min/m², Bias도 -0.14 l/min/m²였다. 59명의 심부전 환자를 대상으로 한 연구에서도 ICG와 Direct Fick 방법을 비교하였을 때 correlation은 0.73, Precision은 1.1 l/min/m², Bias도 0.74 l/min/m²였다. 이와 같은 결과들은 기존의 침습적인 방법과 비교하여 유사한 정확성을 나타내어 일부 제한점은 있으나 비교적 그 정확도를 신뢰할 만한 하다. 하지만 Bioimpedance를 이용한 다른 검사법과 마찬가지로 그 값이 상대적이며 절대적인 수치로 평가하기는 어렵고 chest impedance에 영향을 미치는 다른 질환(lung disease, BSA가 심하게 작거나 큰 경우, AR이 동반된 경우 등)에서는 그 정확도가 감소할 수 있다.

4. ICG의 임상 적용(Clinical Application)

ICG는 기존의 침습적인 PAC를 대체할 수 있는 방법으로 환자의 초기 평가와 진단에 도움을 줄 수 있으며 환자의 현재 혈액학적 상태를 평가하여 혈액학적 치료목표를 설정하고 치료에 대한 효과 및 반응을 평가하는데 ICG를 응용할 수 있다. 그리고 치료 반응에 따라 약물 용량을 적절하게 조절(Optimize Drug Titration)하는데 효과적으로 사용할 수 있다. 이 밖에도 응급실에서는 급성 호흡곤란으로 내원한 환자들을 감별 진단 시 심인성(cardiac) 호흡곤란과 심장 외적인 요인(non-cardiac)에 의한 호흡곤란을 감별하는데 유용하며, ICG로 혈액학적 상태를 평가하여 저혈압 및 쇼크(shock)의 원인이 탈수(dehydration) 등의 체액량에 의한 것인지 아니면 패혈증(sepsis) 등의 다른 원인에 의한 것인지를 감별하는데 도움이 된다. 그리고 이러한 호흡곤란 환자들 중에는 보상작용에 의해 증상이 심하지 않을 수도 있어 실제로 입원이 필요함에도 퇴원 후 귀가 조치하는 경우가 많은데 ICG를 이용하여 정확한 혈액학적 상태를 확인하면 실제로 입원치료가 필요한지 여부를 결정하는데 도움이 될 수 있다. 같은 맥락으로 중환자실에서 적극적인 치료가 필요한 환자를 선별할 때도 ICG가 유용하게 쓰일 수 있다. ICG는 심장 수술을 받을 환자나 고령의 환자가 수술을 받을 때 수술 전 위험도를 평가하는데 유용하다. 이와 같이 ICG는 비 침습적 방법인 동시에 비교적 간단하고 저렴한 방법으로 측정할 수 있으며, 혈액학적 지수들을 쉽게 bedside에서 반복적으로 측정할 수 있어 이를 이용하면 혈액학적 상태를 보다 정확하게 파악하여 심부전 환자에서 적절한 치료가 이루어 질 수 있도록 도움을 줄 수 있다. 하지만 측정된 혈액학적 지수의 정확성 문제 및 측정된 지수를 이용한 치료 방침에 대한 연구는 현재 진행 중이며 추후 많은 연구를 통해 보완되어야 할 것으로 생각된다. 그 외에 고혈압 환자나 만성 심부전 환자의 약제 조절 등 외래 치료 시 도움이 될 수 있다.

5. Implantable hemodynamic monitor

최근에는 우심실에 전극을 심고 심박동기 크기의 implantable monitor를 몸에 삽입하여, 지속적으로 폐동맥압, 우심실압, 심박동수, 체온, 활동도(activity)를 측정하여 임상 의사에게 직접 오지 않고 remote monitor system을 이용하여 central server에 전달할 수 있는 implantable hemodynamic monitor로 개발되었다(Fig. 4). 이는 환자의 지속적인 hemodynamic monitor를 통해 보다 정확한 치료 방침을 수립할 수 있고 초기에 혈액학적 지수 및 그 외 체내 생체 변화를 알 수 있다. 최근 COMPASS-HF 연구에서 그 결과가 긍정적으로 발표되었고 향후 심부전 환자 치료에 중요한 부분으로 발전할 가능성이 기대된다.

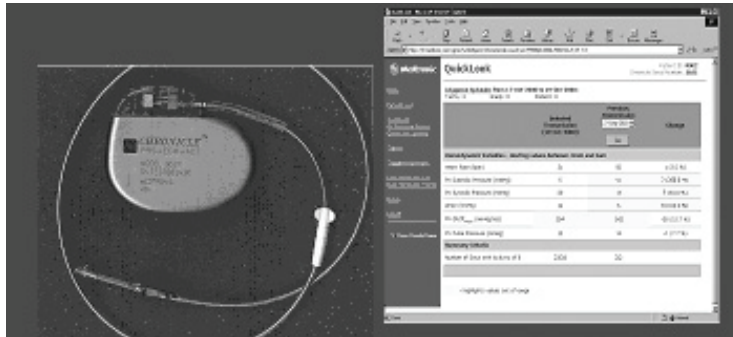


Fig. 4. Chronicle™ implantable haemodynamic monitor

결론

심부전 환자, 특히 급성 심부전 환자나 ADHF 환자 일부에서 혈액학적 접근은 환자의 임상 변화를 이해하고 정확히 진단하는 중요한 방법이며 치료뿐만 아니라 예후에도 영향을 미칠 수 있다. 따라서 환자의 내원 시 환자의 침상에서 이학적 검사를 통해 판단하는 것이 중요하며 최근 다양해진 검사법을 통해 침습적 방법을 대치 할만한 검사법들이 연구되어 일부 그 유용성이 입증되었고 추후 그 활용 성이 확대될 것이라 생각된다.

REFERENCES

1. C. Yancy and W. Abraham, *Noninvasive hemodynamic monitoring in heart failure utilization of impedance cardiography*. Congest Heart Fail 2003;9:241-250.
2. C. Springfield, F. Sebat, D. Johnson, S. Lenge and C. Sebat, *Utility of impedance cardiography to determine cardiac vs. noncardiac cause of dyspnea in the emergency department*. Congest Heart Fail 2004;10:14-16.
3. Albert NM, Hail MD, Li J, Young JB. *Equivalence of the bioimpedance and thermodilution methods in measuring cardiac output in hospitalized patients with advanced, decompensated chronic heart failure*. Am J Crit Care 2004;13:469-479.
4. Leslie SJ, McKee S, Newby DE, Webb DJ, Denvir MA. *Non-invasive measurement of cardiac output in patients with chronic heart failure*. Blood Press Monit 2004;9:277-280.
5. Peacock WF IV, Albert NM, Kies P, White RD, Emerman CL. *Bioimpedance monitoring: better than chest x-ray for predicting abnormal pulmonary fluid?* Congest Heart Fail 2000;6:86-89.
6. Rosenberg P, Yancy CW. *Noninvasive assessment of hemodynamics: an emphasis on bioimpedance cardiography*. Curr Opin Cardiol 2000;15:151-155.
7. Steinhaus D, Reynolds DW, Gadler F, Kay GN, Hess MF, Bennett T. *Chronicle Investigators. Implant experience with an implantable hemodynamic monitor for the management of symptomatic heart failure*. Pacing Clin Electrophysiol 2005 Aug;28(8):747-753.