

Impedance 방식을 이용한 체내수분 측정에 관한 연구

이지웅, *오중환, 윤형로

연세대학교 보건과학대학 의용전자공학과
*연세대학교 원주의과대학 흉부외과

Analysis of total body water by Impedance Measurement technique

Ji Woong Lee, *Jung Whan Oh, Hyung Ro Yoon

Biomedical engineering dept. College of Health Science Yonsei Univ.
*Cardio vascular surgery dept. Wonju College of Medicine Yonsei Univ.

국문요약

신체의 특정부위에 정전류를 흘리고 이에 의한 전압의 차이를 이용하여 임피던스를 측정 후 체내수분을 구하는 방법은 안전하고, 비침습적이며 신속하고, 조작하기 쉽다. 더우기 측정기구의 이동이 용이하므로 실험실밖에서도 측정이 가능하고 환자의 협조가 별로 없어도 쉽게 측정할 수 장점이 있기 때문에 이를 임상에 적용시키기가 용이하다.

본 연구에서는 설계한 임피던스 측정기는 8bit원칩 마이크로프로세서를 이용하여 다중 채널 주파수 선택이 가능하며 데이터의 입출력 및 통신까지도 가능하도록 설계하였고 이 장치에 대한 실험으로 100명(남자71명, 여자29명, 평균나이 34.1 ± 18.4 세, 1-78세)을 대상으로 체내 임피던스의 기초적인 자료를 구하고 이를 바탕으로 수술전후 환자의 체내수분 변화량을 측정하였다.

실험결과, 수술전후 금식 및 수액투여에 따른 체수분 변화를 관찰할수 있었다.

제 1 장 서 론

인체내 물의 함량은 체중의 약 50-70%로서 물의 구성성분중 가장 많은 비중을 차지한

다. 체액은 연령, 체내 지방함량 및 그 밖의 다른 요인들에 의해 다소 차이를 가지므로 이에 따라 체내 임피던스 또한 다르게 나타난다. 건강한 사람의 경우 세포내외액은 항상 규칙적인 비율을 유지하고 있으나 부종의 원인이 되는 세포외액에서의 과잉적인 체액의 증가는 이 규칙성을 벗어나게 된다.

인공심폐기를 이용하여 체외순환을 시행한 개심술 환자나 장기간 중환자실에 입원한 영양결핍의 환자, 신부전으로 소변의 배출에 장애가 있는 환자등에서 자주 볼 수 있는 조직부종은 체내수분의 이상상태로 적절한 치료가 없으면 여러 장기부전을 초래하여 치명적일수 있다. 따라서 조직부종을 조기에 발견하는 손쉬운 방법이 통용된다면 환자의 유병율과 사망율을 줄이는 데 상당한 도움이 될 것이며 인체의 영양상태를 결정하거나 임상적으로 환자의 경과를 예측하는 지표가 될 수 있다.

조직의 부종을 아는 방법에는 여러가지가 있겠으나 고식적인 방법으로는 수액의 intake와 output을 측정하고 체중을 측정하는 방법이 있으며, 더 나아가 인체의 구성성분을 측정하는 방법에는 D_2O , HTO, inulin등의 indicator물질을 이용하거나 캘리퍼를 이용한 피부두께 측정법, 적외선 측정법, 수증계량법등이 다양하게 있으나 측정에 따른 환자의 협조, 시간, 측정기기의 고가, 설치장소의 확보 및 유지 등에 어려움이 있으며 대개의 경우 부분적인 측정만이 가능하다.

-cision full-wave rectifier 및 two pole low-pass filter를 사용하였다. 손목과 발목의 2개소 ECG전극을 통하여 감지된 전압은 앰프를 통하여 증폭되고 전파정류된 뒤 저역 통과필터에서 DC전압으로 변환된다. 이 회로 역시 피검자의 보호를 위하여 isolation 전원을 이용하였으며 변환된 DC전압은 photocoupler를 통하여 CPU에 전달된다.

제어부

8bit 8051 원칩 마이크로 프로세서를 CPU로 하였다. CPU로부터의 8bit 주파수 제어신호는 8개의 photocoupler를 통하여 DAC에 전달된다. DAC에 의해 아날로그로 변환된 전압은 정전류원의 VCO를 제어하여 필요한 주파수를 만들게 한다.

복조기에서 받아들인 전압은 역시 photocoupler를 통하여 ADC에 전달된다.

ADC에서 변환된 디지털값은 CPU에 입력되는 실질적인 데이터값이 된다.

입력된 데이터는 추정방식에 필요한 피검자의 신장자료와 더불어 체내수분함량으로 연산처리 되어지고 이는 LCD에 출력된다.

전 원

Noise filter를 통하여 들어온 100V의 상용전원은 13.6V로 안정화 된다. 이 전압은 정전시 12V 배터리 동작을 위한 Tr들의 스위칭 회로를 거쳐 다시 레귤레이터에서 $\pm 5V$ 와 $\pm 12V$ 의 전원을 만든다. 이 전원은 제어부에서 주로 사용되며 isolation 되어있는 정전류원과 복조기는 DC/DC converter를 통하여 공급되며 약 1500V 이상의 DC isolation이 이루어 진다.

2.2 체내수분(T.B.W.) 측정

1) 연구대상

연구대상으로는 100명(남자71명, 여자29

명, 평균나이 34.1 ± 18.4 세, 1-78세)을 선정하였고 크게 수술환자군과 대조군으로 나누어 실험하였다.

수술환자군에 대한 실험에서는 수술전후시 체내수분의 변화량을 임피던스 측정기로 확인하는데 있으며 측정주기로는 금식 2시간 후, 11시간 후, 수술직후 그리고 수술 하루 경과 후를 기준으로 측정하였다. 대조군으로는 건강한 성인 7명을 선정하여 약 5개월간 임피던스 변화량을 살펴보았다. 본 실험에서 얻어진 데이터는 피검자의 신장, 체중, 성별, 나이 등을 고려하여 처리하였다.

2) 연구방법

우선 환자를 양와위 자세로 취하고 우측발목과 우측발목의 피부 4군데(중수골과 중족골의 원위부, 요골과 척골사이의 원위부 돌기, 발목의 내외 malleoli)에 전해질 젤이 묻어있는 심전도용 전극(Ag-Agcl)을 연결한다. 50kHz, 1mA의 전류를 팔목과 발목의 원위부에서 각각 통과시키면 근위부에 연결된 전극을 통하여 임피던스에 비례하는 전압이 회로의 복조기를 통하여 검출되고 이를 이용하여 체내수분의 변화를 측정한다.

제 3장 결 론

1) 결과

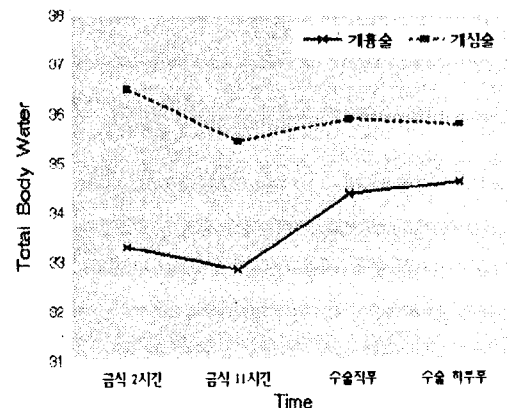


그림 2. 수술전후시 T.B.W. 변화 그래프

표 1. 수술 전후시 T.B.W.의 변화량 표

단위: kg

수술명	금식2시간	금식11시간	수술직후	수술하루후
개심술	36.49	35.44	35.89	35.79
개흉술	33.26	32.82	34.35	34.59

개심술 및 개흉술 환자의 임피던스 곡선은 비슷한 형태의 기울기를 나타냈으며 개심술 환자의 경우를 보면 수술전 금식기간이 2시간 경과한 경우와 11시간 경과한 후 체내수분(체중) 감소는 평균 1.43 ± 1.41 kg (0.1 - 5.3 kg) 로 다소 차이를 보여주었다. 이에 비해 수술후 임피던스 변화량은 금식 2시간 후를 기준으로 볼때 변화에 있어 통계적 의의가 없었다.

표 2. 개인별 임피던스 변화량 측정표

Subject	Mean \pm S.D. (ohms)
Control 1	602.8 \pm 5.5
Control 2	592.0 \pm 29.0
Control 3	539.0 \pm 12.4
Control 4	585.6 \pm 32.2
Control 5	653.5 \pm 26.4
Control 6	523.5 \pm 11.7
Control 7	561.0 \pm 15.9

위의 표는 건강한 성인 7명에 대해 약 5개월간 측정된 임피던스 변화량이다. 표에서 볼수 있듯이 개인간의 편차는 크게 나타났으나 한 개인에 있어서의 임피던스 변화량은 매우 작았다. 이는 개개인이 고유치를 갖고 있으며 따라서 체내임피던스의 지속적인 측정은 체내수분의 상태를 알수 있는 편리한 방법으로서 임상응용의 가능성을 제시하였다.

본 연구에서 개발한 multi frequency impedance 측정기는 원칩 마이크로 프로세서를 통한 시스템 운영체제로서 내장 프로그램에 의해 동작하며 데이터의 입출력은 물론 연산처리 및 저장능력과 PC를 통한 통신기능까지도 고려하였다. 또한 500Hz-50kHz, 256 steps의 주파수 대역과 측정시 0.02 volts의 고분해능을 갖고 있고 또한 피검자를 보호할 수 있도록 전기적 안전도를 고려하여 의료용으로의 사용이 가능하다.

향후 연구의 초점은 주파수 대역에 따른 생체의 전기적인 특성을 고려하여 생체 구성 성분간의 상호상관계수를 구하고 수학적인 모델링을 통하여 실제 생체 구성성분의 양을 추정하는데 있다. 현재까지 밝혀진 논문과 생리학적인 자료를 통하여 분석가능 할 것으로 예상되는 성분으로는 다음과 같다.

- Weight and percentage of the Lean Mass (FFM)
- Weight and percentage of the Fat Mass (FAT)
- FFM/FAT ratio
- Liters and percentage of total body water (TBW)
- Weight and percentage of the Extra-Cellular Mass (ECM)
- Weight and percentage of the Cellular Mass (BCM)
- Liters and percentage of Extra-Cellular Water (ECW)
- Liters and percentage of Intra Cellular Water (ICW)
- Exchangeable potassium (K_e)
- Exchangeable sodium (Na_e)
- K_e / Na_e ratio

이외에도 Metabolic rate, Body density 등 더 많은 부분에 대한 분석이 기대되며 다각도에서 임상실험을 계속할 예정으로 되어있다.

2) 고찰

참고문헌

- Segal KR, Burastero S, Chun A, Coronel P, Pireson R, Wang J: Estimation of extracellular and total body water by multiple-frequency bioelectrical impedance measurement. *Am. J. Clin. Nutr.* 1991
- Lukaski HC, Bolonchuk WW, Hall CB, Siders WA: Validation of tetrapolar bioelectrical impedance method to assess human body composition. *J Appl Physiol* 60(4):1327-1332, 1986
- Lukaski HC, Johnson PE, Bolonchuk WW, Lyken GI: Assessment of fat-free mass using bioelectrical impedance measurements of the human body. *J Appl Physiol* 41:810-817, 1985
- Deurenberg P, van der Kooy K, Leenen R, Schouten FJ.: Body impedance is largely dependent on the intra and extracellular water distribution. *Eur J Clin Nutr* 1989
- Kushner RF, Schoeller DA: Estimation of total body water by bioelectrical impedance analysis. *Am J Clin Nutr* 44:417-424, 1986
- Davies PS, Preece MA, Hicks CJ, Halliday D: The prediction of total body water using bioelectrical impedance in children and adolescents. *Hum Biol* 15:237-40, 1988
- Novak I, Davies PSW, Elliot MJ: Noninvasive estimation of total body water in critically ill children after cardiac operations. *J Thorac Cardiovasc Surg* 104:585-9, 1992
- Perko G, Perko MJ, Jansen E, Secher NH: Thoracic impedance as an index of body fluid balance during cardiac surgery. *Acta Anaesthesiol Scand* 35:568-571, 1991,