

# 생체 전기 신호에 의한 효율적인 생체 신호 측정

오세용· 황대석· 이영우\*

\*목원대학교

Effective Body Signal Measurement with the Bioelectric Impedance Analysis

Se Yong Oh\* · Dae Seok Hwang\* · Young-Woo Lee\*

\*Mokwon University

E-mail : ywlee@mokwon.ac.kr

## 요 약

생체 전기 임피던스법(Bioelectrical Impedance Analysis, BIA)은 신체의 체수분량을 측정하고 이를 바탕으로 체지방량을 측정할 수 있다. 여기에 사용된 상관식은  $FFM = -4.104 + 0.518H + 0.231W + 0.130X + 4.229S$ 를 사용하였다. 여기서 H는 신장, R은 저항값, W는 체중, X는 리액턴스이고 S는 성별이다.

## ABSTRACT

Bioelectrical Impedance Analysis(BIA) can measure body water amount and then body fat mass. The formula is used here  $FFM = -4.104 + 0.518H + 0.231W + 0.130X + 4.229S$  is used. In this work, H is height, R is resistance value, W is weight, X is reactance and S is distinction of sex.

## 키워드

Bioelectric, Impedance, Bodyfat, BIA

## I. 서 론

현대인들은 경제적으로 풍족해짐에 따라 과거에 비해 많은 양의 칼로리를 흡수하게 되었고 이에 따라 비만 환자들이 증가 하고 있다. 이러한 비만 환자들은 당뇨 및 뇌졸중, 심장병 등의 성인병의 원인이 되고 있다. 이런 이유로 자신의 건강을 유지하기 위해서 많은 노력을 하고 있고 항상 자신의 건강 상태를 체크하기를 원한다.

이러한 건강 체크 방법으로 신체의 비만도를 측정 하는 방법중의 하나로 생체 전기 임피던스법(Bioelectrical Impedance Analysis, BIA)이 있다. 생체 전기 임피던스 측정법은 신체의 체수분량을 측정하여 비만도를 측정하는 기술이다.<sup>[1]</sup> 건강한 개인에게서 체지방량(Body Fat Mass, BFM)은 일정량의 수분을 함유하고 있으므로 BIA법은 BFM을 산출하기 위해서 사용된다. 체지방을 측정하는 방법에는 BMI법, 스킨 폴더법, NIR 방법과 DEX법 등이 있지만 사용하기 불편하거나 정확도 면에서 BIA 방법이 우수하므로 가장 활발히

연구 되어 지고 있다.<sup>[2]</sup> BIA는 1969년 Hoffer의 보고 이후 체성분 분석을 위한 방법으로 사용되기 시작했다.<sup>[3]</sup> 본 연구에서는 4개의 전극을 각 2개씩 손바닥에 위치시켜 측정하는 방법을 사용하였고 이를 위한 상관식은 수식 1을 사용하였다.<sup>[4]</sup>

$$FFM = -4.104 + 0.518H + 0.231W + 0.130X + 4.229S \quad (1)$$

여기서 H는 신장, R은 저항값, W는 체중, X는 리액턴스이고 S는 성별이다. 성별은 남자일 경우 1 여자일 경우 0으로 간주 한다.

## II. 시스템 구현

그림 1은 구성된 하드웨어의 기능 블록도를 보여 주고 있다. 체지방 측정 모듈에 사용된 마이크로 컨트롤러는 ATMEL사의 ATmega128을 사용하였고 50kHz 교류신호 발생부, A/D변화부 및 기타 I/O 포트, LCD에 표시 하기 위한 지시부로 구성 되어 있다. 휴대가 가능하도록 하기 위해서 사이즈를 최소화 하였으며 전력 소모를 최소화

하도록 구현 하였다.

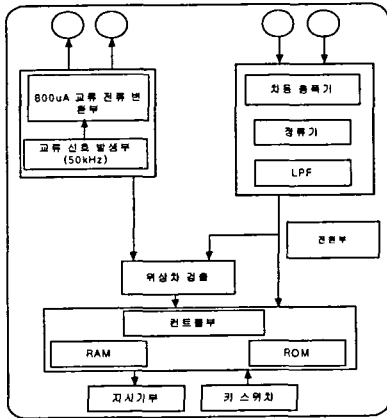


그림 1 시스템 기능 블럭도

입력 단자에서는 신체에 50kHz(800μA)의 교류 전류 신호를 흘려주고 측정 단자에서 받는 신호는 차동 증폭기를 거쳐 증폭된 후 컨트롤러에 입력되어 전압을 측정하고 위상차 검출기를 거쳐 위상차를 구한다.

먼저 측정된 전압과 입력된 전류에 의해서 저항을 계산한다. 다음으로 입력 50 kHz 사인파와 측정 사인파의 위상차를 측정하여 리액턴스값(Reactance Value)을 계산한다. 이를 계산하기 위한 식은 수식 (2)와 수식 (3)에 있다.

$$V = IR, Z = R + jX \quad (2)$$

$$R = |Z| \cos \theta, X = |Z| \sin \theta \quad (3)$$

여기서 각각의 변수는 다음과 같이 정의한다.  $V$  = 전압,  $I$  = 전류,  $R$  = 저항,  $Z$  = 임피던스 (Impedance),  $X$  = 리액턴스(Reactance),  $\theta$  = 위상차를 나타낸다.

수식 (4)는 위에서 계산된 저항과 리액턴스(Reactance)에 신장, 나이, 성별, 및 체중을 입력하여 지방성분을 제외한 인체 조성물(FFM : Fat Free Mass)을 계산할 수 있다.

$$FFM = -4.104 + 0.518H + 0.231W + 0.130X + 4.229S \quad (4)$$

여기서 각각의 변수는 다음과 같이 정의한다.  $H$  = 신장(cm),  $R$  = 저항,  $X$  = 리액턴스(Reactance),  $W$  = 체중 (Kg),  $S$  = 남자 : 1, 여자 : 0.  $Age$  = 나이를 나타낸다.

계산된 FFM에 의해서 지방성분량과 비만도를 계산할 수 있다.

$$\text{체지방량 (Fat)} = \text{몸무게 (Weight)} - \text{지방을 제외한 인체 조성물 (FFM)} \quad (5)$$

$$\text{비만도 (\% Body Fat)} = (\text{체지방량 (Fat)} / \text{몸무게 (Weight)}) \cdot 100(6)$$

실제 실험 장치도는 그림 2와 같다.

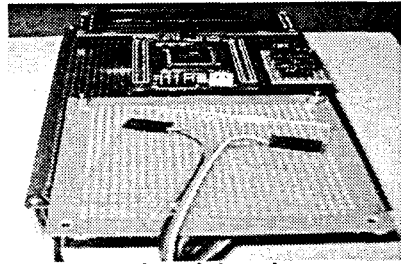


그림 2 실제 구현도

### III. 상관식에 의한 비만도 측정

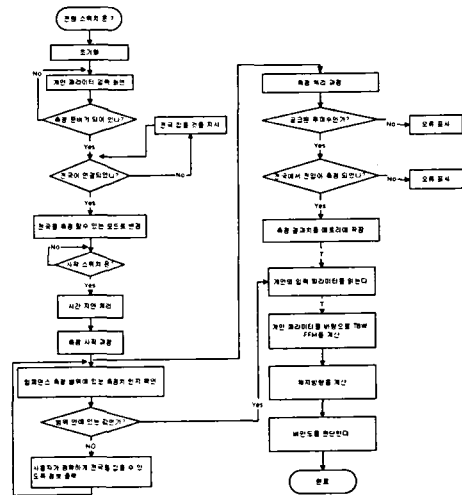


그림 3 소프트웨어 구현

본 시스템에 사용된 컴파일러는 IAR사의 IAR 컴파일러를 사용하여 개발 하였고 메모리 사이즈를 최소화 하기 위해서 프로그램 최적화에 노력을 하였다.

그림 3은 전체의 시스템의 구동 과정을 보여 주고 있다. 직접 입력된 신장, 체중, 나이, 성별과 측정된 전압과 리액턴스를 바탕으로 수식 4에 적용하여 비만도를 계산하였다.

표 2 성별 나이에 따른 비만도 세부 분포

성별	남자		여자	
	30세 미만	30세 이상	30세 미만	30세 이상
마른	14%미만	17%미만	17%미만	20%미만
이상	14 ~ 17%미만	17 ~ 20%미만	17 ~ 20%미만	20 ~ 23%미만
표준	17 ~ 20%미만	20 ~ 23%미만	20 ~ 24%미만	23 ~ 27%미만
통통	20 ~ 25%미만	23 ~ 25%미만	24 ~ 30%미만	27 ~ 30%미만
비만	25%이상		30%이상	

표 2는 남자와 여자의 성별로 나누고 이를 다시 30세를 기준으로 나이를 나누어 결과 값을 표현 했다.

#### IV. 실험 결과

측정 대상은 19세에서 65세 사이의 성인 남자 81명과 여자 71명을 대상으로 실험을 하였다. 이들의 신체적 평균 특성은 표 3과 같다. 이들 실험 대상자들은 12시간 전에는 운동이나 음식을 섭취 하지 않은 실험자를 대상으로 측정하였다.

표 3 피검자의 평균 신체 특성

	남자	여자
나이(year)	34.6	24.8
체중(kg)	68.7	63.2
신장(cm)	171.7	160.7

체지방 측정 방법은 피검자가 선자세에서 양발을 어깨 넓이로 벌리고 양팔을 앞으로 편 상태에서 측정하였다.

표 4는 피검자들의 측정 값을 남녀별로 나누어 보여 주고 있다. 여자의 경우 표 3에서 볼수 있듯이 전반적으로 체중이 매우 높음으로서 표 4의

결과에서도 전반적으로 비만도가 높은 것으로 나왔다. 하지만 남자의 경우 체중이 높지 않은 상하에서도 비만도가 높은 것으로 나온 것은 신체 내의 내부 비만도가 높은 것으로 판단 된다.

표 4 남녀 성별대별 측정치

	마른	표준	이상	비만	통통	합계
남자	9	5	19	12	36	81
여자	0	6	5	35	25	71

표 5는 나이별로 측정값을 비교하였다. 피검자들은 평균적으로 평균치 이상의 지방량을 가지고 있었으며 10대 후반에서 20대 사이에서는 통통한 사람들의 비중이 높았는데 이는 측정시 설문조사에 의하면 식생활 문화가 향상된데 비례하여 다이어트를 위해서 노력하고 있음을 알 수 있었다. 30대 이후에는 정상인 사람과 비만인 사람의 양극화가 심했는데 이는 꾸준한 운동으로 이러한 결과가 나왔음을 설문조사와 비교하여 알 수 있었다.

표 5 나이별 측정치 비교

	10대	20대	30대	40대	50대	60대
마른	2	1	2	0	0	0
표준	1	7	2	0	0	0
이상	1	1	5	8	7	2
통통	15	30	2	0	0	0
비만	9	27	13	8	4	1
합계	28	66	24	16	11	3

#### V. 결 론

본 연구에서는 임피던스 측정법에 의한 생체신호 측정을 하였다. 생체의 임피던스를 측정하기 위해서 신체에 500 $\mu$ A의 50kHz의 정현파를 전송시키고 전압과 임피던스를 측정하여 생체 신호를 측정하였다. 실험에 참가한 피검자들을 바탕으로 분석한 결과 꾸준한 운동과 올바른 식습관을 할 경우 비만도가 낮은 것으로 알 수 있었다. 특히 이는 내부 비만을 방지 할 수 있었음을 알 수 있었다.

본 연구는 산업자원부의 지역혁신 인력양성 사업의 연구 결과로 수행되었다.

#### 참고문헌

[1] H.C. Lukaski, P.E. Johnson, W.W. Bolonchuk, & G.I. Lykken, Assessment fat mass using bioelectric impedance measurements of the human body. American Journal of Clinical

Nutrition, vol.4, pp 810- 817. 1985

[2]Robert R Biaggi, Michael W Vollman, Mary A Nies, Craig E Brener, Paul J Flakoll, Body-composition changes with diet and exercise in obese women: a comparison of estimates from clinical methods and a 4-component model Am J Clin Nutrition 69, 898-903 1999.

[3] E.C. Hoffer, C. Meador, & D.C. Simpson, Correlation of whole- body impedance with total body water volume. Journal of Applied Physiology, 27, pp 531-534, 1969.

[4]Kyle Ug, Genton L, Karsegard L, Slosman DO & Pichard C (2001a) Single predictionj equation for bioelectrical impedance analysis in adults aged 20-94 yrs. Nutrition 17, 248-253 2001.