

효율적인 생체 임피던스 신호 측정에 관한 연구

오세용^{*} · 이영우^{*}

^{*}목원대학교

Effective Body Signal Measurement with the Bioelectric Impedance Analysis

Se Yong Oh^{*} · 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. 이를 효율적으로 측정하기 위해서 4개의 전극을 손바닥에 위치 시키고 전류(50kHz, 800uA)를 신체에 흘려 보내 전압과 캐패시턴스를 측정하고 기본 파라미터인 키, 몸무게, 나이와 성별을 입력하여 체지방량을 측정하는 방법을 제안하였다.

ABSTRACT

Bioelectrical Impedance Analysis(BIA) can measure body water amount and then body fat mass. Locate 4 electrode in palm to measure efficiently and flow current(50kHz, 800uA) in body for measuring voltage and capacitance. And proposed method to measure body fat with hight, weight, age and distinction of sex.

키워드

Bioelectric, Impedance, Bodyfat, BIA

1. 서 론

비만 환자들의 가장 큰 문제점은 비만에 따른 합병증으로 당뇨 및 뇌졸중, 심장병등의 성인병을 유발 한다는 것이다. 그래서 현대인들은 경제적으로 풍족해짐에 따라 과거에 비해 많은 양의 칼로리를 흡수하게 되었고 이에 따라 비만 환자들이 급증하면서 비만에 대한 관심이 고조 되고 있다. 또한 자신의 건강을 유지하기 위해서 건강 상태를 체크하기를 원한다.

이러한 신체의 비만도를 측정하는 방법에는 DEXA법, CALIPERS법, NIR법, BIA법등이 있다. DEXA법은 정확도는 높지만 시스템이 복잡하고 이에 따라 사용자가 사용하기에 불편하고 CALIPERS법은 정확도 및 편리성에서 다른 측정법에 비해서 떨어진다. NIR법에 의한 방법은 근적외선이 신체의 피부 특성에 따라 다르게 측정

되기 때문에 측정의 정확도면에서 떨어진다. BIA법은 미약 전류를 신체에 보내어 그 측정값을 바탕으로 하기 때문에 다른 측정 방법에 비해 정확도면에서 높으며 측정 방법 또한 간단하다.^[1]

표1에 측정방법에 따른 측정 시간, 측정 정확도, 사용자 편리성, 간편성에 대해서 비교하였다.

표 1 체지방 측정 방법 비교

측정 방법	측정시간	정확도	사용자 편리성	간편성
DEXA	약 30분	****	**	**
CALIPERS	약 3분	**	**	**
NIR	약 1분	***	***	***
BIA	약 20초	****	****	****

생체 임피던스 신호 측정(Bioelectric Impedance

Analysis, BIA) 방법은 생체 전기 신호를 바탕으로 체수분량을 측정하여 비만도를 측정하는 기술이다.^[1] 건강한 개인에게서 체지방량(Body Fat Mass, BFM)은 지방을 제외한 조성물(Fat Free Mass, FFM)을 BIA법으로 측정하여 계산할 수 있다.

BIA법은 1969년 Hoffer의 보고 이후 체성분 분석을 위한 방법으로 사용되기 시작했다.^[2] 본 연구에서는 4개의 전극을 각 2개씩 손바닥에 위치시켜 측정하는 방법을 사용하였고 이를 위한 상관식은 수식 1을 사용하였다.^[3]

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

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

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.

계산된 FFM에 의해서 체지방량과 비만도를 계산할 수 있다.

$$\text{체지방량 (Fat)} = \text{몸무게 (Weight)} - \text{지방을 제외한 조성물 (FFM)} \quad (2)$$

$$\text{비만도 (\% Body Fat)} = (\text{체지방량 (Fat)} / \text{몸무게 (Weight)}) \cdot 100 \quad (3)$$

측정된 체지방을 바탕으로 다이어트 관리를 할 경우 다이어트 관리를 위해서 칼로리를 계산해야 하는데 칼로리 계산은 다음과 같이 한다.

측정된 걸음수를 바탕으로 하루 칼로리 소비량을 계산할 수 있다.

$$C = (1/1 - a)(K_a W + K_b W^n) \quad (4)$$

여기서 각각의 변수는 다음과 같이 정의 된다.

C = 칼로리량

1/1-알파 = 1.11

K_a = 생활 활동 지수

W = 체중(kg)

K_b = 기초 에너지 대사량

n = 0.425 · a

또한 기초 에너지 대사량(K_b)은 다음 식에서 구할 수 있다.

여기서 각각의 변수는 다음과 같이 정의 된다.

$$K_b = 655 + 9.6W + 1.8H - 4.7Age \quad (5)$$

W = 체중(kg)

H = 신장(cm)

Age = 나이

생활 활동 지수(K_a)는 다음과 같이 나이 성별에 따라 구별하여 계산할 수 있다.

26세 이상의 남자에 대하여

$$K_a = 4.008 \times 10^{-7} \cdot (15 \cdot W + 642) \cdot (1 - 0.005) \cdot (Age - 26) \cdot q \quad (6)$$

26세 미만의 남자에 대해서

$$K_a = 4.008 \times 10^{-7} \cdot (15 \cdot W + 642) \cdot q \quad (7)$$

21세 이상의 여자에 대해서

$$K_a = 4.008 \times 10^{-7} \cdot (14.76 \cdot W + 589) \cdot (1 - 0.005) \cdot (Age - 21) \cdot q \quad (8)$$

21세 미만의 여자에 대해서

$$K_a = 4.008 \times 10^{-7} \cdot (14.76 \cdot W + 589) \cdot q \quad (9)$$

W = 체중

Age = 나이

q = 활동 거리(걸음수 × 보폭)

여기서 보폭은 신장의 37%를 보폭의 크기로 결정한다. 기초 에너지 대사량(K_b)과 생활 활동 지수(K_a)를 칼로리 계산식에 대입하여 칼로리량을 계산할 수 있다.

II. 시스템 구현 및 상관식에 의한 비만도 측정

그림 1은 구성된 하드웨어의 기능 블록도를 보여 주고 있다. 체지방 측정 모듈에 사용된 마이크로 컨트롤러는 ATMEL사의 ATmega128을 사용하였고 50kHz 교류신호 발생부, A/D변환부 및 기타 I/O 포트, 걸음수 측정부, LCD에 표시 하기 위한 지시부로 구성 되어 있다.

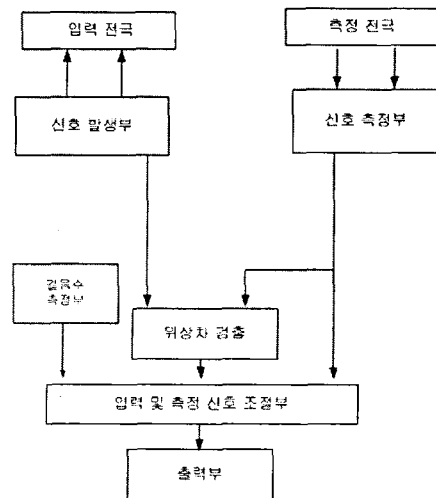


그림 1 시스템 기능 블록도

그림 2는 위에서 측정된 신호 및 상관식에 의해서 비만도와 칼로리를 계산하는 과정을 보여 주고 있으며 이를 디스플레이 출력하는 과정을 보여주고 있다. 먼저 신체에 보내진 전압과 위상차를 측정하고 이를 바탕으로 상관식에 의해서 체지방량을 측정하고 이를 비만도표에 의해서 비만도를 판단한다. 이 과정이 끝난후에 걸음수 측정부에서 입력된 신호를 바탕으로 칼로리를 측정하고 이를 비만도와 비교하여 필요 칼로리를 계산한다.

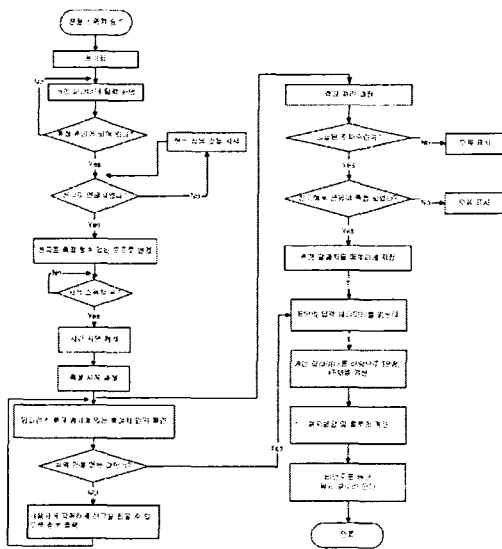


그림 2 시스템 동작도

III. 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 섭취하지 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 상화에서도 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 측정하고 이를 바탕으로 필요 칼로리를 계산하였다. 생체의 임피던스를 측정하기 위해서는 신체에 미약 정현파 전류를 보내어 측정 하였고 가속도계를 이용하여 걸음수를 측정함으로써 보다 정확하게 신체의 활동량을 측정할 수 있었다. 추후에 비만도와 칼로리를 바탕으로 비만 관리를 위한 프로그램을 제작할 계획이다.

본 연구는 산업자원부의 지역혁신 인력양성 사업의 연구 결과로 수행되었다.

참고문헌

- [1] 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.
- [2] 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.
- [3] 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.