

휴대용 체지방계의 개발

°박종찬*, 임응춘*, 박수홍**, 한운동***
오산대학*, 유닉스전자(주)**, 충주대학교***

The Development of Portable Body Fat Meter

Jong-Chan Park*, Eung-Choon Lim*, Su-Hong Park**, Un-Dong Han***
Osan College*, Unix Electronic Co.**, Chung Univ.***

Abstract-The purpose of this paper is the development of portable body fat meter. Bioelectrical impedance method for measuring human body composition is based upon the principle that the electrical conductivity of the fat mass is far greater than that of the fat. Finally measurement of percent body fat was made possible using a developed impedance measuring device which measure impedance between the thumb and ring finger.

1. 서 론

인체의 구성을 평가하는 일은 개인이나 집단의 영양 상태를 결정하는데 중요한 요소이다. 최근 국내에서도 생활수준의 향상으로 과다한 칼로리 섭취로 인한 비만 환자가 급격히 증가하는 추세이며, 비만으로 인한 여러 가지 성인병 즉, 심장병 당뇨등이 급증하고 있다. 그리하여 환자의 비만 정도를 나타내 주는 체지방률(% Body Fat)을 간편하고 정확하게 측정할 수 있는 저렴한 기기의 출현이 요구되고 있는 실정이다.

인체의 구성을 측정하는 방법에는 여러 가지 방법이 있지만 연구나 임상실험에서만 가능한 것들이 많은데, 그 중에는 수중 계량법[1], 총체액 결정법[2], 총 칼륨 결정법[3], 질소 결정법[4], 단층 촬영법[5] 등이 있다. 캘리퍼를 이용한 피부 두께 측정

법[6] 및 초음파를 이용한 지방총 측정법[7]과 같이 현장에서 사용될 수 있는 방법들은 신뢰도에 문제가 있다.

이에 비해 임피던스 방법을 이용한 체지방 측정은 원래 박동량 및 사지 혈류량 측정을 위한 임피던스 혈류량 측정법을 이용하는 것으로 Thomasset[8]의 체액 측정이 효시이다. 임피던스 방법의 원리는 다음과 같다.

인체의 조직 중에 수분이 거의 없는 지방은 전기적 고유저항이 약 $2,000\Omega\cdot\text{cm}$ 로 상당히 높은 반면 수분을 많이 포함한 근육은 $100\sim1,000\Omega\cdot\text{Hz}$ 에서 종축 방향으로 $240\Omega\cdot\text{cm}$, 횡축 방향으로 $675\Omega\cdot\text{cm}$ [9], 지방에 비해 상당히 낮으므로 지방이 많은 사람은 임피던스 혹은 저항이 높게 된다.

본 연구의 목적은 인체의 상부 임피던스를 손쉽게 측정함으로써 체지방률, 제지방률, 체지방량, 체수분량을 구하는 알고리즘을 탑재한 체지방계를 상품화시키는 데 그 목적이 있다.

이를 위해서 인체의 임피던스 측정 기술을 개발하며, 개발 시 오음 접촉에 의한 임피던스의 왜곡을 최소로 줄이고자 하였다. 또한 현재 국내외적으로 상품화 되지 않은 알고리즘을 탑재하고자 하였으며, 이를 위해서 임상 실험을 통하여 인체의 임피던스의 보정과 더불어 계산적 수치를 수치 해석적으로 산출하여 신뢰도 높은 제품을 상품화하는데 그 목적이 있다.

2. 이 론

생체전기 임피던스는 흔히 BIA(Bioelectrical Impedance Analysis)라 하는데 1969년 Hoffer에 의해 체수분량이 신체의 전기 저항과 역비례 관계가 있다는 것이 보고 되면서, 1980년대 많은 의사, 영양학자, 체육학자에 의해 그 신뢰도가 연구되었다. 생체전기 임피던스법은 전기적인 방법을 사용하여 체수분을 측정하는 기술이다. BIA법은 상대적으로 (1) 단순하고, (2) 빠르고, (3) 비관혈적인(non-invasive) 장점 때문에 체성분 분석의 방법으로 널리 사용되고 있다. 그럼 2-1은 생체 임피던스의 측정법을 그림 2-2은 생체 임피던스 측정법의 등가회로를 나타내었다.

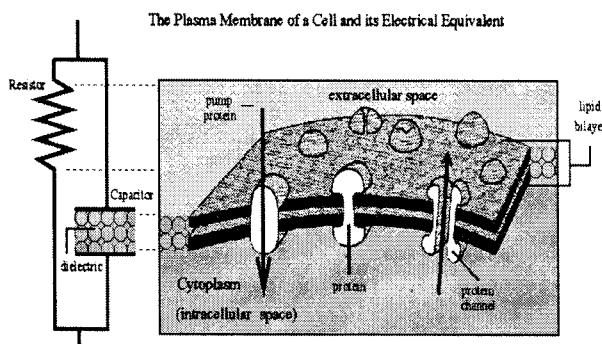


그림 2-1. 생체 임피던스 측정법

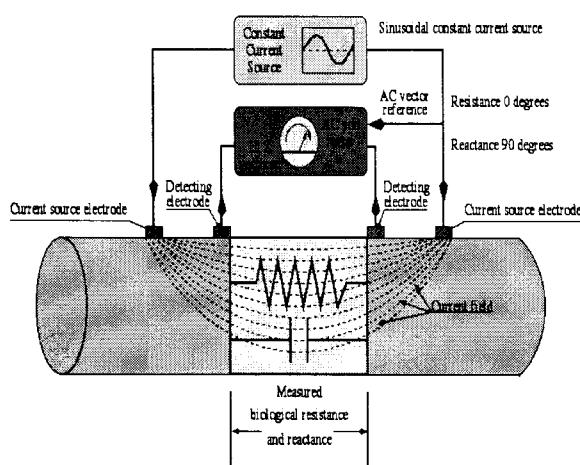


그림 2-2. 생체 임피던스 측정법의 등가회로

생체 임피던스로부터 체성분을 산출하는 일반적인 원리는 50kHz의 주파수 대역에서 약 1μA의 인체에 해가 없는 미세한 교류전

류를 흘려주는 방법으로 인체에 있는 체지방은 전기를 전도하지 않는 반면, 근육은 많은 수분을 함유하고 있으므로 쉽게 전도되는 원리를 이용하는 방법이다. 전류가 인체에 흐를 때 인체저항을 측정하고 이를 이용하여 체수분량을 구하는 방법이다. 이렇게 저항을 측정함으로써 인체의 다른 부분과 체지방과의 비율을 산출해낼 수 있는 방법이다.

3. 결과 및 고찰

3-1. 알고리즘의 정립

그림 3-1은 체지방 측정 알고리즘을 나타낸 것이다.

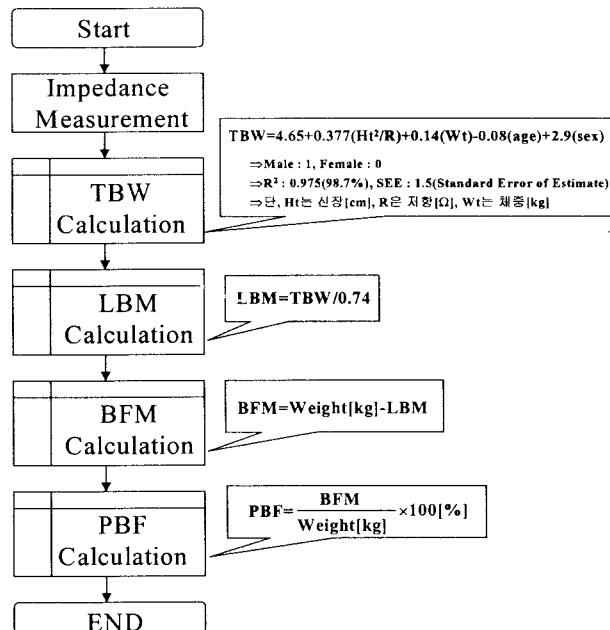


그림 3-1. 체지방 측정 알고리즘 흐름도

그림의 결과를 살펴보면 다음과 같다. 본 연구에서 사용한 이론식은 1988년 Lukaski 등에 의해서 제안된 산출 이론에 근거를 둔 것이다. 이 이론식을 살펴보면 다음과 같다.

$$TBW = 4.65 + 0.377(H_T^2/R) + 0.14(W_T) - 0.08(age) + 2.9(sex)$$

여기서 H_T 는 신장(Height : cm)을 나타낸 것이며, R 은 저항(Resistance : Ω), W_T 는 체중(kg)을 sex 는 남성으면 “1”이고 여성으면 “0”를 적용할 경우 신체의

체수분량을 측정 할 수 있는 것이다. Lukaski등에 의해서 제안된 식의 정밀도는 98.7%의 신뢰도를 갖는다.

이렇게 구한 체수분량과 제지방량과의 관계를 살펴보면 인간의 경우 제지방의 약 74%정도가 체수분이 존재한다는 사실을 근거로 제지방을 산출하는 알고리즘을 설정 하였으며, 제지방의 경우는 측정자의 체중에서 제지방량을 제한 값이다. 이러한 측정 알고리즘에서 가장 중요시 여기는 점은 생체의 임피던스를 안정적으로 측정하는 것이다. 생체 임피던스를 정확히 측정하기 위해서는 제지방을 측정하고 하는 사람의 수분 섭취량이 정밀도를 판가름하는데 가장 중요한 변수가 될 수 있다.

3-1. 전자회로의 설계

그림 3-2는 이번 연구에서 설계한 체지방계의 하드웨어에 대한 블록 다이아그램을 나타낸 것이다. 그림을 살펴보면 측정자가 전원을 입력하면 자신의 체중, 신장, 나이, 성별을 입력하며, 이때 직류 전원을 이용한 정현파 교류 전류(50Hz)가 인체에 흐르며, 이 전류는 반대편의 접촉부로 흐르게 된다.

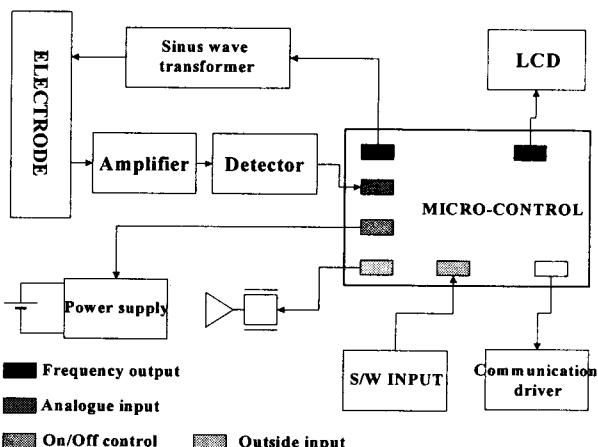


그림 3-2. 체지방계의 하드웨어 블록
다이아그램

교류 전류의 흐름은 체지방 조직에서는 수분이 적으므로 전류의 흐름이 원만하지 못한 반면에 근육 조직에서는 수분이 많이 존재함으로 전류의 흐름이 원만한 특징을 지니고 있다. 이때 인체의 양단에 인가된 전압을 측정하게 되면 인체의 임피던스를 측정하게 되는 것이다. 측정은 선형 증

폭기를 통해서 전압을 증폭하고 검파기를 통해서 파형을 분석 축출하여 마이크로프로세서에 보내진다. 이 보내진 전압을 이용하여 생체 임피던스의 평균값을 산출하여 생체 임피던스를 측정한다. 생체 임피던스라면 저항과 커패시턴스로 이루어지지만 저항치에 비해 커패시턴스의 값이 무시 가능함으로 Lukaski의 이론에 의하면 저항치 값만을 사용하게 된다. 이때 가장 중요한 기술을 외부에서 들어오는 60Hz잡음을 얼마나 잘 축출하느냐가 체지방계의 신뢰도를 나타내는 척도가 될 수 있다. 이러한 잡음의 차폐를 위해서 아날로그 신호 입력부는 가능한 한 동판을 이용하여 충분한 접지를 시켜 놓았다.

4. 결 론

그림 4-1의 결과를 살펴보면 오므론 제품의 경우 퍼센트 체지방이 0.032인 반면 이번에 개발한 제품의 경우 0.078로 다소 높다는 것을 알 수 있다. 이와 같은 이유는 5개의 체지방계에 대한 전극의 저항값과 PCB패턴의 저항과 정전용량값에 차이가 있을 수 있으므로 나타나는 현상이라고 생각할 수 있다.

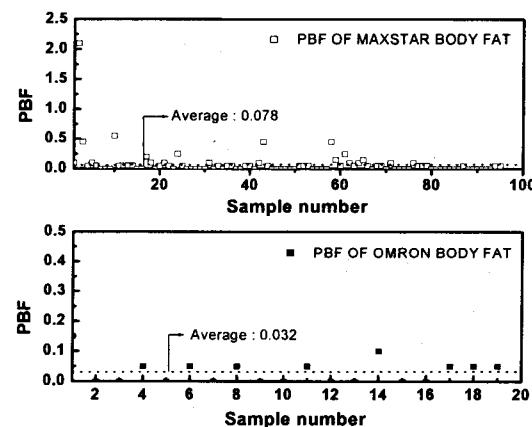


그림 4-1. 오므론 제품과 맥스타 제품의 퍼센트 체지방

그림 4-2의 결과를 살펴보면 오므론 제품의 경우 체지방량의 오차가 0.021인 반면에 개발 된 제품의 경우 0.0447임을 알 수 있다. 이와 같은 결과도 앞에서 언급한 원

인에 의한 경우로 생각이 되며, 이러한 수치들은 개발된 체지방의 정밀도가 오므로 제품에 비하여 다소 떨어진다고는 할 수 있으나 제품으로써의 가치와 본 체지방계의 알고리즘에 적용시킨 Lukaski식의 정밀도를 고려한다면 체지방계의 개발이 성공하였음을 나타내어주는 결과라고 할 수 있다.

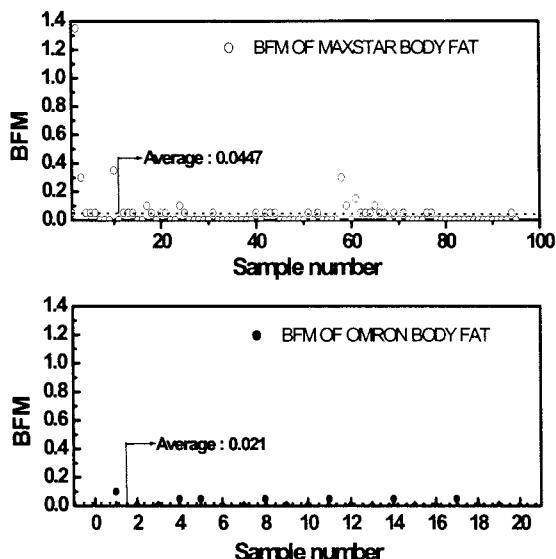


그림 4-2. 오므로 제품과 맥스타 제품의 체지방량

5. 결 론

본 연구에서는 “휴대용 체지방계”의 하드웨어와 소프트웨어를 개발하고 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 휴대용 체지방계의 개발에 앞서 국제 특허의 회피를 위하여 종래의 4터치법에서 6터치법으로 체지방계를 개발하였고, 이 특허 부분은 현재 국내 특허를 출원하여 놓은 상태이다.
2. 휴대용 체지방계의 기본 이론은 Lukaski 이론에 근거를 하였으며, 생체에 전류를 흘려준 상태에서 전압을 이용하여 생체 임피던스를 측정하고 이를 체지방 측정 원리로 사용을 하였다.
3. 임상 실험을 통한 신뢰도를 검증한 결과 이번 연구에서 개발한 휴대용 체지방계

의 경우 신뢰도가 98%이상임을 알 수 있었다.

4. 본 제품의 개발은 향후 현대 사회가 비만화 서구화 되는 추세에서 매우 경쟁력 있는 제품으로 성장할 것으로 기대된다.

[참고문헌]

- [1] J. Brozek, F. Grande, J. T. Anderson, and A. keys, "Densitometric analysis of body composition, Ann NY Acad Sci, vol. 110, 113~140, 1963
- [2] B. A. Panaretto, "Estimation of body composition by the dilution of hydrogen isotopes, In" : Body Composition in Animals and Man, Washington D. C, National Academy of Science, National Research Council, 200~217, 1968
- [3] G. B. Forbes, J. B. Hursh, "Age and sex trends in lean body mass calculated from 40K measurements", Ann NY Acad Sci, vol 110, 255~263, 1963
- [4] D. Vartsky, K. J. Ellis, and S. H. Cohn, In vivo quantification of body nitrogen by neutron prompt gamma-ray analysis, J Nucl Med, vol. 20, 1158~1165, 1979
- [5] G. A. Borkan, S. G. Gerzof, A. H Robbins, D. E. Hults, C. K. Silbert, and J. E. Silbert, Assessment of abdominal fat content by computer tomography, Am J Clin Nutr, vol. 36, 172~177, 1982
- [6] S. G. Lohman, Skinfolds and body density and their relation to body fatness : a review, Human Biol, vol. 53, 181~225, 1981
- [7] E. M. Haymes, H. M. Lundgreen, J. L. Loomis, and E. R. Buskirk, Validity of the measuring subcutaneous adipose tissue, Ann Human Biol, vol. 3, 245~251, 1976
- [8] A. Thomasset, Bio-electrical properties of the impedance measurement. Lyon Med. 207, 107~118, 1962
- [9] L. A. Geddes and L. E. Baker, The specific resistance of biological material, Med. & Bio. Engng., vol. 5, 271~293, 1967