

임피던스 방법을 이용한 체지방 측정

김덕원*, 황수관**, *김상수*

* 연세 대학교 의과대학 의용공학과 ** 연세 대학교 스포츠 과학 연구소

Measurement of Body Fat by Impedance Technique

Deok Won Kim*, Soo Kwan Hwang**, *Sang Soo Kim*

*Dept. of Medical Eng. **Institute of Sports Science, Yonsei University

1. 서론

인체의 구성(body composition)을 평가하는 일은 개인이나 집단의 영양상태를 결정하는데 중요한 요소이다. 최근 국내에서도 생활수준의 향상으로 과다한 칼로리 섭취로 인한 비만 환자가 급격히 증가하는 추세이며 비만으로 인한 여러가지 성인병 즉 심장병 당뇨 등이 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 중에 수중 개량법[1], 총체액 결정법(Total Body Water)[2], 총칼륨(Total body Potassium)결정법[3], 질소 결정법[4], 단층촬영법[5] 등이 있다. 캘리퍼를 이용한 피부 두께 측정법[6] 및 초음파를 이용한 지방층 측정법[7]과 같이현장에서 사용될 수 있는 방법들은 신뢰도에 문제가 있다. 그리하여 체지방을 신뢰도가 높고 비관절적이며 현장에서 간편하게 측정할 수 있는 방법의 필요성이 대두되고 있는 실정이다. 최근에 이러한 조건들을 만족시킬 수 있는 두 가지의 기기가 상용화되었는데 그 중 하나는 두 개의 파장이 다른 적외선을 팔의 이두박근에 주사하여 지방과 근육의 구성에 따라 흡수되는 비율로 체지방을 계산하는 적외선법[8]이며 다른 하나는 손과 발 사이의 임피던스를 측정하여 체지방을 추정하는 임피던스 방법이다[9]. 임피던스 방법을 이용한 체지방 측정은 원래 박동량 및 사지 혈류량 측정을 위한 임피던스 혈류량 측정법(impedance plethysm ography)을 이용하는 것으로 Thomasset[10]의 체액(total body water)측정이 효시다. 임피던스 방법의 원리는 다음과 같다. 인체의 조직 중에 수분이 거의 없는 지방은 전기적 고유 저항이 2000 Ω·cm로 가장 높고 수분을 많이 포함한 근육은 300 Ω·cm로 상당히 낮으므로 지방이 많은 사람은 임피던스 혹은 저항이 높게 된다.

손과 발 사이의 저항은 그 사이의 지방 함유량에 따라 임피던스가 변하지만 길이에 따라서도 저항이 달라지게 되므로 저항/(신장)²으로 지방의 무게(fat mass)를 예측한다[10]. 체지방률(% body fat)은 (지방무게/체중) x 100% 로 계산된다. 임피던스 측정법은 공복 상태에서 누운 자세에서 측정하며 그림 1에서와 같이 측정 부위를 알콜로 세척한 후 내개의 일회용 전극을 부착한다. 그림에서 I₁, I₂는 자극 정전류원으로서 대개 1mA, 50-100 kHz 를 사용하며 E₁, E₂는 이들 사이의 조직에 의한 전압 강하를 정전류로 나누어 임피던스를 측정하는 것이다.

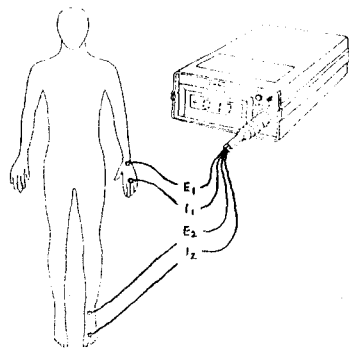


그림 1 4-전극 임피던스 체지방 측정법의 측정장면

2. 방법

실험 대상은 연세대학교 스포츠 과학 연구소에 접근하러 온 14-69(40.9±14.7)세의 남자 30명과 18-63세(44.0±10.2)의 여자 25명을 임의로 선정하였다(비만자 포함). 임피던스 체지방율은 Biodynamics사의 모델 310을, 적외선 체지방율은 Futrex사의 모델 1000 을 이용하여 측정하였다. 임피던스 체지방 측정은 인체의 수분함유량에 근거를 두기때문에 피검자는 측정시로부터 24시간 전에 음주와 운동을 하지하도록 주의를 주었다.

임피던스 체지방측정은 피검자가 누운상태에서 그림 1에서와 같이 우측 손등과 손목, 발등과 발목에 ECG 전극 4개를 부착하고 손등과 발등에 고주파(50kHz) 정전류(1mA)를 계속 해서 흘려주고 손목과 발목간의 임피던스를 측정한다. 피검자의 성별, 나이, 신장, 체중 등을 입력시키면 약 15초 후에 체지방율(%), 지방무게(Kg), 비지방 무게(Kg), 및 임피던스 값이 출력된다. 출력된 체지방율은 신장, 체중, 및 임피던스 값들에 의한 회귀 방정식에 의해 계산된 것이다. Lukaski 등[9]은 비지방 무게와 (신장²/임피던스), 비지방 무게와 체중 간의 상호 상관계수가 각각 0.98, 0.91 임을 밝혀 (신장²/임피던스)와 체중이 비지방 무게를 추정하는데 가장 중요한 변수임을 알수있다. 비지방 무게를 알면 체지방율((체중 - 비지방 무게) / 체중) x 100%)은 쉽게 계산이 된다. 그리하여 본 연구에서도 이들 두변수 및 신장, 임피던스 등 간의 상호 상관계수 및 신장²/임피던스와 체중으로 비지방 무게를 추정하는 선형회귀식(linear regression)을 구하였다.

표1 피검자 55명의 측정치

	남자(30명)		여자(25명)	
	평균 ± 표준편차	범위	평균 ± 표준편차	범위
임피던스(Ω)	505.3 ± 71.6	387 - 689	604.6 ± 69.3	437 - 811
Ht ² /Z(cm ² /Ω)	59.6 ± 8.7	42 - 77.3	42.3 ± 5.5	32.4 - 57.1
비지방무게(kg)	55.8 ± 6.3	45.4 - 67.1	40.2 ± 5.3	31.5 - 49.6
체지방용(Z)(s)	19.2 ± 6.9	5.5 - 32.7	26.3 ± 4.8	19.2 - 42.4
체지방용(IR)(M)	19.7 ± 6.1	7.3 - 30.8	23.5 ± 4.2	23.5 - 38.1

또한 임피던스 체지방 측정법에 의한 체지방용의 정확도를 규명하기 위하여 적외선 측정법으로 동시에 측정하고 두 방법 간의 상호 상관계수도 구하였다.

3. 결과

표1은 피검자(남자 30명, 여자 25명)에 대한 측정결과로서 체지방용(Z)과 체지방용(IR)은 각각 임피던스와 적외선 측정법에 의해 측정된 체지방용이며 비지방 무게는 임피던스 체지방용과 체중으로부터 계산된 값이다. 손목과 발목 간의 임피던스(Z)는 남자에 비해 여자가 높는데 이것은 여자의 경우 지방이 많기 때문이나 손목과 발목간의 거리는 신장에 비례하므로 지방이 같다고 전제할 경우 남자의 Z가 더 높게 나타날 것이다. Ht²/Z는 비지방 무게에 대한 신장의 영향을 반영한 것으로서 Lukaski 등[9]이 밝힌 것처럼 비지방 무게는 신장의 제곱에 비례하고 임피던스에 반비례함을 알 수 있다. 두 방법에 의한 체지방용은 남자의 경우 차이가 거의 없으나 여자의 경우는 약간의 차이를 보이고 있는데 이것은 적외선 방법의 측정부위인 이두박근이 여자의 경우 몸 전체의 체지방을 대표하는 부위가 아닐 수도 있기 때문인 것으로 사료된다.

표 2 각 변수들 간의 상호 상관계수

	나이	신장	체중	Z	Ht ² /Z	비지방무게	체지방용(Z)	체지방용(IR)
나이	1							
신장	0.007	1						
체중	-0.181	0.551	1					
Z	0.037	-0.384	-0.551	1				
Ht ² /Z	-0.027	0.749	0.652	-0.888	1			
비지방 무게	-0.262	0.742	0.837*	-0.786	0.912*	1		
체지방용(Z)	0.198	-0.332	0.274	0.371	-0.421	-0.287	1	
체지방용(IR)	0.052	-0.502	0.192	0.304	-0.461	-0.315	0.898*	1

표2는 피검자 55명에 대한 각 측정치 간의 상호 상관계수(r)를 나타낸 것이다. 비지방무게와 Ht²/Z의 상호 상관계수가 0.912로서 제일 높다. Ht²/Z가 비지방무게를 추정하는데 가장 중요한 인자임을 알 수 있다(그림 2 참조). 이표에서 또한 피검자의 체중이 비지방무게와 밀접한 관계(r=0.837)가 있음을 알 수 있는데 Lukaski 등[9]은 r=0.91을 얻었다. 본 연구에서 얻은 비지방 무게와 임피던스 간의 계수는 -0.786으로서 Lukaski 등[9]의 -0.86보다 약간 낮았다. 그리하여 본 연구에서는 비지방 무게를 추정하기 위하여

Ht²/Z 과 체중을 이용하여 다음과 같은 선형 회귀방정식을 구하였다.

$$\text{비지방 무게} = 0.578x(\text{Ht}^2/\text{Z}) + 0.317x(\text{체중}) - 1.674 \quad (r=0.977)$$

또한 표2에서 임피던스와 적외선에 의해 측정된 체지방용의 상호상관계수가 0.898로 상당히 높아 임피던스 체지방 측정법의 정확도를 간접적으로 확인하였으며 그림 3은 두 방법으로 측정된 체지방용의 데이터이다. Lukaski 등[9]은 체지방 측정의 표준방법인 수중계량법으로 측정된 비지방 무게와 Ht²/Z의 높은 상호 상관계수(r=0.98)를 얻음으로써 임피던스 방법의 정확성을 규명하였다.

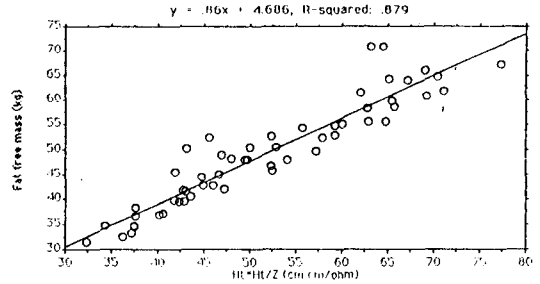


그림 2 Ht²/Z와 비지방 무게와의 상호 관계.

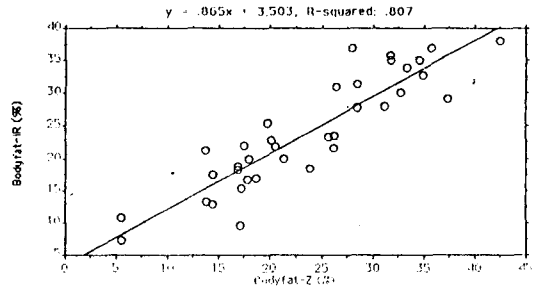


그림 3 임피던스 방법과 적외선 방법으로 측정된 체지방용

4. 결론

본 연구에서는 기존의 임피던스 체지방 측정기를 이용하여 비지방 무게를 추정하는데 여러 예보인자 가운데 신장²/임피던스(r=0.912)와 체중(r=0.837)이 가장 중요한 인자임을 확인하였고, 이 두 인자로 비지방 무게를 추정하는 선형 회귀식(r=0.977)을 도출하였다. Lukaski 등[9]의 연구에서는 신장²/임피던스와 비지방 무게 간의 r이 0.98로 매우 높았으나 이는 정상인 남자 37명을 대상으로 하였고, 또한 비지방 무게를 정확도가 높은 수중계량법[1]으로 측정하였기 때문인 것으로 사료된다.

체지방 측정의 표준 방법인 수중계량법은 신뢰도가 가장 높다는 장점은 있으나 수중에서의 체중, 폐의 최소 잔기량 등을 측정해야 하므로 설치장소의 확보, 환자의 협조, 수온의 온도 유지, 측정기기의 고가 등으로 그 이용이 연구실에 한정되어 있다는 단점이 있다. 본 연구에서는 임피던스와 적외선 방법으로 측정된 체지방용 간의 r이 0.898로 높았으나, 수중 계량법과 비교하였다면 더 높은 r을 얻을 수 있었으리라 생각된다.

본 연구에서 찾아낸 선형 회귀식과 개발된 임피던스 측정기를 이용하여 체지방율을 간편하고 정확하게 측정할 수 있게 되었다는데 의의가 있다.

참고 문헌

- [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 ^{40}K 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. Hulth, 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, Skinfolts 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 ultrasonic technique as a method of measuring subcutaneous adipose tissue, *Ann Human Biol*, vol.3, 245-251 1976
- [8] J.M. Conway, and K.H. Norris, Noninvasive Body composition in Humans by Near infrared interactance, In: *In Vivo Body composition Studies*, New York. The Institute of Physical Science in Medicine, 163-170, 1986
- [9] H.C. Lukaski, P.E. Johnson, W.W. Bolonchuk, and G.L. Lykken, Assessment of fatfree mass using bioelectrical impedance measurement of the human body, *Am J Clin Nutr*, vol.41, 810-817, 1985
- [10] A. Thomasset, Bio-electrical properties of the impedance measurements, *Lyon Med*, 207, 107-118, 1962