

일부 농촌지역주민에서 Bioelectric Impedance로 측정한 체지방비율에 대한 고찰

나백주 · 박요섭 · 선병환 · 남해성 · 신준호 · 손석준 · 최진수

전남의대 예방의학교실 및 전남대학교 의과학연구소

= Abstract =

The Study of Body Fat Percent Measured by Bioelectric Impedance Analyzer in a Rural Adult Population

Baeg Ju Na, Yo Sub Park, Byung Hwan Sun, Hae Sung Nam,
Jun Ho Shin, Seok Joon Sohn, Jin Su Choi

*Department of Preventive Medicine, Chonnam National University Medical School and
The Research Institute of Medical Sciences, Chonnam National University*

Obesity usually is defined as the presence of and abnormally amount of adipose tissue. In many epidemiologic study, obesity as a health risk factor has been estimated by Body Mass Index(BMI) in general. This study was conducted to review of body fat percent measured by Bioelectric impedance analyzer as a estimator of obesity in a rural adult population. The study subjects were 421 men and 664 women who reside in the area on the Juam lake. They were sampled by multistage cluster sampling. Their mean age was 59 years old. Body fat percent increased with age, but BMI decreased with age in this study. Body fat percent was more larger at female and elder on the same BMI. The correlation coefficient between with body fat percent and body mass index was low ($r=0.4737$). Body fat percent was explained by not only BMI but also sex and age ($r^2=0.63$). The result suggested that it is inadequate for BMI only to estimate obesity about elderly person who reside in the rural community. The relation of body fat percent and body mass index of this study agreed with the preceding knowledges and studies in general.

Key words : BMI, Body fat percent, Bioelectric Impedance, Elderly people, rural area.

서론

비만은 현대사회에서 각종 심혈관계질환 및 암 등 만성 성인성질환의 발생과 사망등에 중요한 독립적 위험인자중의 하나로 인식되고 있다(Hubert 등, 1983; Hirsh 등, 1985; Manson 등, 1995; 이석환 등, 1995). 비만은 인슐린 저항증과 고지혈증과 관련이 있고 체중 자체로도 관절 등 근골격계 질환의 발생에 영향을 끼치며(Goodman-Gruen 과 Barret-Connor, 1996) 비만과 관련된 생활습관·과식 및 운동부족은 기타 만성질환 발생과도 밀접한 연관을 갖고 있다.

비만은 체지방의 과잉상태로 정의하며 보통 체지방이 남자의 경우는 체중의 25%를 넘을 때 여자인 경우는 체중의 30%를 넘을 때를 가리키나(Gray, 1989) 역학적으로 비만의 정도를 정확하게 측정한다는 것 자체가 매우 어려운 일이며 각각 나뉠대로 여러 가지 비만의 척도를 쓰기 때문에 이에 대한 명확한 진단기준을 세우는 것은 매우 어렵다(경난호 등, 1989).

지금까지 많이 쓰여온 비만의 척도는 신장과 체중만으로 손쉽게 구할 수 있는 체질량지수(Body Mass Index, Quetelet Index; BMI)이다. 체질량지수는 신장의 영향을 보정한 체중의 지표로서 신장(m)의 제곱값으로 체중(kg)을 나눈 값인데 보통 성인에서 비만도를 평가할 때 일반적으로 타당한 간접지표로 인정되고 있다(Knapp, 1983).

그러나 체질량지수는 쓰기가 간편하고 체내 지방의 비율을 보편적으로 잘 반영해준다는 장점이 있지만 반면에 상대적인 다리의 길이(혹은 앉은 키)에 따라 체지방이 영향을 받음에도 불구하고 이를 반영해 주지 못하며 체질량지수 자체가 체지방 뿐만 아니라 체지방량(fat free mass)에도 영향을 받으므로 소아(prepubertal child)나 운동으로 단련된 체격이 건장한 사람들에게는 타당하지 못하다고 알려져 있다(Garn 등, 1986). 체지방비율은 보통 여자가 남자보다 더 높는데 이러한 차이는 생리적 현상으로서 에스트로겐 호르몬의 영향으로 피하지방의 과다축적이 이루어지기 때문으로 설명된다(Guyton 과 Hall, 1996). 또한 성인에 있

어서 체지방비율은 연령증가와 더불어 증가하는데 이는 체지방량의 절대적 증가라기 보다는 체지방량의 감소로 인한 체지방비율의 상대적 증가로 보아야 할 것이다(서순규, 1995). 이와같이 체질량지수로 비만을 나타낼 때는 몇가지 제한적 요인이 있다. 이외에도 비만에 대한 간접지표로 신장과 체중을 이용한 Broca Index, 상대체중 등의 다양한 지표가 이미 개발되어 있으나 앞서 언급한 한계점과 비슷한 문제를 가지고 있으며, 복부둘레 및 피하지방두께 등의 지표를 이용한 비만 지표는 측정자나 측정부위에 따른 측정오차가 커서 널리 일반화하기 어려운 실정이다(Lee와 Nieman, 1993).

이에 따라 체지방량을 직접 정량화하기 위해 비중(specific gravity)이나 핵의학적 동위원소를 이용한 체지방의 측정, 불활성기체의 지방용해도를 이용한 체지방의 측정, dual-energy X-ray absorptiometry(DEXA)를 이용한 체지방의 측정 등 실험실적 방법을 이용한 여러 방법이 고안되어 있는데 정확하긴 하나 임상이나 역학적 연구에서 활용하기에는 번거롭고 비싸다는 단점이 있어 역시 널리 일반화하기에는 어려움이 있다(Lukaski, 1987).

그래서 요즘 주목받는 방법중의 하나가 Bioelectric Impedance를 이용한 체지방의 측정으로 이는 값이 싸고 사용하기에 간편하며, 측정자간 오차가 적고 신뢰도가 높은 검사로 알려져 있다(Roubenouff 등, 1995).

저자들은 일부 농촌지역사회의 건강문제를 파악하려는 역학조사의 일환으로서 건강 위험인자중의 하나인 비만을 평가하려는 과정에 농촌지역사회의 다수를 접하고 있는 노령인구의 비만을 적절하게 표현해야 할 필요성이 있다고 판단하여 신장과 체중 등의 신체계측을 실시하고 아울러 Bioelectric Impedance를 이용해서 체지방비율(body fat%; BF)을 측정하였다. 따라서 본 연구는 체지방비율이 기존에 알려진 생리학적 지식하에서 연령, 성 및 체질량지수와 어떤 관련을 가지고 있는지를 살펴보고 기존에 광범히 쓰여온 체질량지수가 농촌지역 노령인구에 적합한지를 비판적으로 고찰해보고자 하였으며 나아가 체지방비율에 대

한 예측요인을 추정하고자 하였다. 또한 이와 유사한 기존 연구와의 비교분석을 시행하므로써 Bioelectric Impedance를 이용해서 구한 체지방비율이 역학조사에 타당한지를 검증하여 이후 역학조사의 기초자료로 삼고자 하였다.

연구대상 및 방법

1) 연구대상 및 측정방법

본 연구는 1995년 2월에 주암호 인근지역(순천시 승주읍, 상사면, 주암면, 송광면; 보성군 문덕면, 울어면, 복내면; 화순군 남면)과 곡성군 오산면에서 다단계 집락 추출한 20세 이상 성인 남·녀 1100여명에 대해 건강진단을 시행하는 과정의 일환으로 이루어졌다. 훈련된 간호사들이 신장(cm) 및 체중(kg)을 소수점아래 첫 번째까지 측정하였으며 Bioelectric Impedance Fatness Analyzer (GIF-891, Korea)를 이용한 체지방비율은 심전도를 찍을 때 쓰는 전극들을 동측 손등의 손목이 접히는 부분과 발등의 발목이 접히는 부분에 각각 부착한 후 50kHz에서 800 μ A의 교류전류를 흘려서 측정하였다. 측정을 거부하였거나 체중 등의 기록이 누락된 11명을 제외하고 최종적으로 1089명의 자료를 대상으로 분석을 실시하였다.

본 연구에서 적용된 체지방비율을 구하는 Nakadomo 등의(1991) 공식은 아래와 같다.

$$\begin{aligned} \text{체지방비율(\%)} &= (4.570/\text{체밀도} - 4.4142) \times 100 \\ \text{체밀도} &= 1.1554 - 0.0841(Wt \times \sqrt{Z})/Ht^2 \text{ (for Male)} \\ \text{체밀도} &= 1.1113 - 0.0556(Wt \times \sqrt{Z})/Ht^2 \text{ (for Female)} \end{aligned}$$

※ Wt; 몸무게(kg), Ht; 키(cm),

Z; Bioelectrical Impedance

2) 통계분석

조사자료는 PC로 입력하여 분석하였다. 먼저 일반적 분포를 보았고 각 성에 따른 차이를 T-검정하였다.

체지방비율과 각 변수와의 상관관계를 구하였으며 이중 체지방비율과 체질량지수와와의 관계를 중심으로해서 체지방비율에 영향을 미치는 다른 인자들을 선정하고 어느 정도의 예측력을 갖는가를 다중회귀분석을 통해 알아보았다. 사용 Software는 SAS 6.04를 이용하였다.

결 과

1) 연구대상자들의 일반적 특성

Table 1. Age distribution of study population

	Male		Female	
	N	(%)	N	(%)
20~39 years	31	(7.4)	48	(7.2)
40~49 years	51	(12.1)	76	(11.4)
50~59 years	127	(30.2)	198	(29.8)
60~69 years	121	(28.7)	207	(31.2)
70~ years	91	(21.6)	135	(20.3)
Total	421	(100.0)	664	(100.0)
Mean age (\pm SD)	59.2 (\pm 12.4)		59.0 (\pm 12.3)	

대상자는 1089명으로 남자 421명(38.7%), 여자 664명(61.0%)이었고 평균연령은 남자가 59.2세, 여자가 59.0세이었으며 최연소자는 20세, 최고령자는 95세이었다(표 1). 연구대상인구의 특성을 먼저 성별로 살펴보면 평균신장은 남자 162.9cm, 여자 150.1cm이었으며 평균체중은 남자 60.0kg, 여자 54.0kg으로 전체적으로 남자가 높았으나 평균체질량지수는 남자가 22.6 여자가 23.9로 여자가 높게 관찰되었다. Bioelectric Impedance로 측정된 체지방비율은 남자 18.9% 여자 28.8%로 남녀간에 보다 현격한 차이를 보였다(p<0.01). 신장과 체중은 전반적으로 연령증가에 따라 감소하는 경향을 보이고 있으나 여성체중과 체질량지수는 증가하다 감소하는 경향을 보이고 있으며 체지방비율은 전반적으로 증가하는 경향을 보이고 있다(표 2).

Table 2. The characteristics of study population

(± SD)

	Height(cm)**		Weight(kg)**		BMI**		Body Fat(%)**	
	Male	Female	Male	Female	Male	Female	Male	Female
20~39 years	167.4±6.5	154.8±5.4	66.2±8.1	58.7±8.6	23.6±2.8	24.4±3.2	18.7±5.5	27.1±5.3
40~49 years	164.9±5.1	154.0±4.9	65.7±9.3	59.1±7.9	24.1±3.0	24.8±2.6	19.2±5.3	27.6±4.7
50~59 years	163.6±6.1	151.8±5.3	62.1±8.6	55.5±8.9	23.2±2.6	24.0±3.2	18.5±4.8	28.4±4.9
60~69 years	161.9±6.5	149.1±5.0	57.6±8.1	53.3±8.6	21.9±2.5	23.9±3.3	18.8±4.3	29.4±5.0
70~ years	160.7±5.8	145.2±5.7	55.0±7.1	48.4±8.1	21.3±2.5	22.9±3.1	19.3±4.5	29.8±5.7
Mean	162.9±6.3	150.1±6.1	60.0±9.0	54.0±9.2	22.6±2.8	23.9±3.2	18.9±4.7	28.8±5.1

** : p < 0.01

BMI : Body Mass Index

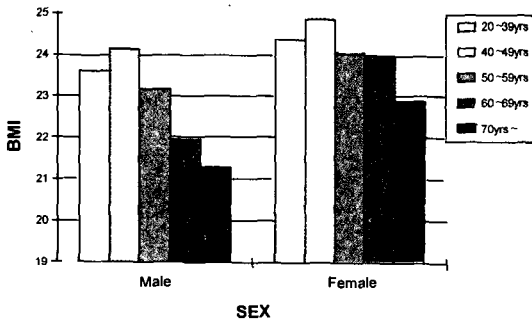


Fig 1. Distribution of body mass index by age groups

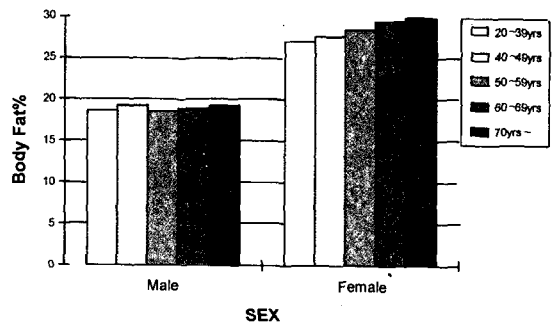


Fig 2. Distribution of body fat percent by age groups

체질량지수와 체지방비율의 연령증가에 따른 변화를 분명히 보기 위하여 막대그래프를 그려보았다.

남·여 모두에서 체질량지수는 40대에 가장 높았으나 50대부터 점차 감소하였다(그림 1). 그러나 오히려 체지방비율은 여자에서 연령에 따라 점차 증가하는 경향을 보였고 남자에서는 뚜렷한 감소경향이 관찰되지 않았다(그림 2).

2) 신체계측치와 체지방비율간의 상관관계

연령은 남·여 모두에서 신장, 체중, 체질량지수와 유의한 음의 상관관계를 보였고(p<0.01) 여자에서 체지방비율과 유의한 양의 상관관계를 보였으나 그 크기는 작았다(p<0.01). 체질량지수와 체지방비율의

상관계수는 남·여 모두 유의하였으며 남자는 0.39(p<0.01), 여자는 0.52(p<0.01)로 여자가 남자보다 더 높은 상관을 보였고 전체적으로 보면 비교적 낮은 상관성을 띠고 있었다(표 3).

3) 성 및 연령에 따른 체질량지수와 체지방비율의 관계

성별에 따른 체질량지수와 체지방비율의 관계를 산점도 및 회귀선을 통해 살펴 본 결과 여자가 남자보다 같은 체질량지수일지라도 체지방비율이 높음을 볼 수 있었다(그림 3).

나이에 따른 체질량지수와 체지방비율의 관계를 보기 위해 남·여 각각에서 60세 이하군과 60세 초과군으

Table 3. The correlation matrix of anthropometric measurements and body fat percent in each sex.

		Age(yrs)	Height(cm)	Weight(kg)	BMI
Male	Height(cm)	-0.3164**			
	Weight(kg)	-0.4291**	0.5598**		
	BMI	-0.3239**	0.0596	0.8582**	
	Body Fat(%)	0.0398	-0.0049	0.3158**	0.3904**
<hr/>					
		Age(yrs)	Height(cm)	Weight(kg)	BMI
Female	Height(cm)	-0.5137**			
	Weight(kg)	-0.3820**	0.6212**		
	BMI	-0.1758**	0.1948	0.8866**	
	Body Fat(%)	0.1582**	-0.0310	0.4017**	0.5199**

** : $p < 0.01$

BMI : Body Mass Index

로 나누어 그 각각에 따른 체질량지수와 체지방비율의 관계를 산점도 및 회귀선을 통해 살펴 보았다(그림 4, 5). 남, 여 모두에서 같은 체질량지수일지라도 60세 초과군이 60세 이하군보다 체지방비율이 높음을 볼 수 있었다.

체지방비율에 영향을 주는 인자들의 예측력을 알아보기 위해 회귀식을 구해보았다.

먼저 체질량지수와 체지방비율의 단순회귀식을 구한 결과 체질량지수의 회귀계수는 1.0756이었고($p <$

0.01) 설명력은 23.2%이었다.

$$\text{Body Fat(\%)} = 1.0756 \times \text{BMI} - 0.2852 \quad (r^2 = 0.2315)$$

여기에 성(sex)을 변수로 추가시켜 다중회귀식을 구했다. 체질량지수의 회귀계수는 0.7822이었고($p < 0.01$) 성의 회귀계수는 -8.8639이었다($p < 0.01$). 이때 설명력은 23.2%에서 60.3%로 증가함을 볼 수 있다. 이때 BMI와 SEX의 교호효과(interaction term)는 이 회귀식에 적합하지않아 모델에서 제외되었다($p = 0.161$).

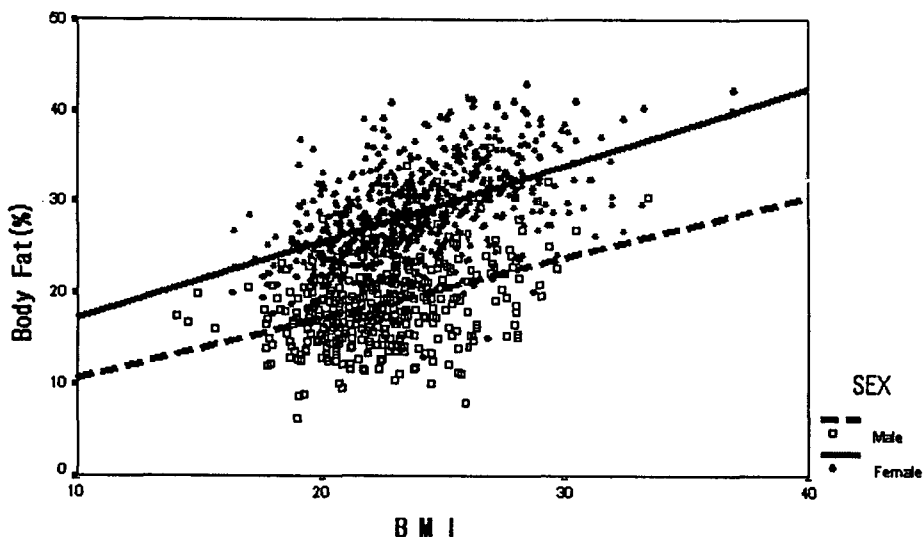


Fig 3. The relation between body fat percent and body mass index by sex

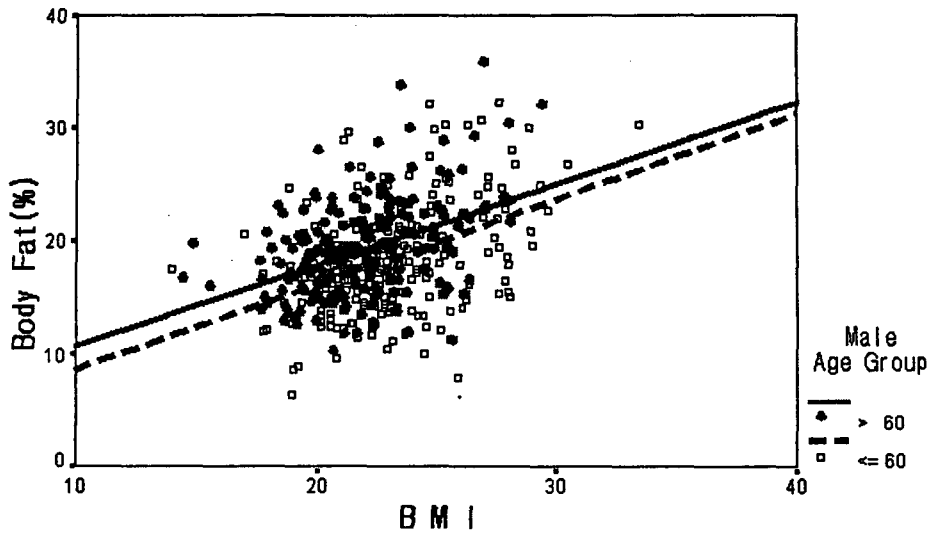


Fig 4. The relation between body fat percent and body mass index by 60 years old in male.

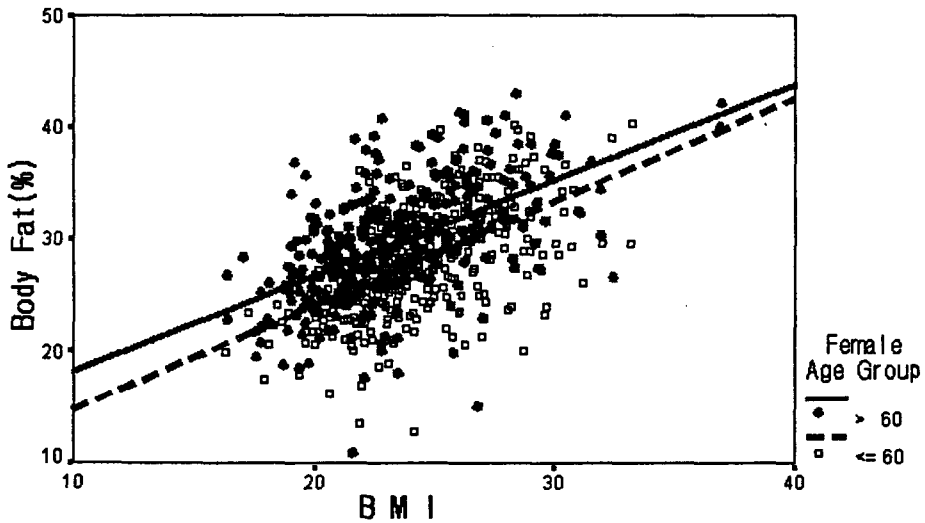


Fig 5. The relation between body fat percent and body mass index by 60 years old in female.

$$\text{Body Fat}(\%) = 0.7822 \times \text{BMI} - 8.8639 \times \text{SEX} + 10.1195 \quad (r^2 = 0.6025)$$

※ sex; 0=female, 1=male.

$$\text{Body Fat}(\%) = 0.8723 \times \text{BMI} + 0.1006 \times \text{AGE} - 8.7389 \times \text{SEX} + 2.4325 \quad (r^2 = 0.6321)$$

※ sex; 0=female, 1=male.

여기에 나이(AGE)변수를 더 추가시켜 보았다.

나이가 변수로 추가되어도 회귀식은 전체적으로 안

정되어 있으며 각 변수들의 유의성은 여전히 유지되고 있었다. 이때 체질량지수의 회귀계수는 0.8723이었으며($p < 0.01$) 나이의 회귀계수는 0.1006($p < 0.01$), 성의 회귀계수는 -8.7389이었다($p < 0.01$). 그리고 나이 변수를 추가시킴으로써 설명력이 63%로 더욱 증가하는 것을 볼 수 있었다. 이때 BMI와 AGE, 그리고 BMI와 AGE, SEX의 교호효과(interaction term)은 이 회귀식에 적합하지 않아 모델에서 제외되었다($p > 0.1$). 공선성 분석(Collinearity analysis)을 시행한 결과는 조건수(Condition number)가 24.015로 나와 심각한 공선성을 보이지는 않았으며 이외에도 잔차분석을 통하여 회귀식의 적합성을 검토하였다.

이상의 결과를 종합해볼때 체지방비율에 영향을 미치는 유의한 변수로 나이, 성, 체질량지수를 들 수 있으며 이들은 각각의 영향을 고려해도 역시 체지방비율에 유의한 영향을 미쳤다($p < 0.01$).

4) 체중과다군 및 정상군에서 체질량지수와 체지방비율과의 관계

체질량지수가 25이상인 집단을 체중과다(overweight)군이라 하고 나머지 집단을 정상군이라 하여 체질량지수와 체지방비율과의 관계를 살펴보았다. 평균 체지방비율은 체중과다군이 유의하게 높았고($p < 0.01$) 체질량지수와와의 상관계수는 두군에서 모두 유의하였으나($p < 0.01$) 그 크기는 체중과다군에서 오히려 낮았다(표 4). 나이와 성에 의한 영향을 배제하기 위해 체질량지수와 체지방비율의 편상관계수(Partial corre-

lation coefficient)를 구해 본 결과 역시 두군에서 모두 유의하였으나($p < 0.01$) 마찬가지로 체중과다군에서 상관성이 낮았다(표 4). 이상의 결과는 체질량지수가 체중과다군에서 정상군보다 체지방비율의 단위변화를 반영하는데 둔감한 것을 보여주고 있으며 이는 체질량지수가 체중과다군에서 비만정도를 표현하는데 오히려 더 제한이 있음을 시사해주고 있다.

5) 예측 체지방비율과 실측 체지방비율의 관계

Bioelectric Impedance Analysis를 이용해 구한 체지방비율을 종속변수로하고 체질량지수, 나이, 성을 독립변수로 하여 구한 본 연구의 회귀식을 미국 뉴욕시에서 706명의 성인남녀(20세부터 94세까지, 평균나이 47세)를 대상으로 비중법(Hydrodensitometry), 중수소(3H_2O)를 이용한 체내 총 수분량 측정, Dual-energy X-ray absorptiometry 등의 실험실적 방법으로 체지방비율을 측정한 후 이 체지방비율을 종속변수로하고 역시 체질량지수, 나이, 성을 독립변수로 하여 다변량 회귀분석을 시행한 Gallagher 등(1996)의 연구와 비교하여 보았더니 전체적으로 독립변수의 회귀계수값이나 유의도가 비슷하고 단지 절편값만 큰 차이를 보였다(표 5).

다음은 Gallagher 등(1996)의 식에 본 연구대상자들의 실측치인 연령, 성, 체질량지수를 넣어 예측체지방비율을 구하여 본 연구에서 실제 측정한 체지방비율과의 관계를 보았다. 실측체지방비율을 종속변수로 하고 예측체지방비율을 독립변수로 했을 때의 회귀선은

Table. 4 The characteristics of BMI as a estimator of obesity in overweight group and normal group in study population.

	Observation Number	Mean Body Fat(%)**	Correlation coefficient between BMI and Body Fat(%)	Partial correlation coefficient between BMI and Body Fat(%), controlling for Age and Sex
Overweight Group	297	29.6	0.2622**	0.2496**
Normal Group	789	23.4	0.3051**	0.3704**

** : $p < 0.01$

Table 5. The comparative study between regression equation of %BF measured by BIA and regression equation of %BF measured by laboratory method studied by Gallagher et al.

	regression coefficient				SEE	r ²
	BMI	Age	Sex §	Intercept		
Our present study	0.87**	0.10**	-8.74**	2.43 [†]	4.23	0.63
Gallagher et al. study	1.46**	0.12**	-11.61**	-10.02**	5.68	0.67

** : p < 0.01, * : p < 0.05, † : < 0.1
 § : 0=female, 1=male.

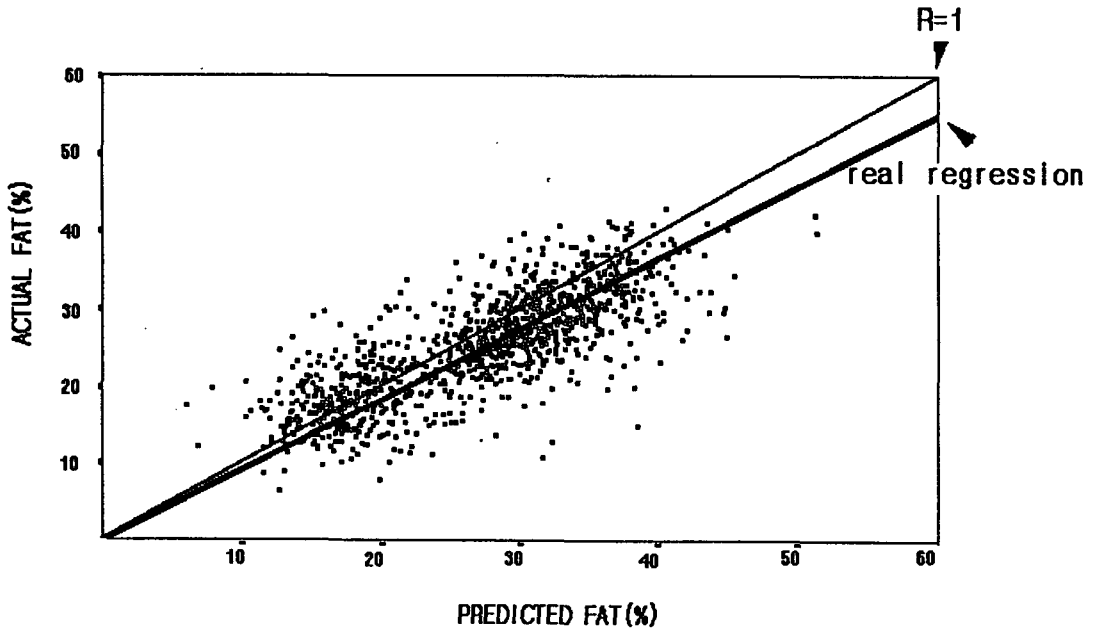


Fig 6. The relation between fat percent predicted by Gallagher's equation and actual fat percent measured by Bioelectric Impedance Analysis.

그림 6과 같았는데 이때의 회귀계수 값은 0.915(p<0.01)이며 설명력은 96.8% 이었다.

이상에서 보면 Gallagher 등(1996)의 방정식에 의한 예측체지방비율을 그대로 우리의 농촌주민들에게 적용했을 경우 과대측정(overestimation)될 것으로 나타났다. 그러나 이는 한편으로 본 연구의 Bioelectric Impedance Analysis를 이용한 실측체지방비율이 과소측정(underestimation)된 것이라고도 해석될 수 있겠다.

다음에는 측정체지방비율과 예측체지방비율의 차이가 얼마나 나는지 알아보기 위해 그 차이 값인 델타 값(Delta percentage)을 아래의 공식에 의해 구해보았다. 단 본 연구에서는 실험실적 방법(Laboratory method)에 의해 구해진 체지방비율값이 없으므로 Gallagher 등(1996)의 연구에 의한 방정식을 적용해 구한 체지방비율값을 대입하였다. 계산 결과 본 연구에서의 델타 값은 5.0%로 측정되었다.

Delta percentage

$$= \frac{\text{BIA \%BF} - \text{Laboratory \%BF}}{\text{Laboratory \%BF}} \times 100$$

고 찰

1991년도 미국의 국민영양조사에 따르면 1960년부터 1991년까지의 기간동안 체중과다의 비율은 눈에 띄게 증가하였다(Kuczmarski 등, 1994). 우리나라도 식생활이 서구화되어 고칼로리 식품을 과잉섭취하게 되고 교통수단의 발달 및 생활의 자동화 등이 이루어져 운동부족 현상이 일어나 비만증이 급속히 많아지고 있으며(박옥규, 1993) 1990년과 1992년 사이의 국민영양조사에서도 체중과다의 비율이 증가를 보이고 있다(보건복지부, 1992, 1994). 이처럼 비만유병율의 증가에 대한 우려가 현실로 되고 있고 이에대한 사회적 관심도 증가하고 있는 실정이다.

비만은 체중과다와 다른데 체중과다는 '신장에 비하여 체중의 과도한 상태'를 말하고 비만은 '체지방체중에 비하여 체지방의 과도한 상태'로 정의 할 수 있다. 하지만 체지방을 정량화 하기가 어렵기 때문에 체지방을 반영하는 지표로서 측정이 간편하고 값이 싸며 다양한 비만의 대응지표를 개발하여 널리 사용하고 있다. 그 대표적인 것이 Quetelet이란 수학자에 의해 개발된 신장과 체중을 이용한 체질량지수이다. 체질량지수는 신장의 영향을 보정한 체중이라고 보면 타당한데 즉, 신장의 영향을 가장 적게 받으면서 체지방을 가장 잘 반영하는 지표이다(Gray, 1989). 그러나 체질량지수는 그 자체의 한계 때문에 사용이 제한된다. 체질량지수가 체지방비율을 직접적으로 반영할 수 없다는 주장도 있고(Garrow 와 Webster, 1985) 체질량지수가 지방조직뿐만 아니라 체지방조직도 반영할 것이라는 주장도 있다(Garn 등, 1986). 또한 체질량지수는 전체신장에 대한 상대적인 다리의 길이나 앉은 키 등에 의해 영향을 받으므로 보통 앉은 키가 큰 동양인과 상대적으로 다리가 긴 서양인사이에 직접적인 비교가 곤란하다는 주장도 있다(Gray, 1989; Bose,

1995). Visser 등(1995)은 노령인구에서 체질량지수가 체지방을 과소추정할 것이라고 하였고 Womersley 등(1976)은 마른 사람에서는 과다추정, 뚱뚱한 부인에서는 과소추정한다고 하였다. 체질량지수의 유도식에서 신장의 제곱을 해서 구한 값이 체지방비율을 반영하는데 가장 적절하지만 여자들이나 어린이들에서는 최선이 아니어서 여성에서는 1.5제곱승이 타당하고(Gray, 1989) 사춘기를 겪기전 어린이에서는 3제곱승이 타당하다는 주장도 있다(Röhler index=Weight/Height(cm)³).

노인이라하면 학자에 따라서는 65세 이상이라 주장하는 경우도 있으나 보통 60세 이상되는 사람을 가리킨다(서순규, 1995). 노인들에 대한 비만을 평가하는데는 노인의 생리적 변화를 고려하여볼 때 다른 평가지표를 개발해야 할 것을 시사해주고 있다. 즉 노화가 진행된다면 체지방조직의 감소, 척추후만증의 진행, 골밀도의 감소, 수분함량의 감소등이 일어나므로(Goodman-Gruen 등, 1996) 이러한 노화에 따른 생리적 변화를 고려한 비만지표의 개발이 필요할 것이며 또한 이에 따른 적절한 비만의 위험인자 평가와 예방대책수립이 이루어져야 할 것이다.

본 조사에서는 남·여 모두 40대는 2,30대에 비해 체질량지수가 높는데 반해 50대이후부터는 연령증가에 따라 체질량지수가 감소하는 경향을 보이고 있다. 이러한 50대이상 연령군에서 연령증가에 따른 체질량지수의 감소 경향은 이미 외국의 조사(Ge 등, 1994; Kuczmarski 등, 1994) 및 국내의 「국민건강 및 보건의 식행태조사」에서 나타난 결과(남정자 등, 1995)와 유사하다. 연령과 체질량지수간의 전체적인 상관계수를 성별로 나누어 검토한 결과 남자 -0.32(p<0.01), 여자 -0.18(p<0.01)로 음의 상관을 보이고 있는데 이는 조사 대상이 노인 인구가 압도적으로 많은 전형적인 농촌 지역사회를 대상으로 하였기 때문에 나타난 상관으로 생각된다. 체지방비율은 남·여 모두에서 특히 50대이후에 연령증가에 따라 오히려 증가하는 경향을 보이고 있다. 또한 같은 체질량지수에서라도 여성에서 그리고 남·여 각각 60세를 넘는 고령에서 체지방비율이

높음을 그림으로도 확인할 수 있었는데 이것은 기존의 지식과 잘 일치하고 있다. 이상의 결과를 종합해보면 노인들 특히 농촌지역사회에 거주하는 노인들을 대상으로 비만의 정도를 표시할 때 체질량지수 단독으로는 제한이 있음을 시사해주고 있다. 더구나 본 연구대상중 체질량지수 25이상인 체중과다군에서 체질량지수와 체지방비율간의 상관계수 및 연령과 성이 보정된 편상관계수 모두 정상군보다 낮게 관찰되어 체중과다군에서 더욱 체질량지수가 비만의 정도를 반영하는데 제한이 있음을 보여주고 있다.

BIA법에 의해 산출한 체지방비율은 짧은 시간에 많은 사람을 대상으로 비만에 대해 집단검진(Screening)하기에 정밀하고 타당한 검사법으로(Roubenoff 등, 1995) Bioelectric Impedance Analysis를 이용해 구한 체지방비율과 실험실적 방법으로 정밀하게 정량화한 체지방비율의 상관관계에 대해서는 이미 기존의 많은 연구에서 입증되어왔다(Lukaski 등, 1987; Jackson 등, 1988; Nakadomo 등, 1990; Heitmann, 1990; Rising 등, 1991; Van Lichtenbelt 등, 1994; Roubenoff 등, 1995). Lukaski는(1987) Ht^2/R (resistance, 전기저항값)인 변수에 대해서 체수분량 및 제지방 체중의 관계를 검토한 결과 각각 높은 상관($r=0.98\sim 0.99$)이 있음을 보고하였으며 BIA법에 의해 체수분량이나 제지방체중을 추정할 수 있음을 시사하였다. Segal등은 $Wt.R/Ht^2$ 인 변수를 이용한 체밀도용 추정식에서 제지방량의 추정 정도를 검토한 결과 BIA법에 의한 제지방량과 수중체중 비중법에 의한 제지방량과의 사이에 높은 상관($r=0.912$)이 있음을 인정하고 BIA법에 의한 신체조성평가가 타당성이 높음을 시사하였다. BIA법에 의한 신체조성평가의 타당성에 관해서는 그후 많은 연구자에 의해 검토되고 있다. Nakadomo등(1991)이 18~56세 사이의 남녀 각 50명을 대상으로 한 연구에서 동일인에 대한 수중체중비중법에 의한 체지방비율 및 제지방체중과 BIA법에 의한 체지방비율 및 제지방체중과의 사이에 각각 높은 상관(있음을 확인하고($r=0.869$, $r=0.922$)) 신체조성평가의 타당성을 확인한데 기초하여 일본인에 맞는 새로운 방정식을 구

하여 적용하였다.

본 연구는 같은 동양인이라는 유사성 때문에 Nakadomo의 방정식에 맞춰 BIA법에 의한 체지방비율을 산출하였다.

본 연구에서 나타난 체질량지수와 체지방비율의 상관계수는 보정을 하지않은 상태에서 남자 $r=0.3904$ ($p<0.01$), 여자 $r=0.5199$ ($p<0.01$)로 관찰되었다. 이 수치는 같은 방정식을 이용하여 체지방율을 산출한 이석환 등(1995)의 연구결과인 남자 $r=0.5334$ ($p<0.01$), 여자 $r=0.6039$ ($p<0.01$)의 상관계수와 비교해볼 때 낮은 수치였다. 이렇게 상관계수가 낮게 나타난 것은 본 연구의 조사대상이 농촌의 지역사회에 거주하는 주로 노인인구를 대상으로 하였기 때문일 것으로 추정되며, 일대학 부속병원 종합건강진단센터에 내원한 남자 평균연령 44.4세, 여자 평균연령 43세의 661명을 대상으로한 이석환 등의 자료와 노령인구가 많은 본 연구의 인구학적 특성이 일치하지 않아서 체질량지수가 실제 체지방보다 과소추정되고 체지방보다는 제지방체중이 더 많이 반영되었을 것으로 생각된다.

한편 기존의 연구에서 Bioelectric Impedance Analyzer를 이용해 구한 체지방비율과 비중법을 이용해 구한 체지방비율의 상관관계는 50세이전의 건강한 성인에서 0.98이었으나 이보다 훨씬 고령인 평균연령 78세의 인구집단에서 Dual-energy X-ray absorptiometry로 구한 체지방비율과 BIA를 이용해 구한 체지방비율의 상관계수는 남자에서는 0.85 여자에서는 0.88로 감소하였다(Lukaski, 1987). 이에 여러 가지 설명이 있을 수 있으나 피부 탄력성의 감소, 제지방조직의 감소, 척추후만증의 진행, 골밀도의 감소, 수분함량의 감소 등을 원인으로 들 수 있다. 따라서 이러한 노화의 영향 때문에 젊은 사람들에서 산출된 방정식을 적용한 BIA법으로 측정된 체지방비율이 노인에서는 덜 정확하고 덜 타당하다는 점도 고려되어야 할 것이다(Visser 등, 1995). 본 연구에서 적용한 Nakadomo의 방정식도 고령을 대상으로 얻어진 것이 아니므로 본 연구의 결과를 해석할 때 이점 역시 고려되어야 할 것이다.

체지방비율에 영향을 미치는 변수로는 나이, 성, 체질량지수를 들 수 있으며(Gallagher 등, 1996) 이들은 각각의 영향을 통제해도 역시 유의한 영향을 미쳤다(표 4). 체질량지수 단독으로는 체지방비율에 대한 설명력이 23.1%였으나 나이와 성을 추가시켜서 보았더니 63%까지 증가했다. 이러한 결과는 나이와 성을 고려하여 체질량지수를 비만지표로 사용하는 것이 여러모로 편리하며 타당도와 정밀도를 올릴 수 있는 방법이 될 수 있다는 것을 시사하였다.

본 연구에서의 Gallagher 등의 식을 이용해 구한 예측체지방비율과 실제체지방비율의 차이에 관한 델타값은 5.0%로 측정되었는데 이는 체지방비율을 측정하기 위한 두 방법—실험실적방법과 Bioelectric Impedance를 이용한 방법—을 동일인에 대하여 시행한 Segal 등의 연구(남자가 27.9%, 여자가 16.0%)나 Lukaski 등(1987)의 연구(남자가 31.6%, 여자가 26.0%) 등에 비하면 현저히 작은 값이다.

본 연구의 제한점으로는 Bioelectric Impedance를 이용해 구한 체지방비율을 동일인에 대해 실험실적 방법으로 구한 체지방비율과 비교할 수 없었기 때문에 타당성과 정밀성을 엄밀하게 검증하지 못했다는 점을 들 수 있다. 또한 본 연구에서 도출된 회귀식에 대해 공선성분석 및 잔차분석등의 회귀진단을 실시한 결과 심각한 문제를 발견하지는 못하였으나 전체모델의 설명력이 63%에 그치고 있는 점은 이외에도 설명요인이 여러 가지 있을 수 있다는 것을 시사해주고 있다. 따라서 이에 대해서는 본 연구의 조사범위를 벗어나고 있어 이후 연구에서 보강되어야 할 것이다.

결 론

일부 농촌지역 주민 20세 이상 성인 남녀 1100여 명에 대해 각종 신체계측을 시행하고 Bioelectric Impedance를 이용해 체지방비율을 측정하여 이에 대해 분석한 후 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 50대이후에서 고령으로 갈수록 체질량지수는 감소

하는 경향을 보이지만 체지방비율은 증가하는 경향을 보인다.

- 같은 체질량지수에서 여자일수록 그리고 남·여 모두 고령일수록 체지방비율이 높았다.
- 체질량지수와 Bioelectric Impedance를 이용해 구한 체지방비율과의 상관계수는 남·녀 모두 비교적 낮게 관찰되었으며 여자에서 좀 더 높았다.
- 노인집단에서 체질량지수만을 비만지표로 사용하는 것은 제한이 있다. 특히 체중과다군에서 정상군에 비해 더욱 제한이 있다.
- 체지방비율은 체질량지수뿐 아니라 성 및 연령을 함께 고려하였을 때 설명력이 높게 추정되었다. ($r^2=0.63$)
- Bioelectric Impedance를 이용해 구한 체지방비율과 성 및 연령, 체질량지수와의 관계에 대한 본 연구의 결과는 체지방비율에 관한 기존의 지식 및 선행연구 결과와 대체로 일치하고 있다.

이상의 결과를 종합해 볼 때 농촌지역사회에서 역학조사시 비만에 대한 분류근거로 체질량지수를 단독으로 쓰는 것은 타당하지 못하며 성 및 연령을 함께 고려하거나 Bioelectric Impedance를 이용한 체지방비율을 활용하는 것이 좋겠다.

참 고 문 헌

- 경난호 외 44명. 임상비만학. 고려의학, 1995, 쪽 171-217
- 92국민영양조사결과보고서. 보건복지부, 1994, 쪽 61
- 국민영양조사보고서. 보건복지부, 1992, 쪽 57
- 남정자, 최창수, 김태정, 계훈방. 한국인의 보건 의식행태-1995년도 국민건강 및 보건 의식행태조사. 한국보건사회연구원, 1995, 쪽 105-106
- 박옥규. 고혈압과 심장. 금성출판사, 1993, 쪽 85
- 서순규. 성인병·노인병학. 고려의학, 1995, 쪽 9-38, 457-473
- 이석환, 황태윤, 김창윤. Impedance Fat Meter로 측정

- 한 체지방 비율과 혈청지질치 및 혈압과의 관련성. 예방의학회지 1995; 28(4): 쪽 783-794
- Bose K. A comparative study of generalised obesity and anatomical distribution of subcutaneous fat in adult white and Pakistani migrant in Peterborough. *J R Soc Health* 1995; 115(2): 90-95
- Bray GA. Classification and Evaluation of the obesity. *Medical Clinics of North America* 1989; 73(1): 161-165
- Denke MA, Sempos CT, Grundy SM. Excess Body Weight. *Arch Intern Med* 1993; 153: 1093-1103
- Gallagher D, Visser M, Sepulveda D, Pierson RN, Harris T, Heymsfield SB. How useful is Body Mass Index for Comparison of Body Fatness across Age, Sex, and Ethnic Groups? *American Journal of Epidemiology* 1996; 143(3): 228-239
- Garn SM, Leonard WR, Hawthorne VM. Three limitations of the body mass index. *Am J Clin Nutr* 1986; 44: 996-997
- Garrow JS, Webster J. Quetelet's index(W/H^2) as a measure of fatness. *Int J Obes* 1985; 9(2): 147-153
- Ge K, Weisell R, Guo X, Cheng L, Ma H, Zhai F, Popkin BM. The body mass index of Chinese adults in the 1980s. *Eur-J-Clin-Nutr* 1994; 48(3): s148-154
- Goodman-Gruen D, Barrett-Connor E. Sex Differences in Measures of Body Fat and Body Fat Distribution in the Elderly. *American Journal of Epidemiology* 1996; 143(9): 898-906
- Gray DS. Diagnosis and Prevalence of Obesity. *Medical Clinics of North America*. 1989; 73(1): 1-13
- Guyton C, Hall JE. *Textbook of Medical Physiology*, ninth edition. W.B.Saunders Company, 1996, p. 1024
- Heitmann BL. Evaluation of body fat estimated from body mass index, skinfolds and impedance. A comparative study. *Eur-J-Clin-Nutr* 1990; 44: 831-837
- Hirsch J et al. Health Implications of Obesity-National Institutes of Health Consensus Development Conference Statement. *Annals of Internal Medicine* 1985; 103(6 pt 2): 1073-1077
- Hubert HB, Feinleib M, Mcnamara PM, Castelli WP. Obesity as an Independent Risk Factor for Cardiovascular Disease: A 26-year Follow-up of Participants in the Framingham Heart Study. *Circulation* 1983; 67(5): 968-977
- Jackson AS, Pollock ML, Graves JE, Mahar MT. Reliability and validity of bioelectrical impedance in determining body composition. *American Physiological Society* 1988: 529-534
- Knapp TR. A Methodological Critique of the 'Ideal Weight' Concept. *JAMA* 1983; 250: 506-510
- Kuczmariski RJ, Flegal KM, Campbell SM, Johnson CL. Increasing Prevalence of Overweight Among US Adults. *JAMA* 1994; 272(3): 205-211
- Lee RD, Nieman DC. *Nutritional Assessment*. Brown & Benchmark, 1993, pp. 126-137
- Lukaski HC. Method for the assessment of human body composition: traditional and new. *Am J Clin Nutr* 1987; 46: 537-556
- Manson JE et al. Body Weight and Mortality among Women. *New Engl J Med* 1995; 333: 677-685
- Nakadomo F, Tanaka K, Hazama T, Maeda K. Validation of Body Composition Assessed by Bioelectrical Impedance Analysis. *Jpn-J-Appl-Physiol* 1990; 20(4): 321-330
- Rising R, Swinburn B, Larson K, Ravussin E. Body composition in Pima Indians: validation of bioelectrical resistance. *Am J Clin Nutr* 1991; 53: 594-598
- Roubenoff R, Dallal GE, Wilson PWF. Predicting Body Fatness: The Body Mass Index vs Esti-

- mation by Bioelectrical Impedance. *American Journal of Public Health* 1995; 85(5): 726-728
- Segal KR, Gutin B, Presta E, Wang J, Van Itallie TB. Estimation of human composition by electrical impedance method, a comparative study. *J Appl Physiol* 1985; 58(5): 1565-1571
- Van Marken Lichtenbelt WD, Websterp KR, Wouters L, Lujendijk SCM. Validation of bioelectrical-impedance measurements as a method to estimate body-water compartments. *Am J Clin Nutr* 1994; 60: 159-166
- Visser M, Deurenberg P, Staeveren WA. Multi-frequency bioelectrical impedance for assessing total body water and extracellular water in elderly subjects. *European Journal of Clinical Nutrition* 1995; 49: 256-266
- Womersley J, Durnin JV, Boddy K, Mahaffy M. Influence of muscular development, obesity, and age on the fat-free-mass of adults. *J Appl Physiol* 1976; 41(2): 223-229
-