

체지방량 추정을 위한 초음파피지후계와 Caliper의 비교

정진욱 · 이성국 · 천병렬 · 예민해 · 황용찬
경북대학교 보건대학원

Comparison of Caliper and Ultrasound Measurement for the Estimation of Body Fat

Jeong, Jin Wook · Lee, Sung Kook · Chun, Byung Yeol
Yeh, Min Hae · Hwang, Yong Chan
Graduate School of Public Health Kyungpook National University, Taegu, Korea

ABSTRACT

Subcutaneous fat thickness of 74 young male was measured at six sites(biceps, triceps, subscapula, suprailiac, abdomen, thigh).

The present study compared caliper with ultrasound measurements for the estimation of body fat.

Caliper measurements subcutaneous at six sites had higher coefficient variation than did the ultrasound measures. Caliper measurements subcutaneous at six sites had higher ratio(caliper/ultrasound) than did the ultrasound measures.

Compared to other body sites, the correlations between caliper and ultrasound measurements were high for the subscapula($r=0.7327$), abdomen($r=0.7355$) and thigh($r=0.7207$) sites. The correlations between caliper and ultrasound measurements were high for the suprailiac($r=0.6616$) site by lean group. The correlations between caliper and ultrasound measurements were high for the abdomen($r=0.7636$) site by normal group. The correlations between caliper and ultrasound measurements were high for the subscapula($r=0.8959$) and abdomen($r=0.8237$) sites by obese group.

Ultrasound measurement of biceps($r=-0.4459$), abdomen($r=-0.4469$), thigh($r=-0.4348$) had the highest correlation with body density. Caliper measurement of triceps($r=-0.4017$), subscapula($r=-0.4454$), abdomen($r=-0.4293$) had the highest correlation with body density.

Ultrasound measurements subcutaneous fat at lean group, obese group had higher coefficients of correlation with body density than did the caliper measurement.

Caliper measurements subcutaneous fat at normal group had higher coefficients of correlation with body density than did the ultrasound measures.

Ultrasound showed to be superior to the caliper technique in measuring subcutaneous fat of obese persons.

KEY WORDS : caliper · ultrasound · subcutaneous fat · body density.

채택일 : 1994년 9월 14일

서 론

지난 20년동안 우리 나라는 국민소득의 증가와 생활 수준의 향상 등으로 생활 형태에 많은 변화를 가져왔다. 즉, 기계문명의 발달로 인하여 생활 수단이 자동화됨에 따라 신체 활동의 기회가 줄어들고 음식물은 칼로리 양이 높은 식품이 생산 공급되어 소비 에너지는 줄어들고 섭취 에너지는 상대적으로 과잉 섭취되어 체중 초과나 비만이 현대인의 중요한 건강 문제로 대두하게 되었다¹⁾.

비만의 분류는 원인에 따른 분류, 지방조직의 형태에 의한 분류, 지방조직의 체내 분포에 의한 분류로 구분하고 있으며, 비만에서 체지방분포와 이로 인한 합병증의 관계에 대해 최초로 보고한 Vague²⁾는 상완과 대퇴의 둘레와 피하지방을 측정하여 지방침착비(B/F-AMR, brachiofemoral adipomuscular ratio)를 계산하여 비만이 주로 상완의 지방 축적에 의한 경우를 남성형 비만(android obesity), 그리고 대퇴에 축적된 경우를 여성형 비만(gynecoid obesity)으로 분류하였고 합병증은 주로 전자에서 볼 수 있다고 하였다. 그후 Evans등³⁾은 비만한 사람에 있어서 둔부 둘레에 대한 허리 둘레의 비(Waist/Hip circumference ratio, WHR)로 지방 분포를 간편히 표시하여 WHR이 높은 사람을 상반신 비만(upper body obesity), 낮은 사람을 하반신 비만(lower body obesity)으로 구분하였다.

비만을 판정하기 위해서는 체지방을 실제로 측정해야 하지만 간편한 간접적인 방법으로 남녀별 키에 따른 표준체중표를 이용하거나 체격지수를 사용한다. 그러나 이러한 표준체중법은 체지방의 정도를 평가할 수 없으며, 단지 비만도의 스크리닝에 이용될 뿐이고 비만의 평가에는 피하지방 두께 측정이나 체지방을 측정이 필요하다⁴⁾.

체지방 측정에 관한 연구는 1863년 Bischoff⁵⁾에 의해서 시작되었으며, Widdowson등⁶⁾은 동물이나 사람의 시체를 화학적으로 분석하는 직접법에 의하여 인체구성 성분을 분류한 바 있다. 대표적인 간접법 중의 하나인 체밀도의 측정은 Archimedes의 원리에 따라 공기중에서의 체중과 물 속에서 완전히 잠겼을

때의 체중의 감소량으로부터 계산된다⁷⁾. 체밀도를 직접 측정하는 시설은 필요시 적시적소의 이동이 곤란하며, 다수의 대상자에게는 적용하기가 어려우므로 체밀도와 높은 상관 관계를 가지는 기타 측정치로부터 체밀도를 예측하는 방정식을 유도하여 체지방량을 산출하는 것이 오히려 유용하다. 이때 가능한 측정 방법은 caliper를 이용하여 측정된 피하지방 두께(skinfold thickness)⁸⁾, 방사선(X-ray)으로 측정된 체지방 면적⁹⁾, 또는 초음파(ultrasound)를 이용하여 측정된 피하 지방층의 두께를 들 수 있다¹⁰⁾.

신체계측치에 의해 체지방량을 평가하는 방법은 크게 2가지로 나눌 수 있는데¹¹⁾, 첫째는 신장/체중의 비를 이용하여 체중초과 및 체중미달의 정도를 결정하는 것이다⁷⁾. 둘째는 피하지방 두께, 신체 각 부위의 둘레 및 반지름 등을 각각 독립적으로 이용하거나 또는 이들을 동시에 이용하여 체밀도와 체지방량을 예측하는 것이다¹²⁾. 여러 연구를 통하여 체밀도 예측시에, 신장과 체중만을 이용하는 것보다는 피하지방부위별 두께와 신체 부위별 둘레를 이용하는 것이 더욱 타당함이 밝혀졌다¹³⁾.

지금까지 국내의 체지방에 관한 연구들은 caliper를 이용하여 측정된 피하지방 부위별 두께를 국내외에서 개발한 체지방 추정식에 대입하여 각 측정집단의 체지방량을 비교하고, 각각의 추정식의 타당도에 관한 연구가 대부분을 차지하고 있다. 그러나 caliper를 이용하여 피하지방을 측정하는데는 몇가지 제한점을 가지고 있다¹⁴⁾¹⁵⁾¹⁶⁾. 즉 비만한 사람에 있어서 일부 신체 부위는 측정하기 어렵고, 연령과 개인의 특성에 따라 피하지방의 신축성에 차이가 있으며, 피하지방 두께가 클 경우 미끄러져 측정하는데 어려움이 있고, 측정자가 잡는 정도에 따라 차이가 생기는 등의 여러가지 제한점이 있다.

위와 같은 Caliper의 제한점을 초음파 피하지방 두께 측정기가 보완해 줄 수 있다고 생각되어 체지방을 추정을 위하여 초음파 피하지방 두께 측정기와 caliper간의 정도를 비교하였다.

대상 및 방법

본 연구는 1992년 3월 15일부터 4월 22일까지 건

체지방량 추정을 위한 초음파피지후계와 Caliper의 비교

강한 남자 74명을 대상으로 caliper와 초음파 피하지방 두께 측정기를 이용하여 신체 6부위의 피하지방 두께를 측정하였으며, 이때 caliper의 압력이 항상 10g/mm로 일정하게 유지하도록 하였다.

신체부위와 측정방법은 다음과 같다.

- 1) 상완전부(Biceps) : 우측 겨드랑이와 팔꿈치 사이의 중앙부위를 잡는다.
- 2) 상완후부(Triceps) : 팔굽관절에서 우측 상박 후면의 중간부위를 팔과 평행이 되게 잡는다.
- 3) 견갑골하각부(Subscapular) : 우측 견갑골 하단 부위를 잡는다.
- 4) 장골능상부(Suprailiac) : 우측 장골절(crista iliac)의 직상부위를 잡는다.
- 5) 복부(Abdomen) : 배꼽에서 오른쪽으로 1 inch 옆을 수평으로 잡는다.
- 6) 대퇴부(Thigh) : 허벅지의 중간지점을 앞쪽에서 수직으로 잡는다.

신체측정기구로는 피하지방 두께는 Caliper(榮研式皮下脂肪計)와 超音波皮脂肪厚計(초음파 피하지방 두께 측정기, ultrasound, TATT TH-500, TATT Health 株式會社, 豊川裕之 등, 1984)¹⁷⁾를 사용하였고, 체지방량은 Impedance Fat Meter(Model SIF-891)를 사용하였는데, Impedance는 누운상태에 있어서 피검자의 우측손과 우측발에 장착된 전극에서 800 μ A, 50 KHz의 미약한 교류전류를 통함으로써 같은 부위에 장착된 검출전극간의 전압을 측정함으로써 구한다. 그리고 체밀도는 Nakadomo¹⁸⁾에 의해 만들어진 방정식을 이용하여 구하였다.

$$Db = 1.1492 - 0.0918(wt \cdot Z/H^2)$$

Db = body density(g/ml), Wt : weight(kg)
Z : Impedance(ohms), H : Height(cm)

연령, 키, 체중, 비만도, Katsura 지수, 체밀도, 체지방율, 체지방량, LBM(lean body mass)의 평균, 범위를 계산하였다. 그리고 체밀도의 분포를 보았으며, 신체 각 부위의 피하지방측정치의 평균을 산출하였다.

두 측정기구의 신체 부위별 측정치가 표준편차의 크기를 평균값에 비교하여 볼 때 어느정도인가 하는 것을 알아보기 위하여 변이계수(coefficient variation)를 계산하였고, 신체부위별 측정치의 두 측정기구의

비(Caliper/초음파 피하지방 두께 측정기)를 비교하였다.

신체부위별 측정치에 자연 로그를 취하여 신체부위별 상관관계를 구하고 katsura 지수(실체체중/표준체중, 표준체중=(신장-100)×0.9)에 의해 90미만을 야원군, 90~110미만 정상군, 110이상을 비만군으로 분류하여 각군에 따른 변이계수, 비, 상관계수를 구하였다. 그리고 신체부위별에 따른 체밀도와 두 측정방법과의 상관계수를 계산하였고, Katsura 지수에 의한 3군간에 있어서 상관계수를 산출하였다.

결 과

대상자 74명의 평균연령은 19.2±0.94세이고 키는 평균 172.1±4.96cm이며 몸무게는 평균 61.9±7.00 kg이다. BMI는 20.9±2.28이며 Katsura 지수는 95.5±10.69로 거의 정상체중 이었다. 체밀도는 1.060g/ml이며, 체지방율은 평균 16.97%이며, 체지방량과 LBM(Lean Body Mass)은 각각 10.8kg, 51.3kg이었다(Table 1).

체밀도와 체지방율의 분포를 보면 체밀도가 1.0300~1.0399이고 체지방율이 26.3%인 사람은 1명이고 체밀도가 1.0610~1.0639이고 체지방율이 15.4~16.6%, 그리고 체밀도가 1.0640~1.0669이며 체지방율이 14.0~15.2%인 사람은 각각 16명으로 전체의 43.2%로 가장 많았다(Table 2).

초음파 피하지방 두께 측정기는 상완전부가 3.32mm로 가장 적었고 복부가 5.61mm로 가장 많았으며,

Table 1. Physical characteristics of subjects(n=74)

Variable	Mean±SD	Range
Age(yr)	19.22 ± 0.94	18.00 - 21.00
Height(cm)	172.12 ± 4.96	159.00 - 183.00
Weight(kg)	61.85 ± 7.00	47.00 - 78.00
B.M.I. ¹⁾	20.89 ± 2.28	17.18 - 25.76
Katsura index.	95.50 ± 10.69	78.08 - 117.74
Body density(g/ml)	1.060± 0.006	1.038 - 1.070
Body Fat(%)	16.97 ± 2.46	12.90 - 26.30
Body fat(kg)	10.84 ± 3.62	6.10 - 34.40
L.B.M. ²⁾	51.30 ± 5.34	40.90 - 63.50

B.M.I.¹⁾ : Body Mass Index
L.B.M.²⁾ : Lean Body Mass

caliper는 상완전부가 3.45mm로 가장 적었고 복부가 11.07mm로 가장 많았다.

변이계수(coefficient variation)는 초음파 피하지방 두께 측정기가 caliper 보다 모든 부위에 있어서 낮

았다. 초음파 피하지방두께 측정기에서는 견갑골하 각부가 22.2%로 가장 낮았고 복부는 33.9%로 가장 높았다. Caliper는 상완전부는 27.8%로 가장 낮고 복부가 48.6%로 가장 높았다.

Caliper와 초음파 피하지방두께 측정기의 비는 장 골능상부가 1.14로 가장 낮았고 견갑골하각부가 2.10으로 가장 높았다. 초음파 피하지방두께 측정기와 caliper의 상관관계를 보면 상완전부가 가장 낮았고($r=0.2362$), 복부가 가장 높았으며($r=0.7355$), 상완전부를 제외한 모든 부위에서 통계적으로 유의하였다($p<0.001$)(Table 3).

Katsura 지수로 야원군, 정상군, 비만군으로 나누었을 때 야원군에서는 초음파 피하지방두께 측정기가 상완전부가 2.71mm로 가장 적었고 복부는 4.83mm로 가장 많았고 변이계수는 상완전부가 18.5%로 가장 낮았고 견갑골 하각부는 30.9%로 가장 높았다. Caliper는 상완전부가 2.92mm로 가장 적었고 복부가 7.30mm로 가장 많았으며, 변이계수는 상완전부가 17.5%로 가장 낮았고 장골능상부가 46.3%로 가장 높았

Table 2. Frequency distribution of body density and percentage of body fat of subjects

Body density	Body fat(%)	Frequency	
		No.	%
1.0300-1.0399	26.3-26.3	1	1.4
1.0400-1.0429	0.0- 0.0	0	0.0
1.0430-1.0459	0.0- 0.0	0	0.0
1.0460-1.0489	21.5-21.5	2	2.7
1.0490-1.0519	20.6-21.2	3	4.1
1.0520-1.0549	19.1-20.3	8	10.8
1.0550-1.0579	18.1-19.2	10	13.5
1.0580-1.0609	16.5-17.8	12	16.2
1.0610-1.0639	15.4-16.6	16	21.6
1.0640-1.0669	14.0-15.2	16	21.6
1.0670-1.0699	12.9-14.2	6	8.1
Total		74	100.0

Table 3. Subcutaneous fat thickness as determined by caliper and ultrasound techniques and correlation of measurements between techniques by site unit : mm

Site	Ultrasound(n=74)		Caliper(n=74)		Ratio	r
	Mean±SD	C.V.(%)	Mean±SD	C.V.(%)		
Biceps	3.32±0.71	21.4	3.45±0.96	27.8	1.19	0.2362
Triceps	5.48±1.67	30.5	8.45±3.35	39.6	1.57	0.6784**
Subscapular	5.27±1.17	22.2	11.07±3.55	32.1	2.10	0.7327**
Suprailiac	5.58±1.80	32.3	6.29±2.89	45.9	1.14	0.6944**
Abdomen	5.61±1.90	33.9	10.66±5.18	48.6	1.88	0.7355**
Thigh	5.47±1.48	27.1	9.83±4.25	43.2	1.77	0.7207**

C.V. : Coefficient Variation ratio : caliper±ultrasound ** $p<0.001$

Table 4. Subcutaneous fat thickness as determined by caliper and ultrasound techniques and correlation of measurements between techniques by site(Lean group) unit : mm

Site	Ultrasound(n=30)		Caliper(n=30)		Ratio	r
	Mean±SD	C.V.(%)	Mean±SD	C.V.(%)		
Biceps	2.71±0.41	15.1	2.92±0.51	17.5	1.11	-0.2990
Triceps	4.63±1.07	23.1	6.27±1.63	26.0	1.40	0.5156*
Subscapular	4.59±1.02	22.2	8.63±1.68	19.5	1.94	0.5087*
Suprailiac	4.31±1.33	30.9	4.95±2.29	46.3	1.16	0.6616**
Abdomen	4.83±1.25	25.9	7.30±2.88	39.5	1.55	0.5198*
Thigh	4.62±0.95	20.6	7.18±1.69	23.5	1.58	0.5844**

* $p<0.01$ ** $p<0.001$

체지방량 추정을 위한 초음파피지후계와 Caliper의 비교

다. Caliper와 초음파 피하지방두께 측정기의 비는 상완전부가 1.11로 가장 낮고 견갑골하각부가 1.94로 가장 높았다.

초음파 피하지방두께 측정기와 caliper의 상관관계를 보면 상완전부가 가장 낮았고($r=0.2990$), 상관관계가 가장 높은 부위는 장골능상부였으며($r=0.6616$), 상완전부를 제외한 모든 부위에서 통계적으로 유의하였다($p<0.001$)(Table 4).

정상군에서는 초음파 피하지방두께 측정기는 상완전부가 3.17mm로 가장 적었고 장골능상부가 6.41mm로 가장 많았다. 변이계수는 견갑골하각부가 16.8%로 가장 낮았고 상완후부가 30.3%로 가장 높았다. Caliper는 상완전부가 3.72mm로 가장 적었고, 견갑골하각부가 11.8mm, 복부가 11.90mm로 가장 많았으며, 변이계수는 견갑골하각부가 23.6%로 가장 낮았고 대퇴부가 39.1%로 가장 높았다. 비는 장골능상부가 1.08로 가장 낮았고 견갑골하각부가 2.14로 가장 높았다. 초음파 피하지방두께 측정기와 caliper의 상관관계는 상완전부가 가장 낮고($r=0.2058$), 복부가

가장 높았으며($r=0.7636$), 상완전부를 제외하고 모든 부위에서 통계적으로 유의하였다($p<0.001$)(Table 5).

비만군에서 초음파 피하지방두께 측정기를 보면 상완전부가 3.53mm로 가장 낮고 장골능상부가 6.63mm, 복부가 8.23mm로 가장 많았으며, 변이계수는 장골능상부가 16.9로 가장 낮았고 복부가 31.0%로 가장 높았다.

Caliper는 상완전부가 4.18mm로 가장 적었고 견갑골하각부가 16.88mm, 복부가 17.63mm로 가장 많았다. 변이계수는 대퇴부가 14.2%로 가장 낮았고 장골능상부가 44.3%로 가장 높았으며, caliper와 초음파 피하지방두께 측정기의 비는 상완전부가 1.29로 가장 낮았고 견갑골하각부가 2.55로 가장 높았다. 초음파 피하지방두께 측정기와 caliper의 상관관계를 보면 상완전부가 가장 낮은 상관관계였으며($r=-0.0026$), 가장 높은 상관관계를 나타내는것은 견갑골하각부($r=0.8959$)로 통계적으로 유의하였다($p<0.01$)(Table 6).

Table 5. Subcutaneous fat thickness as determined by caliper and ultrasound techniques and correlation of measurements between techniques by site(Normal group) unit : mm

Site	Ultrasound(n=36)		Caliper(n=36)		Ratio	r
	Mean±SD	C.V.(%)	Mean±SD	C.V.(%)		
Biceps	3.17±0.76	24.0	3.72±1.03	27.7	1.23	0.2058
Triceps	5.98±1.81	30.3	9.80±3.73	38.1	1.67	0.6955**
Subscapular	5.53±0.93	16.8	11.81±2.79	23.6	2.14	0.6605**
Suprailiac	6.41±1.63	25.4	6.76±2.46	36.4	1.08	0.5252**
Abdomen	5.69±1.57	27.6	11.90±4.22	35.5	2.09	0.7636**
Thigh	5.94±1.53	25.8	11.08±4.48	40.4	1.84	0.6889**

* $p<0.01$ ** $p<0.001$

Table 6. Subcutaneous fat thickness as determined by caliper and ultrasound techniques and correlation of measurements between techniques by site(Obese group) unit : mm

Site	Ultrasound(n=8)		Caliper(n=8)		Ratio	r
	Mean±SD	C.V.(%)	Mean±SD	C.V.(%)		
Biceps	3.53±0.96	27.2	4.18±1.03	24.6	1.29	-0.0026
Triceps	6.45±1.59	24.7	10.50±1.49	14.2	1.72	-0.4509
Subscapular	6.60±1.15	17.4	16.88±3.75	22.2	2.55	0.8959*
Suprailiac	6.63±1.12	16.9	9.18±4.07	44.3	1.36	0.6924
Abdomen	8.23±2.88	35.0	17.63±6.71	38.1	2.17	0.8237*
Thigh	6.58±1.38	21.0	14.13±4.06	28.7	2.19	0.3693

* $p<0.01$

체밀도에 따른 신체부위별 피하지방 측정치의 상관관계를 보면 초음파 피하지방 두께 측정기는 상완전부($r = -0.4459$), 복부($r = -0.4469$), 대퇴부가($r = -0.4348$) caliper보다 약간 높은 상관관계였으며, caliper는 상완후부($r = -0.4017$), 견갑골하각부($r = -0.4454$), 장골능상부($r = -0.3107$)로 초음파 피하지방두께 측정기보다 약간 높은 상관관계였다. 그리고 통계적으로 유의하였다($p < 0.01$)(Table 7).

각 군별로 보면 야원군에서는 체밀도와 초음파 피하지방 두께 측정기 사이의 상관관계에서 상관관계가 가장 낮은 부위는 견갑골하각부($r = 0.1271$)였으며, 상관관계가 가장 높은 부위는 대퇴부였다($r = -0.3823$). Caliper와 체밀도 사이의 상관관계에서 상관관계가 가장 낮은 부위는 대퇴부($r = 0.0046$)였으며, 상관관계가 가장 높은 부위는 견갑골하각부였다($r = 0.1167$). 그리고 체밀도와 초음파 피하지방 두께 측정기, caliper와의 상관관계에서 통계적으로 유의한

부위는 없었다.

정상군에서는 체밀도와 초음파 피하지방 두께 측정기 사이의 상관관계에서 가장 낮은 부위는 대퇴부였으며($r = -0.3290$), 가장 높은 부위는 견갑골하각부였다($r = -0.4605$). 그리고 caliper와 체밀도사이의 상관관계에서는 가장 낮은부위는 대퇴부($r = -0.3986$)였으며, 가장 높은부위는 복부($r = -0.5897$)였다. 체밀도와 초음파 피하지방 두께 측정기의 상관관계에서 통계적으로 유의한 부위는 견갑골하각부, 장골능상부, 복부였으며($p < 0.01$), caliper와 체밀도의 상관관계에서 6부위가 통계적으로 유의하였다($p < 0.01$).

비만군에서는 체밀도와 초음파 피하지방 두께 측정기 사이의 상관관계에서 가장 낮은 부위는 복부였으며($r = -0.5671$), 가장 높은 부위는 견갑골하각부였다($r = -0.8920$). Caliper와 체밀도사이의 상관관계에서 상관관계가 가장 낮은 부위는 상완후부였으며($r = -0.0487$), 상관관계가 가장 높은부위는 견갑골하각부였다($r = -0.7930$). 견갑골하각부가 체밀도와 초음파 피하지방 두께 측정기, caliper의 상관관계에서 통계적으로 유의한 부위로 나타났다($p < 0.01$)(Table 8).

Table 7. Correlation coefficient between body density and subcutaneous fat thickness measured at six body sites with caliper and ultrasound

Site	Ultrasound	Caliper
Biceps	-0.4459**	-0.3380*
Triceps	-0.3605**	-0.4017**
Subscapular	-0.3848**	-0.4454**
Suprailiac	-0.2864*	-0.3107*
Abdomen	-0.4469**	-0.4293**
Thigh	-0.4348**	-0.3854**
Sum	-0.4845**	-0.4502**

* $p < 0.01$ ** $p < 0.001$

고찰

비만이란 신체의 지방조직이 과잉하게 축적되어 있는 상태라고 정의할 수 있다. 다만 신장에 비하여 체중이 무겁다는 의미는 과체중(over body weight)이라고 하고 또한, 체중중에서 체지방량이 많은 상

Table 8. Correlation coefficient between body density and subcutaneous fat thickness measured at six body sites with caliper and ultrasound by lean, normal and obese group

Site	Lean(n=30)		Normal(n=36)		Obese(n=8)	
	Ultrasound	Caliper	Ultrasound	Caliper	Ultrasound	Caliper
Biceps	-0.2594	0.1160	-0.3319	-0.4238*	-0.7878	-0.1557
Triceps	-0.0852	-0.1575	-0.3546	-0.4520*	-0.6615	-0.0487
Subscapular	0.0366	0.0466	-0.4605*	-0.4293*	-0.8920*	-0.7930*
Suprailiac	0.1271	0.1167	-0.4223*	-0.4544*	-0.6045	-0.1628
Abdomen	-0.1454	-0.0160	-0.4218*	-0.5897**	-0.5671	-0.2402
Thigh	-0.3823	0.0046	-0.3290	-0.3986*	-0.5709	-0.3110
Sum	-0.1309	0.0240	-0.4872*	-0.5681**	-0.9342**	-0.3669

* $p < 0.01$ ** $p < 0.001$

체지방량 추정을 위한 초음파피지후계와 Caliper의 비교

태를 비만체중(obesity body weight)이라고 부른다.

비만의 판정방법은 신장별 표준체중에 의한 방법, 체격지수에 의한 방법, 피하지방의 두께에 의한 방법, 체지방량에 의한 방법 등이 있다¹⁹⁾. 비만은 비만의 정의가 “체지방의 과잉 축적”이라는 점에서 체지방량에 따라 평가되는 것이 가장 합리적인 방법이라 할 수 있다²⁰⁾.

그러나 인체의 구성성분(body composition)을 평가할 수 있는 직접적인 방법으로는 수중체중측량법(under water weight method)이 있다. 이 방법은 정확하기는 하나 측정하기가 매우 힘들다. 이 방법은 공기중의 체중과 수중의 배수용적량을 계산하여 체밀도(body density)를 구한다.

성인의 신체에 있어서 약 60~70%가 수분이므로 신체의 밀도는 물과 거의 비슷하여 $1\text{g}/\text{cm}^3$ 이다. 그러나 순수 지방조직의 밀도는 $0.9\text{g}/\text{cm}^3$ 이고 지방을 제외한 나머지 근육조직(fat-free tissue)의 밀도는 $1.10\text{g}/\text{cm}^3$ 이다. 따라서 신체의 밀도를 알게 되면 체지방 비율을 계산해 낼 수 있다. 체지방과 다른구성성분을 피부 두께로 나타내는 피하지방을 측정하여 어느 정도 평가 할 수 있다. 이 측정은 비교적 간단하여 여러 사람들이 신체구성성분을 평가하는데 사용해 왔다²¹⁾.

피하지방 두께를 측정하는데는 지금까지 주로 caliper를 사용하였으나 caliper를 이용하여 피하지방을 측정하는데는 여러 가지 제한점이 있다¹⁴⁾¹⁵⁾¹⁶⁾. 즉 측정자에 따라 피하지방 잡는형태가 다르므로 피하지방량에 차이가 있고, 또한 지방과 근육사이의 경계는 촉감으로 구별해야 하므로 어려움이 있다. 그리고 피하지방측정은 caliper에 한계가 있기 때문에 상당히 비만한 사람의 일부신체 부위는 측정하기 어렵다. 피하지방 두께가 클 경우 caliper의 접점이 미끄러져 측정하는데 어려움이 있으며, 비만한 사람이 있어서 동일한 압력의 caliper를 사용하여도 신체부위와 측정방법에 따라 차이가 생긴다. 그리고 측정자간에서도 측정방법에 따라, 잡는정도에 따라 차이가 생긴다. 많은 사람이 몸통이나 장단지에 가려움이나 통증, 불쾌감을 나타내고 있으며, 대상자의 움직임 정도에 따라 측정치가 부정확하다. 반면에 초음파 피하지방 두께 측정기는 측정자에 따라 피하지방에 차이가 적고 지방과 근육사이의 경계를 구별할 수가

있다. 그리고 비만한 사람에게 있어서도 측정하기가 쉽고 연령이나 개인적 특성에 따른 변화가 거의 없다. 신체부위와 측정방법에 따른 차이가 적으며, 대상자의 움직임에 따른 측정치의 변화가 적다.

Womersley등²²⁾의 보고에서 20~29세의 연령을 대상(94명)으로 한 연구에서 체지방율은 평균 15%로, 본 연구의 평균 17%보다 조금 낮았으며 체밀도는 평균 1.064로 본 연구의 체밀도 평균 1.060과 비슷한 결과를 나타내고 있다. 김은경 등²³⁾은 평균연령이 20세인 건강한 남자 38명을 대상으로 측정한 체지방율은 평균 12%이고 체밀도는 평균 1.072로 본 연구의 체지방율 평균 17%보다는 낮고 체밀도는 평균 1.060으로 높았다. 그리고 체지방량은 평균 7.48kg으로 본 연구의 평균 10.84kg보다는 낮았다. 이것은 측정하는 방법에서 Womersley등²²⁾과 김은경 등²³⁾은 수중체중측량법을 사용하였고 본 연구자는 Bioelectrical Impedance법을 사용하였기 때문에 방법의 차이인지 아니면 대상자의 차이에 의한 것이라고 생각이 된다.

평균 연령이 24세인 124명을 대상으로 한 Marie등²⁴⁾의 보고에서 체밀도와 체지방율의 분포에서 체밀도가 1.060~1.069이고 체지방율이 13.0~17.3%사이의 분포가 26.6%이고 본 연구의 체밀도가 1.0610~1.0669, 체지방율이 15.4~16.6%로 전체의 43.2%를 차지했다. 이것은 연령이 20대이고 체중이 정상인 사람의 대부분은 위와 같은 범위내에 속하고 있는 것으로 생각된다.

신체부위별 caliper와 초음파 피하지방두께 측정기의 상관관계에서 Marie등²⁴⁾은 대퇴부($r=0.871$), 복부($r=0.855$), 상완후부($r=0.807$)순으로 높았고, Gary등²⁵⁾은 대퇴부($r=0.724$), 상완전부($r=0.723$), 상완후부($r=0.667$)순으로 높았는데, 본 연구에서는 복부($r=0.735$), 견갑골 하각부($r=0.733$), 대퇴부($r=0.721$)순으로 높았다. 대퇴부가 공통적으로 상관관계가 높는데 이것은 caliper와 초음파 피하지방 두께 측정기사이의 상관관계를 잘 반영하여 주는 부위는 대퇴부라는 것을 알 수 있다.

Caliper보다 초음파 피하지방두께 측정기가 모든 부위에서 변이계수가 낮게 나타나는 것은 이들의 측정오차가 적다는 것을 의미한다. 측정부위에 있어서는 장골능상부, 복부에서의 측정오차가 비교적 크고 상

완전부가 적었다. 이것은 장골능상부와 복부가 측정 오차가 큰 것은 두부위가 지방과 근육을 구별하기가 어려운 부위이고, 잡는 정도의 차이에서 생길 수도 있다고 생각된다.

Robert 등²⁵⁾이 비만한 사람을 대상으로 연구한 것을 보면 상완후부($r=0.723$)와 대퇴부($r=0.724$)가 초음파 피하지방 두께 측정기와 caliper사이의 상관관계가 높은 부위였는데, 본 연구의 비만군에서는 견갑골하각부($r=0.8959$)와 복부($r=0.8237$)의 상관관계가 높았는데, Robert 등²⁵⁾은 비만한 사람의 대상이 44명이고 본 연구의 비만인 대상수는 8명이므로 대상자수의 차이가 영향을 미친것으로 생각이 된다.

체밀도와 초음파 피하지방두께 측정기, caliper의 상관관계에서 Robert 등²⁵⁾의 보고에서는 체밀도와 caliper, 초음파 피하지방 두께 측정기 양쪽다 상완후부, 복부, 대퇴부가 상관관계가 높았지만 본 연구에서는 체밀도와 초음파 피하지방 두께 측정기 사이의 상관관계에서는 상완후부, 복부, 대퇴부가 높았다. Caliper와 체밀도사이의 상관관계에서는 상완후부, 견갑골하각부, 복부가 높았는데, Robert 등²⁵⁾의 보고에서 복부, 대퇴부는 초음파 피하지방 두께 측정기와 체밀도사이의 상관관계에서 본 연구와 일치하고 있는데 이는 체밀도와 초음파 피하지방 두께 측정기사이의 상관관계에서는 복부와 대퇴부가 상관관계를 잘 반영하고 주고 있다는것을 알 수 있다. Caliper와 체밀도의 상관관계에서는 본 연구와 차이를 보이는 것은 대상자 수와 대상자에 의한 차이라고 생각이 된다.

이상에서와 같이 비만할수록 caliper가 초음파 피하지방 두께 측정기보다 측정하기 어렵고, 비만할수록 측정오차가 크며, 체밀도와 caliper와의 상관관계가 낮다는 것을 알 수 있다. 그러므로 비만군에서는 초음파 피하지방 두께 측정기를 사용하는 것이 체지방울을 추정하는데 좋을 것이라고 생각이 된다.

그러나 본 연구에서는 대상자수가 적었고 특히 비만군에서의 대상자가 적었다. 또한 연령이 제한되어 있고 두 측정방법에 대한 측정치의 비교가 없으므로 이러한 제한점을 보완한 연구가 차후 계속되어야 할 것이다.

결 론

건강한 남자 74명을 대상으로 신체 6부위(상완전부, 상완후부, 견갑골하각부, 장골능상부, 대퇴부)피하지방 두께를 측정하여 체지방울을 추정하기 위하여 초음파 피하지방 두께 측정기와 caliper의 정도를 비교하였다.

초음파 피하지방두께 측정기와 caliper에 있어서 변이계수(coefficient Variation)는 전체적으로 caliper가 높았다.

Caliper와 초음파 피하지방 두께 측정기의 비는 caliper가 전반적으로 높았으며, 가장 높은 부위는 견갑골하각부였다.

초음파 피하지방 두께 측정기와 caliper의 상관관계에서 견갑골하각부($r=0.7327$), 복부($r=0.7355$), 대퇴부($r=0.7207$)가 높았고 Katsura 지수의 분류에 있어 야원군에서 장골능상부($r=0.6616$)가 높았고, 정상군에서는 복부($r=0.7636$)가 높았고, 비만군에서는 견갑골하각부($r=0.8959$), 복부($r=0.8237$)가 높았다.

체밀도와 초음파 피하지방 두께 측정기사이의 상관관계는 상완전부($r=-0.4459$), 복부($r=-0.4469$), 대퇴부($r=-0.4348$)가 높았고, caliper와 체밀도사이의 상관관계는 상완후부($r=-0.4017$), 견갑골하각부($r=-0.4454$), 복부($r=-0.4293$)가 높았다. 군별로 보면 초음파 피하지방 두께 측정기는 야원군과 비만군에서 높게 나타났고 caliper는 정상군에서 높게 나타났다.

그러므로 비만할수록 caliper보다 초음파 피하지방 두께 측정기를 사용하는 것이 체지방울을 추정하는데 좋을 것이라고 생각이 된다.

Literature cited

- 1) 김은경 · 이기열 · 손태열. 신체계측을 이용한 각종 체지방량 추정식의 타당성 평가. *한국영양학회지* 23(2) : 93-107, 1990
- 2) Vague J. The degree of masculine differentiation of

체지방량 추정을 위한 초음파피지후계와 Caliper의 비교

- obesity : A factor determining predisposition to diabetes, atherosclerosis, gout and uric calculous disease. *Am J Clin Nutr* 4 : 20-34, 1956
- 3) Evans DJ, Hoffman RG, Kalkhoff Rk, Kissebah AH. Relationship of body fat topography to insulin sensitivity and metabolic profiles in premenopausal women. *Metabolism* 33(1) : 68-75, 1984
 - 4) 김영설. 비만증의 분류 및 평가. *한국영양학회지* 23 (5) : 337-340, 1990 재인용
 - 5) Bishoff E, Gewichts E. Bestimmugen der Organs der menschlichen Korpers. *Zertchr F ration Med III Reich* 20 : 75, 1963
 - 6) Widdowson EM, Mccance RA, Spray CM. Chemical composition of the human body. *Clin Sci* 10 : 113-125, 1951
 - 7) Keys A, Fidanza F, Karonen MJ, Kimura N, Taylor HL. Indices of relative weight and obesity. *J Chron Dis* 25 : 329-343, 1972
 - 8) Tanner JM, Whitehouse RH. The harpenden skinfold caliper. *Am J Phy Anthropol* 13 : 743-746, 1955
 - 9) Tokunaga K. A novel technique for the determination of body fat by computed tomography. *Int J Obesity* 7 : 437, 1983
 - 10) Booth RAD, Geddard AB, Paton A. Measurement of fat thickness in man ; A comparison of ultrasound harpenden calipers and electrical conductivity. *Brit J Nutr* 20 : 719-725, 1966
 - 11) Pollock ML, Jackson AS. Research progress in validation of clinical method of assessing body composition. *Med Sci Sports Exerc* 16(6) : 606-613, 1984
 - 12) Behnke AR, Wilmore JH. Evaluation and regulation of body build and composition. Prentice-Hall, Englewood Cliffs, NJ, 1984, pp1-226
 - 13) Lohman TG. Body composition methodology in sports medicine. *Phys Sports Med* 10(12) : 47-58, 1982
 - 14) Young CM, Tensuan RS, Sault F, Holmes F. Estimating body fat of normal young women. *J Am Diet Assoc* 42 : 409-413, 1963
 - 15) Womersley J, Durinin JV. An experimental study on variability of measurements of skinfold thickness on young adults. *Hum Biol* 45 : 281-292, 1973
 - 16) Sanchez CL, Jacobson HN. Anthropometry measurement ; A new type. *Am J Clin Nutr* 31 : 1116-1117, 1978
 - 17) 豊川裕之・本村信子・丸井英二. A-mode式 超音波皮指厚計の 實用化ための 基礎的 研究(第 1報) ; 大腿部における 標的波の 固定の 妥當性. *日本公衆衛生雜誌* 31(1) : 14-20, 1984
 - 18) Nakadomo F, Tanaka K, Hazama JM. Validation of body composition assessed by bioelectrical impedance analysis. *Jpn Appl physical* 20 : 321-330, 1990
 - 19) 石河利寛. 肥滿の判定法. *保健の科學* 31(7) : 422-424, 1989
 - 20) 김재수. 비만치료의 길잡이. 형설출판사, 서울, p21-39, 1990
 - 21) 공응대. 운동생리. 형설출판사, 서울, p368-378, 1988
 - 22) Durnin JVGA, Womersley J. Body fat assessed from total body density and its estimation from skin fold thickness : Measurements on 481 men and women aged from 16 to 72 years. *Br J Nutri* 32 : 77-97, 1974
 - 23) 김은경. 한국인의 체지방량 측정방법 및 분포에 관한 종합적인 연구. 박사학위논문, 연세대학교 대학원, 1989
 - 24) Marie FT, Robert KJ. Ultrasound as an approach to assessing body composition. *Am J Clin Nutr* 39 : 703-709, 1984
 - 25) Robert KJ, Marie FT, Gary KG. Ultrasonic assessment of body composition in obese adults ; Overcoming the limitation of the skinfold caliper. *Am J Clin Nutr* 45 : 717-724, 1987