

## 여자에 있어서 신장과 체중을 이용한 신체 용적의 산출\*

### Prediction of Human Body Volume from Height and Weight in Women

서울대학교 의과대학 생리학교실 및 국민체력과학 연구소

<지도 南 基 鏞 교수>

金 永 泰

신체 구성 성분을 생체내 제자리에서 측정하는 일은 기초적 연구에 있어서나 임상적 이용에 있어서나 중요한 일이다. 신체 구성 성분의 여러 지수를 측정하는 방법이 많이 연구되어 왔고 근래에 이르러서는 사람의 신체 구성 성분 해명에 이용되게 되었다. 인체에 관한 여러 가지 측정치 가운데 널리 쓰이는 것은 신장, 체중, 체표면적, 신체 용적, 신체 밀도, 피부두겹 두께, 무지방 체중 및 총지방량 등이다. 이 가운데 신장과 체중은 손쉽게 직접 측정할 수가 있으나 다른 측정치는 직접 측정이 불가능하거나 또한 측정이 가능하여도 번잡스러운 곤란점이 있는 것들이다. 그러므로 이들을 결정하는데는 직접 측정이 가능한 다른 측정치를 사용하여 간접적으로 계산하여야 한다. 이런 간접법의 기초가 되는 것은 정확한 직접 측정이 가능한 신장과 체중 뿐이다.

신체 용적 측정에는 몇 가지 방법이 소개되었다. 사람의 체중을 물속에서 측정하여 얻는 수중 칭량법(水中稱量法, Behnke 등, 1942)은 비교적 간편하며 정확하므로 인체 용적 측정에 많이 응용이 되며 비교의 기준을 제공하는 것이다. 고양이에서는 헬륨 회석법에 의하여 신체 용적이 측정되었고(Walser and Stein, 1953), 같은 방법이 사람에게 적용되었다(Siri, 1955). 동물의 신체 용적 측정법으로 소개된 공기 배제법(air-displacement method, Wedgewood et al., 1953)이 사람에게 응용되었으며(Liuzzo et al., 1958), 사람에게 있어서 헬륨 회석법 성적과 공기 배제법 성적이 잘 일치한다고 한다(Hix et al., 1964).

위와 같은 직접법에 의한 신체 용적 측정이 아니라 간단히 신장과 체중을 이용하는 용적 계산법이 보고되었는데 남자에 있어서 신장, 체중 및 체표면적을 이용한 일차식(Sendroy and Cecchini, 1959), 및 적용의 연

령 범위가 넓다고 하는 지수식(Sendroy and Collison, 1966)이 남자와 여자 각각 다른 상수를 사용하여 제창된 것이 있다. 저자들은 신장, 체중 및 체표면적을 이용한 일차식을 남자의 신체 용적 측정에 제시한 바 있다(金基鏞, 1970).

이 논문은 여자의 신체 용적을 신장, 체중 및 체표면적으로부터 간편히 계산됨을 보고하는 것이다.

### 실험 방법

대상자의 신체 용적(容積)을 수중 칭량법(水中稱量法)으로 직접 측정하고 신장(H, cm), 체중(W, kg) 및 체표면적(S, m<sup>2</sup>)을 이용하여 계산되는 신체 용적(V, liter)을 실측치와 비교하여 실험 공식의 타당함을 증명하였다.

신체밀도(密度, D, kg/l), 체중(W), 물속의 체중(W<sub>w</sub>, kg), 허파의 잔기량(殘氣量, V<sub>R</sub>, liter), 물의 밀도(dw) 사이에

$$D = (W \cdot dw) / (W - W_w - V_R)$$

의 관계가 있으므로  $V = W \cdot dw / D$ 로 신체 용적을 측정하였다. 이 경우에 허파의 잔기량은 최대의 호흡 후에 측정하였으며, Rahn (1949) 등에 따라 세번 호흡하는 방법으로 측정하였다. 이와 같이 측정되는 신체 용적은 허파에 공기가 들지 않은 것으로 간주한 것이 된다.

체표면적(S, m<sup>2</sup>)은 DuBois 및 Dubois (1915)에 따라 신장과 체중을 이용하여 계산도표로부터 결정하였다.

피부두겹 두께(skinfold thickness)는 Lange의 집계(Lange, 1961)를 사용하여 등, 팔, 허리 및 배의 네군데에서 측정하였고 이들의 평균값을 평균 피부두겹(mean skinfold thickness, 남기용, 1962)이라 불렀으며 mm로 표시하였다.

대상자는 13-45세의 여자 171명이었으며, 나이와 신

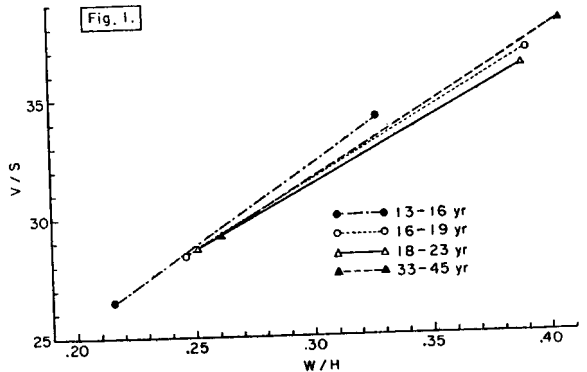
\* 국민체력과학 연구소 논문 제53호

**Table 1.** Body volume and other physical characteristics of women, N=171, Mean±S. D.

	Middle school N=31	High school N=48	College girl N=50	middle-age women N=42
Age	13-16	16-18	18-23	33-45
Height, cm	147.1±5.03	154.3±3.21	156.6±4.66	151.7±4.78
Range	135.4~154.9	149.2~160.0	148.0~167.5	139.7~165.1
Weight, kg	39.9±5.45	48.8±4.80	51.7±5.21	51.4±5.55
Range	29.3~50.6	38.2~60.0	38.0~64.0	39.0~61.9
Body S. A., m <sup>2</sup>	1.28±0.0972	1.45±0.0728	1.49±0.0925	1.47±0.0889
Range	1.06~1.43	1.34~1.54	1.28~1.72	1.28~1.64
Body volume, l, measured	38.5±5.53	47.1±4.85	49.6±5.19	49.5±5.50
Range	28.2~49.9	36.1~58.6	36.7~61.3	37.9~60.7
Body density, kg/l	1.0371±0.009841	1.0358±0.007348	1.0396±0.007023	1.03398±0.007977
Range	1.0141~1.0623	1.0193~1.0573	1.0251~1.0541	1.0196~1.0498
Body fat, %	23.9±3.85	24.7±2.83	22.9±2.69	24.9±3.21
Range	14.1~33.0	16.0~30.8	17.0~28.5	18.9~30.7
Skinfold thickness, mm				
Back	9.93±3.78	16.0±5.17	17.2±4.24	16.0±5.93
Arm	11.2±3.65	16.6±3.61	17.3±4.37	13.3±3.68
Waist	10.46±4.29	17.8±4.61	9.89±4.48	14.0±7.36
Abdomen	9.49±5.32	15.4±5.55	10.7±3.71	14.3±5.91
Mean	10.2±3.93	16.4±4.09	14.6±3.61	14.4±5.36
Range	3.5~26.9	7.4~29.5	8.1~22.2	7.2~32.4
Volume/S. A., l/m <sup>2</sup>	30.2±2.25	32.5±1.79	33.0±1.66	33.7±1.99
Range	26.2~34.9	27.6~36.2	28.7~36.5	29.4~37.9
Weight/Height, kg/cm	0.270±0.032	0.316±0.0307	0.329±0.0282	0.333±0.0323
Range	0.216~0.327	0.246~0.391	0.251~0.389	0.260~0.405
Body volume, calculated				
Group formula	38.6±5.51	47.3±4.67	49.6±5.23	49.3±5.64
Range	28.1~48.8	37.3~59.8	36.7~61.9	37.6~60.8
Female formula	38.1±4.88	47.4±4.35	49.9±5.15	49.6±5.27
Range	28.8~47.4	37.7~59.2	37.2~62.0	38.1~59.7

**Table 2.** Correlation between W/H (kg/cm) and V/S (liter/m<sup>2</sup>) in the four age groups. The single regression line of the total women is also indicated

Age	N	Regression equation	r
13-16	31	y=68.90x + 11.57	.970
16-19	48	y=58.32x + 14.08	.998
18-23	50	y=55.44x + 14.78	.945
33-45	42	y=61.01x + 13.33	.986
13-45	171	y=53.25x + 15.69	.936



**Fig. 1.** Correlation between V/S and W/H in various age groups. Lines of each group has almost same gradient, whereas the intercept differs from each other. In 13-16 years group, however, the gradient is highest. Constants are referred to Table 2.

체 구성 성분 기타 총지방량에 차이가 있음을 고려하여 (남기용, 1962), 세개의 연령 집단으로 나누었다. 즉

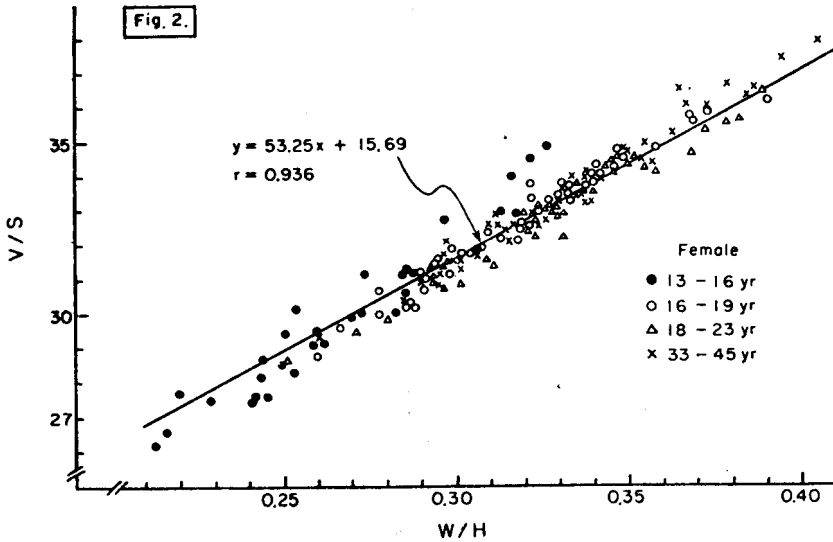


Fig. 2. Correlation between V/S and W/H in 171 female subjects. The line is represented by the equation  $V/S = 53.25W/H + 15.69$ ,  $r = 0.936$ .

나이가 13-16세의 여자 중학생 31명, 16-19세의 여자 고등학생 48명, 18-23세의 여자 대학생 50명 및 나이가 33-45세의 중년 여자 42명이었다.

대상자의 공기속 체중을 먼저 잰 다음에 물속 체중을 잰다. 무명으로 된 수영복만을 입고 머리에는 특별히 모자를 쓰지 않은 대상자가 최대의 호식을 하고 머리까지 온 몸을 물속에 잠갈 때의 무게를 물속 체중으로 하였다. 물통 속에는 저울에 매달은 의자가 있고, 대상자는 여기에 앉은 자세로 물속에 잠그게 하였다. 저울의 바늘이 안정되기까지 10초 이내의 시간이 걸렸으며, 안정된 바늘의 위치에서 무게를 읽었다. 같은 일을 세번 되풀이하여 무게가 제일 큰 값을 채택하였다. 물통 속의 물 온도는 33-35°C 이었고 온도에 대한 물의 밀도 교정을 하였다.

### 실험 성적

신체 용적 등의 제측치를 제1표에 보인다. 나이가 13-16세의 여자 중학생에 있어서 체중이  $39.5 \pm 5.45$  kg (Mean  $\pm$  S. D.)이며 신체 용적은  $38.5 \pm 5.53$  l 이었고, 16-19세의 여자 고등학생에 있어서 체중이  $48.8 \pm 4.80$  kg 이며 신체 용적이  $47.1 \pm 4.85$  l 이었고, 18-23세의 여자 대학생에 있어서 체중이  $51.7 \pm 5.21$  kg 이며 신체 용적이  $49.6 \pm 5.19$  l 이었으며, 나이가 33-45세의 중년 여자에 있어서 체중이  $51.4 \pm 5.55$  kg 이며 신체 용적이  $49.5 \pm 5.50$  l 이었다.

이밖에 신장, 체표면적, 신체 밀도, 피부두겹 두께,

총지방량 제측치는 각 연령군에 따라 각각 다르며 각 연령층의 특색을 나타냈다.

신체 밀도는 여자 중학생에서  $1.0371 \pm 0.00984$  kg/l 이며, 여자 고등학생에 있어서  $1.0358 \pm 0.00734$  kg/l, 여자 대학생에 있어서  $1.0396 \pm 0.00702$  kg/l, 중년 여자에 있어서  $1.0339 \pm 0.00797$  kg/l 이었으며, 신체 밀도로부터 쉐되는 총지방량은 여자 중학생에 있어서  $23.9 \pm 3.85\%$ , 여자 고등학생에 있어서  $24.7 \pm 2.83\%$ , 여자 대학생에 있어서  $22.9 \pm 2.69\%$ , 및 중년 여자에 있어서  $24.9 \pm 3.21\%$  이었다. 여기에 신체 밀도로부터 총지방량 산출은 Keys 와 Brozek (1953)에 따라

$$\% \text{ Fat} = 100(4.201/D - 3.813)$$

으로 계산하였다.

피부두겹 두께도 총지방량과 관련을 보였으며 여자 중학생의 팔에서  $11.2 \pm 3.53$  mm, 평균 피부두겹이  $10.2 \pm 3.93$  mm 이었으며, 여자 고등학생의 팔에서  $16.6 \pm 3.61$  mm, 평균 두께가  $16.4 \pm 4.09$  mm 이었으며, 여자 대학생의 팔에서  $17.3 \pm 4.37$  mm, 평균 두께가  $14.6 \pm 3.61$  mm 이었으며, 중년 여자에 있어서 팔이  $13.3 \pm 3.68$  mm, 평균 피부두겹 두께가  $14.4 \pm 5.36$  mm 이었다.

신체 용적 (V, liter)의 체표 면적 (S, m<sup>2</sup>)에 대한 비율 V/S와 비체중 (relative weight) W/H 사이에는 고도의 상관관계가 있었다. 즉 제2표 및 제1도에 보는 바와 같이 둘 사이의 상관계수는 13-16세 연령군에서  $r = 0.970$  16-19세 연령군에서  $r = 0.998$ , 18-23세 여자 대학생

**Table 3.** Differences of body volume measured by the underwater weighing method and calculated by the empirical equation in women

	N	Body Volume, l, $\pm$ S. D.		AD	ADa	S. E. E.	
		Measured	Calculated			l	%
Middle school girls	31	38.5 $\pm$ 5.53	38.1 $\pm$ 4.88	$\pm$ 0.76	-0.11	$\pm$ 0.99	$\pm$ 2.57
High school girls	48	47.1 $\pm$ 4.85	47.4 $\pm$ 4.35	$\pm$ 0.55	-0.046	$\pm$ 0.92	$\pm$ 1.95
College girls	50	49.6 $\pm$ 5.19	49.9 $\pm$ 5.15	$\pm$ 0.48	$\pm$ 0.24	$\pm$ 0.62	$\pm$ 1.25
Middle aged women	42	49.5 $\pm$ 9.50	49.9 $\pm$ 5.27	$\pm$ 0.76	-0.11	$\pm$ 0.67	$\pm$ 1.35

AD : Mean deviation of calculated from measured volume(calculated-measured)

ADa: Algebraic mean deviation

S. E. E. : Standard error of estimate  $l = \sqrt{\sum D^2/n-1}$

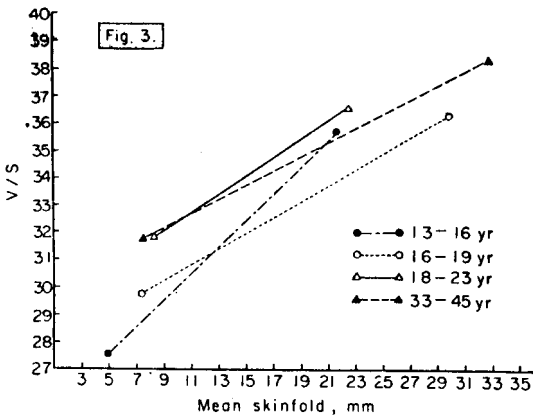
D:deviation of calculated from measured

**Table 4.** Correlation between mean skinfold thickness (back, arm, waist, and abdomen) and V/S in women

Age	N	Regression equation	r
13-16	31	$y=0.50x + 25.06$	.875
16-19	48	$y=0.30x + 27.66$	.675
18-23	50	$y=0.34x + 29.09$	.737
33-45	42	$y=0.27x + 29.84$	.713
13-45	171	$y=0.35x + 27.52$	.724

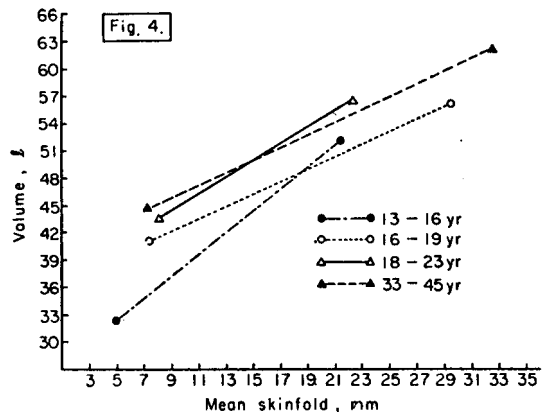
**Table 5.** Correlation between mean skinfold thickness and body volume in women

Age	N	Regression equation	r
13-16	31	$y=1.19x + 26.42$	.842
16-19	48	$y=0.69x + 35.80$	.582
18-23	50	$y=0.90x + 36.43$	.627
33-45	42	$y=0.70x + 39.40$	.686
13-45	171	$y=0.95x + 33.32$	.683



**Fig. 3.** Correlation between mean skinfold thickness (back, arm, waist, and abdomen) and V/S in the four woman age groups. The gradient of regression line of the 13-16 years group is the highest. Constants are referred to Table 4.

에서  $r=0.945$ , 33-45세 중년 여자에 있어서  $r=0.986$ 이며 각각 다른 회귀식으로 표현되었다. 이들 회귀식에



**Fig. 4.** Relation between mean skinfold thickness and body volume in the four woman age groups. The gradient of regression line of the 13-16 years group is the highest. Constants are referred to Table 5.

서 13-16세의 여자 중학생군이 회귀선의 경사도가 제일 컸으며 다음에 중년 여자군, 여자 대학생군이며 16-19세 여자 고등학생군 회귀선의 경사도가 제일 작

았다. 한편 171명의 모든 대상자를 연령에 관계없이 한 개 집단으로 표시한 것이 제2도이다. 이렇게 나이가 13~45 세의 여자 집단에 있어서는 V/S와 W/H 사이의 상관계수는  $r=0.935$ 이었으며

$$V/S = 53.25W/H + 15.69$$

로 표현되는 관계가 있었다. V/S와 W/H 사이의 관계가 각 연령군에 따라 상관 계수가 다르고 회귀선의 경사도가 상이한 것이었으며 모든 대상자를 한 개 집단으로 볼 때에는 상관도가 저하되었으나 신체 용적의 실측치와 계산치를 비교하면 그 오차는 작은 것이었다. 제3표가 이 오차를 보이는 것인데 위에 적은 여자 공식에 의하여 계산된 신체 용적 값을 각 연령의 용적 실측치와 비교한 것이다. 즉 계산치의 표준 오차가 1.25% 내지 2.57%로서 작은 것이므로 연령별 공식을 사용하지 않고 위와 같은 모든 연령에 적용되는 공식을 사용할 수 있었다.

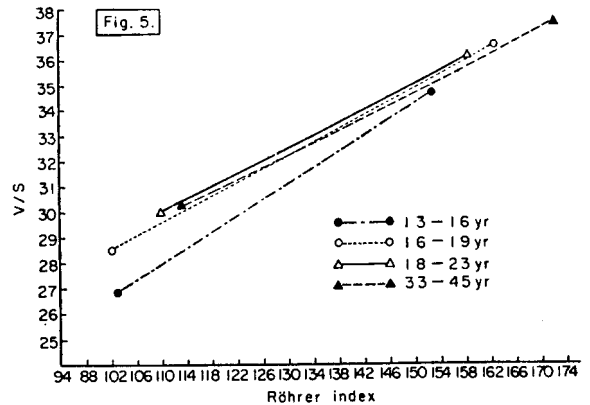
신체 용적(V, liter)의 체표면적(S, m<sup>2</sup>)에 대한 비율 V/S는 평균 피부두겹 두께(mm)와 고도의 상관 관계를 보였다. 즉 제4표 및 제3도에 이 관계를 보인다. V/S와 평균 피부두겹 두께 사이의 상관 계수는 연령군에 따라 차이를 보이며  $r=0.675$  내지  $0.875$  사이에 있었으며 전 대상자 군에서는  $r=0.724$ 이었으며 회귀선의 경사도는 13-16세의 여자 중학생군에서 가장 컸다.

피부두겹 두께는 사람의 총지방량을 단적으로 나타내는 것으로서 이것과 신체 밀도 사이의 상관 계수는  $-0.7 \sim -0.8$ 이나 되며(金鑽久, 南基鏞, 1968), 피부두겹이 크다는 일은 곧 피하지방층이 발달된 일을 가리키는 것이므로 신체 용적과 관계가 깊을 것 같이 생각된다. 평균 피부두겹 두께와 신체 용적 사이의 상관 관계를 보이는 것이 제5표 및 제4도이다. 즉 둘 사이의 상관 계수는 연령군에 따라 차이는 있으나  $r=0.582$  내지  $r=0.842$  사이에 있었으며 전 대상자 군에서는  $r=0.683$ 이었다. 회귀선의 경사도는 13-16세의 중학생군에서 가장 컸었는데 이것은 V/S와 W/H 사이의 회귀선의 경사와 같은 일이다.

한편  $(W/H^2) \times 10^5$ 으로 계산되는 Röhrer 지수는 소위 신체의 충실도(充實度)를 나타낸다고 일컬어지는 것인바, Röhrer 지수가 V/S와의 사이에 고도의 상관 관계가 있음을 보이는 것이 제6표 및 제5도이다. 상관 계수는  $r=0.778$  내지  $r=0.915$  사이에 있었으며 다른 상관 관계의 경우와 마찬가지로 회귀선의 기울기가 여자 중학생군에서 제일 컸는데 13-16세 중학생군의 신체 발육성장이 다른 연령군과 상이함을 가리키는 일인지도 모르겠다. 신체 용적 V와 Röhrer 지수 사이의 상관 관

**Table 6.** Correlation between the Röhrer index  $(W/H^2) \times 10^5$  and V/S in women

Age	N	Regression equation	r
13-16	31	$y = .16x + 10.77$	.803
16-19	48	$y = .13x + 15.32$	.915
18-23	50	$y = .12x + 16.75$	.778
33-45	42	$y = .12x + 16.92$	.836



**Fig. 5.** Relation between the Röhrer index and V/S in the four woman age groups. Constants are referred to Table 6.

**Table 7.** Correlation between the Röhrer index and body volume in women

Age	N	Regression equation	r
13-16	31	$y = .33x - 2.84$	.697
16-19	48	$y = .29x + 8.20$	.799
18-23	50	$y = .26x + 14.94$	.524
33-45	42	$y = .25x + 13.57$	.652

계는 제7표에 보듯이 상관 계수가  $r=0.524$  내지  $r=0.799$  사이에 있어 V/S와 Röhrer 지수의 사이보다 상관도가 낮았다.

### 고 찰

여자의 신체 용적을 간단하고 정확한 신체 계측적인 신장과 체중 값을 사용하여 작성한 실험식에 의하여 산출한 것이 실측치와 잘 일치함을 관찰한 것이 이 논문의 줄거리이다. 실측치와 실험식에 의한 계산치가 어느

정도로 부합되는가를 결정하는 것은 여러 계측치가 가지는 오차, 각 대상자 값이 평균치에서 얼마나 벗어난 값을 가지는가, 작성한 실험식이 적당한가에 의하여 결정된다. 여자의 신체 용적 계산치가 실측치와 얼마나 오차를 가지는가는 제3표에 보인 바 있거니와 전체 여자 171명에서 작성한 실험 공식  $V=S \times (53.25W/H + 15.69)$ 로 계산한 여자 중학생 (13—16세)의 용적이 38.17로서 실측치 38.64에 비하여 적으며 오차의 평균이  $\pm 0.76\%$ , 표준 오차는  $\pm 0.99\%$  ( $\pm 2.57\%$ )로서 비교적 크다. 다른 연령군에 있어서는 계산치와 실측치 사이의 차이는 중학생군에 비하여 훨씬 적은 것으로 16—19세의 여자 고등학생에 있어서 표준 오차가  $\pm 1.95\%$ , 대학생에 있어서  $\pm 1.25\%$  및 중년 여자에 있어서  $\pm 1.35\%$ 로, 계산치는 실측치에 잘 일치한다고 하겠다. 그러므로 연령을 고려하지 않고 13—45세를 한개 집단으로 간주하여 하나의 실험식으로 신체용적을 산출하여도 좋을 수 있다.

여자 중학생군에 있어서 신체 용적의 실측치와 계산치의 오차가 큰데 이 연령층에서 신장과 체중의 발육 성장이 급속하여 다른 연령층과 차이를 보이는 것이 아닌가 생각된다. 즉 南基鏞 등 (1969)에 의하면 여자의 성장 발육이 17세까지에 거의 완성되므로 13—16세 연령층에 있어서는 신장과 체중 나아가 신체 용적의 증가 속도가 대단히 큰 시기이다. 이러한 일이 V, S, W, H, 및 피부두결 등 서로 사이 회귀식의 기울기가 13—16세 연령군에 있어서 다른 연령층에 비하여 큰 사실로 표현되었다고 하겠다. 즉 V/S와 W/H 사이의 상관 관계 (제2표), V/S와 평균 피부두결 사이의 회귀식 (제4표), V와 평균 피부두결 (제5표), V/S와 Röhler 지수 사이의 회귀식 (제6표)의 어느 경우에 있어서나 회귀 직선의 기울기가 다른 연령층 및 전체 대상자 회귀직선의 그것보다 크다. 이렇게 13—16세 여자 중학생군의 신체 계측치 특성이 다른 연령층과 상이한 것이나 앞서 신체 용적의 계산치를 실측치와 비교 고찰한 것 같이 전체 여자의 단일 실험식을 사용하여도 신체 용적의 오차는 크지 않으므로 여자의 신체 용적 계산식으로

$$V = S \times (53.25W/H + 15.69)$$

를 주장하는 바이다.

신체 용적 (V, l)과 체중 (W, kg)을 사용하여 신체 밀도 D는  $D=W/V$  (kg/l)와 같이 곧 계산되는 일은 신체 용적을 간단하게 측정할 수 있는 계측치 H, W, S로부터 산출하면 신체 밀도가 쉬이 계산됨을 가리킨다. 사람의 신체 밀도는 곧 총지방량을 산출하는 기초가 되며 제1표의 총지방량 값은 Keys와 Brozek (1953)이 제시한

공식  $\%Fat=100 \times (4.201/D - 3.813)$ 을 사용하여 계산한 것이다. 신체 밀도 0.01 단위는 대략 총지방량 5%에 해당하는 것으로 신체 용적 나아가 밀도의 변동은 곧 신체 구성 성분의 변동을 나타낸다.

총지방량과 밀접한 관련이 있는 것으로는 피부두결 두께가 있는 바 (金鏞久, 南基鏞 1968), 평균 피부두결 두께와 신체 용적 사이의 상관 계수가  $r=0.683$  (제5표)이라 함은 둘이 다같이 신체 밀도와 관련이 있는 일을 가리킨다. 그러나 피부두결 두께와 V/S 사이의 상관 계수가  $r=0.724$ 로서 용적 V 단독일 경우보다 고도인 것은 사람이란 일정한 형태를 가지는 물체에서 용적 단독으로가 아니라 표면적과의 관계를 고려하는 것이 다른 신체 계측치와 더 밀접한 관계를 가지는 일을 가리킨다. 마찬가지로 일은 Röhler 지수와와의 사이의 관계에서도 보는 바, V/S와의 사이의 상관 계수는 각 연령군에 있어 모두 V 단독의 경우보다 크다.

이상과 같이 신체 계측치로서 H, W, S, V, D 및 피부두결 등이 서로 관련을 가지고 변동하며, 이 가운데 W/H, V/S의 둘은 서로 사이의 상관 계수가  $r=0.936$ 이라는 아주 고도의 것으로 신체 용적 V를 계산함에 매우 편리하다.

앞서 김기용 (1970)은 남자의 신체 용적 실험식으로  $V=S \times (54.84W/H + 14.04)$ 를 제시하였는데, 여자의 실험식에 비하여 회귀 직선의 기울기가 조금만 크며 V/S 축과의 교점이 조금 높을 뿐 근본적으로 동일한 것이다. 한편 Sendroy 등 (1959)은 남자의 신체 용적 실험식으로  $V=S \times (51.44W/H + 15.3)$ 을 제시하였는데 직선식의 상수가 상이할 뿐 이 논문의 여자 공식과 동일한 종류의 것이다. V/S와 W/H 사이의 회귀 직선 기울기가 13—16세 연령군에서 가장 컸는데, 이 연령군의 비체중 (relative weight) W/H가 0.216—0.327 사이에 있었다. 비체중이 큰 연령군의 회귀 직선 기울기는 작고 비체중이 작아짐에 따라 기울기가 커지는 것을 감안하여 Sendroy (1966)는 비체중이 여자에서 0.2 내지 0.8의 범위에서는  $V/S=62.90(W/H)^{0.578}$ , 비체중이 0.04 내지 0.1의 범위에서는  $V/S=60.36(W/H)^{0.507} + 0.254$ 라는 실험식을 제시하여 한개의 곡선으로 표시하였다. 즉 비체중 W/H이 적어도 0.2 이상인 범위에서만 직선 실험식이 적용되며 0.2보다 작은 범위에서는 직선식은 적용되지 않는다고 하겠다. 즉 저자들이 제시하는 여자의 신체 용적 실험식은 비체중 W/H가 0.2 이상인 범위에만 적용된다.

신체 용적을 간접적으로 표현하는 실험식이 제시된 것이 있다. 즉 엔티퍼린 분포 용적을 측정하여 총수분

량을 알고 이것으로부터 계산되는 무지방체중 (lean body mass, LBM, kg)과 체중 및 신장 상호간의 상관 관계로부터 남자에 있어서  $LBM=0.32810W+0.33929H-29.5336$ 과 같은 실험식이 제시되었다 (Hume, 1966). 신장의 세제곱 ( $H^3$ )을 사용하는 실험식도 제시되었으나 계산이 번거로운 뿐 별다른 잇점을 발견 못한다. 한편 신체 여러 부위의 직경으로부터 무지방 체중을 계산하는 것도 있다 (Wilmore and Behnke, 1968). 즉 가슴둘레 등 9부위의 직경으로부터 무지방 체중  $LBM=D^2 \times h$  형식의 실험식이다. 무지방 체중을 알면 거꾸로 계산하여 신체 용적도 쉬이 알 수 있는 일이다.

신체 용적이 평균 피부두겹 두께 (등, 팔, 허리 및 배의 네군데 피부두겹 두께의 평균값) 및 Röhler 지수와 고도의 상관도를 보이는 일은 흥미로운 일이다. 평균 피부두겹 두께는 신체 밀도가 나이가 총지방량을 잘 반영하는 것으로 신체 밀도와와의 사이의 상관 계수가  $r=-0.7$  이상이며, 총지방량(%)과의 사이에도  $+0.7$  이상으로 남녀 모든 연령에서 타당하다 (金鎮久, 南基鏞, 1968; 崔德瓊, 金子香, 1968; 崔德瓊 등, 1968). 즉 피부두겹 두께가 큰 사람일수록 총지방량이 많으며 신체 용적이 큰 일을 단적으로 표시하는 것이다. 피부두겹 두께는 신장과는 특혈관 관계가 없는 계측치이며, 다른 여러 신체 계측치 해석의 기준으로 쓰이는 것이다. 피부두겹 두께는 이러한 신장과는 아무런 관계없이 신체 용적을 가리키는 구실을 한다.

신체 용적은 Röhler 지수와도 비교적 고도의 상관 관계를 보이는데, 여기에 Röhler 지수는  $(W/H^3) \times 10^5$  으로 계산되는 것이며 신장을 일변으로 하는 입방체에 있어 밀도에 상당한 것으로 이른바 신체의 충실도 (充實度)를 나타내는 것이다. 밀도는  $D=W/V$  로 셈되는만큼 Röhler 지수와 밀도는 차원이 같은 것이므로 상관성이 있을 것이 예상되는 것이며 그 계산 요소의 하나인  $V$  가 마지막 계산치인 Röhler 지수 즉 밀도와 고도의 상관도를 가지는 것이다. 다만 신장의 세제곱이 아니라 한계값만이 사용되는 저자의 실험식으로 계산되는 신체 용적 값이 Röhler 지수와 고도의 상관 관계를 보이는 것이다.

신체 용적 측정은 나이가 신체 밀도 산출의 기초를 제공하는 것으로 신체의 총지방량 산출에 직접 응용되는 것이다. 총지방량의 간접적 측정법으로서 용적 측정이 제창되는 바인데, 신체 용적 측정법을 간편하게 시도한 보고가 있다 (Katch et al., 1967), 한편 단순히 신장과 체중으로부터 무지방 체중 나이가 총지방량을 산출하는 보고도 있다 (Hume, 1966; Khosla et al., 19

67). Hume 은  $LBM=aW+bH-Constant$  형식의 일차식을 제창하였으며, Khosla 등은  $W/H^2$  와 같이 신장의 제곱이 쓰인 지수가 총지방량 표시에 좋다고 한다.

## 결 론

나이가 13—45세의 여자 171명을 대상으로 하여 신장 (H, cm), 체중 (W, kg) 및 체표면적 ( $S, m^2$ )으로부터 신체 용적 (V, liter)을 간편하게 산출하는 실험식을 만들었다.

대상자를 수영복만 입고 수중 침량법으로 신체 용적을 직접 측정하였으며 실험식으로 계산되는 용적 값을 비교하였다. 사람의 물속 체중 측정에 있어 허파의 잔기량을 교정하였다. 신체의 발육 성장을 고려하여 대상자를 네개의 연령군으로 나누었는데, 13—16세 여자 중학생군 31명, 16—19세의 여자 고등학생군 48명, 18—23세의 여자 대학생군 50명 및 33—45세의 중년 여자군 42명이었으며 다음과 같은 성적을 얻었다.

1. 나이가 13—16세의 여자 중학생에 있어서 수중 침량법에 의한 신체 용적은 평균 38.5l (신체 밀도 1.0371 kg/l에 해당), 16—19세 여자 고등학생에 있어 47.1l (신체 밀도 1.0358에 해당), 18—23세 여자 대학생에 있어 49.6l (신체 밀도 1.0396에 해당) 및 33—45세의 중년 여자에 있어 49.5l (신체 밀도 1.0339 kg/l에 해당)이었다. 이러한 신체 용적의 실측치에 대하여 실험식에 의한 계산치는  $\pm 0.48$  내지  $\pm 0.76$  l의 평균 편차 ( $\pm 1.25\%$  내지  $\pm 2.57\%$ 의 표준 오차)를 보여 잘 일치하였다.

2. 비체중  $W/H$  와 용적의 체표면적에 대한 비율  $V/S$  사이에는 상관 계수가  $r=0.936$ 에 이르는 고도의 상관 관계가 있었다. 그러므로 13—45세의 여자 신체 용적을  $V=S \times (53.25WH+15.69)$  라는 실험식으로 표시할 수 있었다.

각 연령군별로도  $W/H$  와  $V/S$  사이에 고도의 상관 관계가 있었으며 상관 계수는  $r=0.945$  내지  $0.998$  사이에 있었다. 13—16세 여자 중학생군의 회귀 직선 기울기가 다른 연령군에 비하여 훨씬 컸다.

3. 신체 용적은 다른 신체 계측치와도 고도의 상관 관계를 보였다. 즉  $V/S$  와 평균 피부두겹 두께 사이의 상관 계수는  $r=0.724$ 이었으며, Röhler 지수와와의 사이에  $r=0.778$  내지  $0.915$ 이었다.

신체 용적 단독 표시로는  $V/S$  보다 상관도가 낮았다. 즉  $V$  와 평균 피부두겹 두께 사이에는  $r=0.683$ 이었으며,  $V$  와 Röhler 지수 사이에는  $r=0.524$  내지  $0.799$ 이었다.

ABSTRACT

Prediction of human body volume from height and weight in female.

Young Tae Kim

Department of Physiology and Physical Culture Research Institute, Seoul National University College of Medicine, Seoul, Korea

Human body volumes in females were calculated from the measurements of body height and body weight. Empirical equations suited to express the relations of height, weight and surface area to show the female body volume were derived from the body volume measurements by means of underwater weighing method. Underwater body weights were corrected for the residual volume of lung obtained by the Rahn's three breath method. Underwater weighing was performed on 171 female subjects aged between 13 and 45 years. Subjects were divided into 4 age groups, namely, 13-16 years group of 31 subjects, 16-19 years group of 48 women, 18-23 years group of college women consisted of 50, and middle-aged group (33-45 years) of 42 women. The group division was made on the basis of physical growth and development. The following results were obtained.

1. Body height (H, cm), body weight (W, kg), body surface area (S, m²), and body volume (V, l) interrelated closely. V/S showed a high correlation with W/H and the coefficient of correlation was r=0.936 in the total 171 women group. Subsequently the following regression equation was obtained.

V=S×(53.25W/H+15.69)

The agreement of body volume values calculated by the empirical equation and underwater weighing was good. The mean deviation of calculated from the measured value ranged between ±0.48 and ±0.76 liters (standard error of estimate was between 1.25% and 2.57%).

2. The calculated values of body volume in women were: 38.1 l (equivalent to the body density value of 1.0371 kg/l) in 13-16 years group, 47.1 l(equivalent

to body density of 1.0358 kg/l) in 16-19 years group, 49.6 l (equivalent to body density value of 1.0396 kg/l) in college women, and 49.5 l (equivalent to body density value of 1.0339 kg/l) in middle-aged women.

3. The correlation between V/S and mean skinfold thickness of 4 sites (arm, back, waist and abdomen) was high, namely, the coefficient of correlation was r=0.724. The coefficient of correlation between V/S and the Röhrer index ranged between r=0.778 and 0.915 affected by the difference in the group age of the subjects.

The body volume (V) alone correlated poorly than V/S with mean skinfold thickness(r=0.683) and the Röhrer index (r ranged between 0.524 and 0.779).

REFERENCES

1. 金鎮久·南基鏞: 남자 중·고등학생에 있어서 피부 두겹 법에 의한 총지방량 측정. 대한생리학회지 2: 31, 1968.
2. 남기용: 인체의 총지방량. 대한군진의학 2:27, 1962.
3. 南基鏞·金應振·金仁達·申東薰·張信堯·成樂應·李相敦·金祐謙·崔德瓊·金春熙·李鍾昕·嚴隆義: 한국인 청소년의 체격 기준에 관한 연구. 대한생리학회지 3:77, 1969.
4. 崔德瓊·金子香: 밀도법 및 피부두겹 법에 의한 여자 중·고등학생의 총지방량 측정. 우석의대잡지 5:1, 1968.
5. 崔德瓊·申孝淑·黃愛蓮: 밀도법 및 피부두겹 법에 의한 중년 부인의 총지방량. 대한생리학회지 2:89, 1968.
6. 金基容: 신장과 체중을 이용한 신체 용적의 간접 측정. 대한생리학회지 4:107, 1970.
7. Behnke, A. R., B. G. Feen, and W. C. Welham. The specific gravity of healthy men. J. Am. Med. Assoc. 118:495, 1942.
8. DuBois, D., and E. F. DuBois. Clinical calorimetry. V. The measurement of the surface area of men. Arch. Int. Med. 15:868, 1915.
9. Hix, V. M., A. M. Pearson, and E. P. Reineke. Specific gravity of human subjects by air displacement and helium dilution. J. Appl. Physiol. 19:



- 955, 1964.
10. Hume, R. *Prediction of lean body mass from height and weight. J. Clin. Pathol.* 19:389, 1966.
  11. Katch, F., E. D. Michael, and S. M. Horvath. *Estimation of body volume by underwater weighing: description of a simple method. J. Appl. Physiol.* 23:811, 1967.
  12. Keys, A., and J. Brozek. *Body fat in adult man. Physiol. Rev.* 33:245, 1953.
  13. Khosla, T., and C. R. Love. *Indices of obesity derived from body height and weight. Brit. J. prev. soc. Med.* 21:122, 1967.
  14. Lange, K. O., and J. Brozek. *A new model of skinfold caliper. Am. J. Phys. Anthropol.* 19:98, 1961.
  15. Liuzzo, J. A., E. P. Reineke, and A. M. Pearson. *An air displacement method for determining specific gravity. J. Animal Sci.* 17:513, 1958.
  16. Rahn, J., W. O. Fenn, and A. B. Otis. *Daily variations of vital capacity, residual air, and expiratory reserve including a study of the residual air method. J. Appl. Physiol.* 1:725, 1949.
  17. Siri, W. E. *Apparatus for measuring human body volume. Rev. Sci. Instr.* 27:729, 1955.
  18. Sendroy, J. Jr., and L. P. Cecchini. *Indirect estimation of body surface area and volume. J. Appl. Physiol.* 14:1000, 1959.
  19. Sendroy, J. Jr., and H. A. Collison. *Determination of human body volume from height and weight. J. Appl. Physiol.* 21:167, 1966.
  20. Walser, M., and S. N. Stein. *Determination of specific gravity of intact animals by helium: Comparison with water displacement. Proc. Soc. Exp. Biol. Med.* 82:774, 1953.
  21. Wedgewood, R. J., J. R. Breckenridge, and R. W. Newman. *Measurement of body volume by air displacement. Federation Proc.* 12:151, 1953.
  22. Wilmore, J. H., and A. R. Behnke. *Predictability of lean body weight through anthropometric assessment in college men. J. Appl. Physiol.* 25:349, 1968.