

산장과 체중을 이용한 남자의 신체 용적 간접 측정*

서울대학교 의과대학 생리학교실 및 국민체력과학 연구소

<지 南 基 鏞 교수>

金 基 容

=Abstract=

Prediction of Human Body Volume from Height and Weight

Key Yong Kim

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

Human body volumes were calculated from the measurements of body height and body weight. Equations suited to express the relations of height, weight, and surface area to show the 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 173 male subjects aged between 13 and 51 years. Subjects were divided into 4 age groups, namely, 13-16 years group of 47 subjects, 16-19 years group of 46 subjects, adult group aged between 22 and 28 years comprising 45 subjects, and middle-aged group (40-51 years) of 35 subjects. 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, liter) interrelated closely. V/S showed a high correlation with W/H and the coefficient of correlation was r=0.97 irrespective of age group differences of the subjects.

The coefficients of correlation between V/S and W/H in the total male subjects as a single group was r=.983. Subsequently the following regression equation was obtained.

$$V = S \times (54.84 \bar{W}/H + 14.08)$$

The agreement of body volume values obtained by the calculation and underwater weighing in the total subject group was better than that of the separate age group division.

2. The calculated values of body volume were: 40.4 l (equivalent to the body density value of 1.0562 kg/l) in 13-16 years group; 52.0 l (equivalent to density value of 1.0723 kg/l) in 16-19 years group; 55.3 l (equivalent to density value of 1.0570 kg/l) in the adult group; and 54.0 l (equivalent to density value of 1.0747 kg/l) in the middle-age group. The mean deviation of calculated from the measured volume value ranged between ±0.55 and ±0.81 liters.

3. The correlation between V/S and mean skinfold thickness of 4 sites (arm, back, iliac and chest) was high, namely, the coefficient of correlation was r=0.656. The coefficients of correlation between V/S and the Röhler index ranged between r=0.668 and r=0.810 affected by the difference in group age of the subjects.

* 국민체력과학 연구소 논문 제 51 호

The body volume (V) alone correlated poorly than V/S with mean skinfold thickness ($r=0.606$) and the Röhler index (r ranged between 0.274 and 0.588).

인체에 관한 여러 가지 측정치 가운데 가장 널리 또한 자주 쓰이는 것은 신장, 체중, 체표면적, 신체용적, 신체 밀도, 피부두께 두께, 무지방 체중 및 총지방량 등이다. 이 가운데 신장과 체중은 손쉽게 직접 측정이 가능하나 다른 측정치는 직접 측정이 불가능하거나 측정이 가능하여도 번잡스러운 곤란점이 있는 것들이다. 그러므로 이들의 측정은 다른 측정치를 이용하여 간접적으로 결정하여야 한다. 이런 간접법의 기초가 되는 것은 정확한 직접 측정이 가능한 신장과 체중 뿐이다.

신체용적은 사람을 물속에서 평량(秤量)하여 물속 체중을 얻어 계산으로 산출할 수 있는 일은 오래전부터 이용되어 왔는데 (Behnke et al., 1942), 신체 밀도와의 관련을 고려하여 공간에 차지하는 단순한 신체용적이 아니라 허파의 잔기름을 뺀 이론적인 신체용적이 논의되어 왔다. 그러므로 공간에서 차지하는 신체용적의 절대치보다는 허파의 잔기름만큼 작은 값이 보고되어 있다.

이 논문은 남자의 신체용적을 신장 (H, cm), 체중 (W, kg) 및 체표면적 (S, m²)으로부터 계산되는 관계를 보고하는 것이다.

실험 방법

대상자의 신체용적을 수중 평량법(秤量法)으로 직접 측정하고, 신체용적 (V, liter), 신장 (H, cm), 체중 (W, kg), 체표면적 (S, m²) 등의 상호간의 관계를 만드는 일이 이 실험의 골자이었다.

신체 밀도 (D, kg/l), 물속의 체중 (W_w, kg), 허파의 잔기름 (V_R, liter), 물의 밀도 (d_w) 사이에

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

의 관계가 있으므로 $V = d_w / D$ 로 셈할 수 있었다. 허파의 잔기름 (V_R)은 최대의 호흡 후에 측정하였으며, Rahn(1949) 등에 따라 세번 호흡하는 법으로 측정하였다.

체표면적 (S, m²)은 DuBois 및 DuBois (1915)에 따라 결정하였다.

피부두께 두께 (skinfold thickness)는 Lange의 집게 (Lange, 1961)를 사용하여 등, 팔, 허리 및 배의 네군데에서 측정하였고 이들의 평균값을 평균 피부두께 (mean skinfold thickness, 남기용, 1962)이라 불렀다.

대상자는 13-51세의 남자 173명이었으며, 나이와 신

체 구성 성분 기타 총지방량에 차이가 있으므로 (남기용, 1962), 몇개의 연령 집단으로 나누었다. 즉 나이가 13 내지 16세의 중학생 47명, 16-19세의 고등학생 46명, 22-28세의 청년 45명 및 40-51세의 중년 남자 35명이었다.

대상자의 공기 속 몸무게 (W, kg)를 먼저 잰 다음에 팬츠만을 입은 대상자가 머리까지 온몸을 물 속에 잠갈 때의 무게를 물 속 몸무게 (W_w, kg)로 하였다. 물통 속에는 저울에 매달은 의자가 있고 대상자는 여기에 앉아 최대 호흡 후에 전신을 완전히 수면 아래에 잠그게 했다. 저울의 바늘이 안정되기까지 10초 이내의 시간이 필요했으며, 안정된 바늘의 위치에서 무게를 읽었다. 같은 일을 세번 되풀이하고 무게가 제일 많은 값을 채택하였다. 물통 속의 물 온도는 33-35°C이었고 온도에 대한 물의 밀도 교정을 하였다. 이렇게 하여 얻어지는 물속의 체중에 허파의 잔기름 (殘氣量, V_R residual volume)에 해당한 물의 무게를 가산하였으므로 허파에는 잔기름이 영인 상태의 신체용적을 측정하였던 것이다.

실험 성적

신체용적 등의 측정치를 제 1 표에 보인다. 나이가 13-16세의 중학생에 있어서 체중이 43.0 kg이며 신체용적은 40.4 l이었고, 나이가 16-19세의 고등학생에 있어서 체중이 55.4 kg이며 신체용적은 51.8 l이었고, 나이가 20-28세의 남자 성인에 있어서 체중이 58.8 kg이며, 신체용적은 55.6 l이었으며, 40-51세의 중년 남자에 있어서 체중이 57.4 kg이며 신체용적이 53.5 l이었다. 이밖에 신장 (H), 체표면적 (S), 신체 밀도 (D), 피부두께 두께 등의 측정치는 각 연령군마다 각각 다르며 각 연령층의 특색을 나타낸다.

신체 밀도 (D)는 중학생에서 1.0562 ± 0.00820 (Mean ± S.D.) kg/l, 고등학생에서 1.0723 ± 0.00880, 성인에서 1.0570 ± 0.0053, 중년 남자에서 1.0747 ± 0.0132 kg/l이었으며, 신체 밀도로부터 셈되는 총 지방량은 중학생이 15.9 ± 2.95%, 고등학생이 10.4 ± 3.25%, 성인 남자가 15.7 ± 2.22%, 중년 남자가 10.5 ± 4.83%의 값을 나타냈다. 신체 밀도로부터 총지방량의 산출은 Keys와 Brozek(1953)에 따라 % Fat = 100(4.201/D - 3.813)로 계산하였다. 피부두께 두께도 총지방량과 관련을 보았으며, 중학생의 팔에서 7.12 ± 1.888 mm, 고등학생

Table 1. Body volume and other physical characteristics of men, Mean±S.D.

	Middle school boys N=48	High school boys N=46	Adults N=45	Middle aged men N=35
Age, yr	13~16	16~19	20~28	40~51
Height, cm	154.7±7.57	164.4±5.56	167.0±3.82	165.4±5.38
Range	140.3~172.7	150.5~175.3	159.0~176.0	153.0~178.0
Weight, kg	43.0±7.05	55.4±6.21	58.8±4.63	57.4±6.17
Range	33.5~61.0	39.0~68.3	50.0~68.5	47.5~74.1
Body S.A., m ²	1.41±0.142	1.60±0.111	1.65±0.090	1.64±0.101
Range	1.11~1.64	1.29~1.83	1.49~1.84	1.49~1.84
Body volume, l	40.4±5.14	51.8±6.23	55.6±4.94	53.5±6.25
Range	28.9~57.7	36.0~64.3	47.6~66.8	44.0~67.5
Body density	1.0562±0.0082	1.0723±0.00880	1.0570±0.0053	1.0747±0.0132
Range	1.0393~1.0791	1.0441~1.0909	1.072~1.041	1.0491~1.0935
Body fat, %	15.9±2.95	10.4±3.25	15.7±2.22	10.5±4.83
Range	10.2~22.1	6.2~21.0	10.7~20.2	3.0~20.2
Skinfold thickness, mm				
Back	6.32±2.841	8.36±2.892	9.2±1.73	10.4±4.02
Arm	7.12±1.888	6.87±2.198	6.8±1.9	4.85±1.97
Waist	5.89±1.608	8.89±2.892	8.8±2.95	7.72±5.10
Abdomen	4.87±1.140	7.19±2.010	8.1±2.26	7.62±3.92
Mean	6.02±1.194	7.89±2.095	8.3±1.79	7.59±3.47
Range	4.02~8.80	5.08~15.35	5.6~11.9	3.5~17.3
Volume/S.A.	29.4±2.065	32.3±1.88	33.6±1.38	32.8±2.02
Range	25.90~35.18	27.9~36.5	30.64~36.3	29.53~37.71
Weight/Height	0.277±0.0366	0.336±0.0333	0.352±0.0249	0.347±0.0326
Range	0.221~0.378	0.259~0.405	0.302~0.402	0.291~0.428
B. Volume, calculated				
Group formula	40.6±6.92	51.8±6.22	55.9±4.73	53.6±6.22
Range	29.3~57.4	36.2~64.6	47.0~66.9	43.9~70.9
Male formula	40.4±6.83	52.0±6.31	55.3±4.79	54.0±5.99
Range	29.0~56.9	35.4~64.7	46.4~64.6	44.5~70.4

의 팔에서 6.87 ± 2.198 mm, 평균 피부두께가 7.89 ± 2.095 mm 이었으며, 성인 남자 팔에서 6.8 ± 1.9 mm, 평균 피부두께가 8.3 ± 1.79 mm 이었으며, 중년 남자 팔에서 4.85 ± 1.95 mm, 평균 피부두께가 7.59 ± 3.47 mm 이었다.

신체 용적의 체표면적에 대한 비율 (V/S)과 비체중 (W/H) 사이의 관계를 제 1도에 보인다. 둘 사이의 관계는 상관 계수가 0.983에 이르는 고도의 것이었다. 그러나 각 연령별로는 약간의 차이를 보였으며 제 2표 및 제 2도에 보는 바와 같이 중년 남자의 직선의 기울기가 제일 컸으며 그보다 젊은 연령층 직선은 거의 하나의 직선으로 통합되었다. 이하하여 중년 이외의 연령층에 있어서는 어느 공식을 사용하여도 무방하다고

하겠으며 다만 중년층을 취급할 때에만 다른 공식을 사용하여야 한다. 이하하여 13-51세 남자에 있어서 신체 용적은 다음 공식으로 셀할 수가 있었다.

$$V/S = 54.84 W/H + 14.04$$

신체 용적의 실측치와 계산치를 비교하면, 중학생에 있어서 실측치가 40.4l이었는데 대하여 중학생 실험군 공식으로 계산된 값은 40.6l이었고 전체 남자 실험군 공식으로 셀된 값은 40.4l이었다. 고등학생에 있어서는 신체 용적 실측치가 51.8l이었는데 대하여 고등학생 실험군 공식으로는 51.8l을 얻었으며 전체 남자 실험군 공식으로는 52.0l의 값을 나타냈다. 남자 성인에 있어서는 용적 실측치는 55.6l이었던데 대하여 성인용 공식으로는 55.9l를 나타냈고 전체 남자 공식

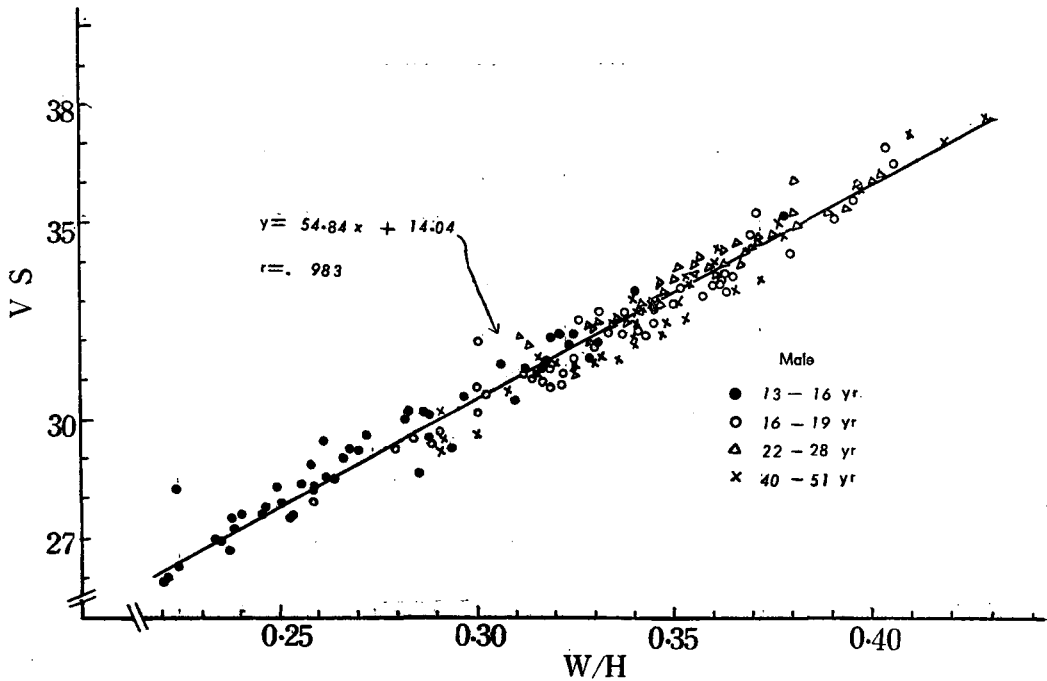


Fig. 1. Correlation between V/S and W/H in male. The line is represented by the equation $V/S = 54.84 W/H + 14.04$, $r=0.983$.

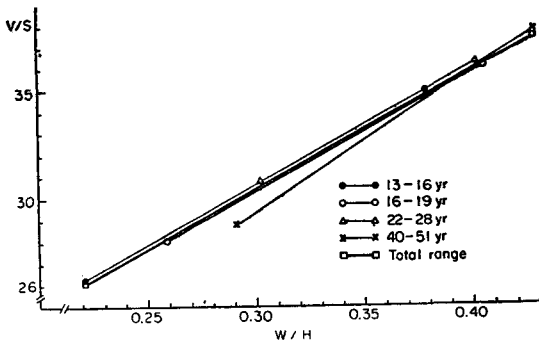


Fig. 2. Correlation between V/S and W/H in various age groups. Lines of middle school boys (13-16 years), high school boys (16-19 years), and adult (22-28 years) have almost the same constants. Line of middle aged men (40-51 years) has a steeper gradient.

으로는 55.31를 나타냈다. 나이가 40-51세인 중년 남자의 신체 용적 실측치가 53.51이었는데 계산치는 중년 남자 공식으로는 53.61, 전체 남자 공식으로는

Table 2. Correlation between W/H(x) and V/S(y)

Age	N	Regression equation	Correl. coef.
13-16	47	$y = 55.25x + 14.07$	.978
16-19	46	$y = 55.07x + 13.82$	.974
22-28	45	$y = 54.07x + 14.56$	.975
40-51	35	$y = 60.61x + 11.80$	.977
13-51	173	$y = 54.84x + 14.04$	.983

54.01의 값을 나타냈다. 이리하여 용적의 실측치와 계산치 사이에는 어느 정도의 오차를 보이었는데 제 7 표에 이들 오차의 크기를 비교하였다.

신체 용적의 체표면적에 대한 비율 (V/S)은 평균 피부두점 두께 (제 3 표) 및 Röhler 지수 (제 4 표)와도 고도의 상관 관계를 보였다. 피부두점 두께는 사람의 총 지방량을 단적으로 나타내는 것으로서 이것과 신체 밀도 사이의 상관 계수는 -0.7~-0.8이나 되며 (金鎮久, 南基鏞, 1968), 피부두점이 크다는 일은 곧 피하지방층이 발달된 일을 가리키는 것이므로 신체 용적과 관계가 깊을 것 같이 생각된다. 그러나 평균 피부두점 두께와 신체 용적 사이의 상관 관계 (제 5 표)는 13-51세의 남

Table 3. Correlation between mean skinfold (x) and V/S (y)

Age	N	Regression equation	Correl. coef.
13-16	47	$y=0.97x+23.56$	.561
16-19	46	$y=0.60x+27.62$	.662
22-28	45	$y=0.32x+31.03$	.395
40-51	35	$y=0.61x+28.20$	.924
13-51	173	$y=0.69x+26.84$	.656

Table 4. Correlation between Rohrer index (x) and V/S (y)

Age	N	Regression equation	Correl. coef.
13-16	47	$y=.12x+15.69$	.668
16-19	46	$y=.14x+14.84$	.810
22-28	45	$y=.13x+17.59$	.781
40-51	35	$y=.13x+16.30$	.786

Table 5. Correlation between mean skinfold (x) and body volume (y)

Age	N	Regression equation	Correl. coef.
13-16	47	$y=2.59x+24.82$	.590
16-19	46	$y=1.44x+40.40$	.482
22-28	45	$y=0.80x+49.22$	.292
40-51	35	$y=1.39x+42.90$	.775
13-51	173	$y=2.14x+34.29$	.606

자 173명에 있어서 $r=0.606$ 이었다. 이 값은 평균 피부두께 두께와 V/S 사이의 상관 계수 $r=0.656$ 보다 작

Table 6. Correlation between Rohrer index (x) and body volume (y)

Age	N	Regression equation	Correl. coef.
13-16	47	$y=.23x+13.14$	.274
16-19	46	$y=.34x+9.21$	.590
22-28	45	$y=.33x+14.32$	.588
40-51	35	$y=.29x+16.33$	.572

은 것이었다. 한편 소위 신체의 충실도 (充實度)를 나타낸다고 일컬어지는 Rohrer 지수는 V/S와의 사이에 연령군에 따라 차이는 있으나 상관 계수가 0.668 내지 0.810 사이에 있어 비교적 고도의 상관 관계를 나타냈으나, 직접 신체 용적과의 사이의 상관도는 제 6표와 같이 V/S 비율보다 낮았다.

고 찰

신체 용적을 몰속 평량법에 의하여 실측한 값과 앞서 제시한 공식에 의하여 계산한 값을 비교하면 제 1 표에 보는 바와 같이 대체로 잘 일치한다. 실측치의 계산치가 어느 정도로 부합되는가를 결정하는 것은 여러 계측치가 가지는 오차, 각 개인이 평균치에서 얼마나 벗어난 값을 가지는가, 작성한 공식이 적당한가에 의하여 결정된다. 제 7표는 신체 용적의 실측치와 공식에 의한 계산치를 비교하여 그 오차의 크기를 보이는 것이다. 이 표에서 AD는 부호에 관계없이 오차의 크기를 나타내는 평균 오차 (mean deviation)를 나타내며, ADa는 부호를 고려한 평균 오차이다.

즉 전체 남자 실험군 공식 $V=S \times (54.84W/H+14.04)$ 로 계산한 남자 중학생 (13-16세)의 용적이 40.4ℓ로서

Table 7. Measured and calculated male body volume

Age	N	Body volume, liter, Mean±S.D.		AD	ADa	S.E.E.	
		Measured	Calculated*			1	%
Male							
13-16	47	40.4±5.14	40.4±6.83	±.55	-.25	±.69	±1.70
16-19	46	51.8±6.23	52.0±6.31	±.54	+.19	±.69	±1.33
22-28	45	55.6±4.94	55.3±4.79	±.52	-.48	±.69	±1.24
40-51	35	53.5±6.25	54.0±5.99	±.81	+.31	±1.05	±1.96

* Male formula: $V=S(54.84W/H+14.04)$

AD: Mean deviation of calculated from measure volume.

ADa: Algebraic mean deviation.

S.E.E.: Standard error of estimate ($\sqrt{\sum D^2/N-1}$), D being deviation of calculated from the measured value.

실측치와 같은 것으로 나타났으며 오차의 평균이 ± 0.55 l이며 표준 오차는 ± 0.69 l ($\pm 1.70\%$)의 크기를 가진다. 16-19세의 고등학생, 22-28세의 청년에서도 대략 같은 크기의 오차를 보이나 다만 40-51세의 중년 남자에 있어서는 신체 용적 실측치 53.5 l에 대하여 계산치가 54.0 l이며 오차의 평균이 ± 0.81 l이고 표준 오차는 ± 1.05 l ($\pm 1.96\%$)로 다른 연령층보다 조금 크다. 이 연령층에서는 V/S와 W/H 사이의 관계를 나타내는 직선의 기울기가 컸고 그 만큼 다른 연령층에 비하여 신체 측정치 상호간의 관계가 다르므로 용적 계산에 있어서도 다른 태도를 보였다고 할 수 있다. 그러나 제 7표와 같이 오차가 그렇게 큰 것이 아니므로 남자를 전부 일괄하여 연령에 관계없이 $V/S = 54.84 W/H + 14.04$ 로 대표식을 사용하여 무방하다고 생각된다.

신체 용적 (V)과 체중 (W)을 사용하여 $D=W/V$ 와 같이 신체 비중이 곧 계산되는 일은 용적을 간단한 측정치 즉 W, H, S로부터 산출하면 신체 밀도가 용이하게 얻어짐을 가리킨다. 사람의 신체 밀도는 곧 총지방량을 산출하는 기초가 되며 제 1표의 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 가리킨다.

총지방량과 밀접한 관련이 있는 것으로는 피부두겹 두께가 있는 바 (金鑽久, 南基鏞, 1968), 평균 피부두겹 두께와 신체 용적 사이의 상관 관계가 $r=0.606$ 이라 함은 (제 5표) 둘이 다같이 신체 밀도와 밀접한 관련을 가진 것을 나타낸다. 그러나 피부두겹 두께와 V/S 사이의 상관 계수가 $r=0.656$ 으로서 V 단독일 경우보다 더 고도인 것은 사람이란 일정한 형태를 가진 물체에서 용적 단독이 아니라 표면적과의 관계를 고려하는 것이 다른 신체 측정치와 더 밀접한 관계를 가지는 것을 가리킨다. 마찬가지로 Röhler 지수와와의 사이의 관계에서도 보는 바, V/S와의 사이의 상관 계수는 $r=0.786$ 으로서 V 단독의 경우의 $r=0.572$ 보다 훨씬 높다.

신체 측정치로서 H, W, S, V, D 및 피부두겹 등이 서로 관련을 가지고 변동하며, 이 가운데 W/H, V/S의 둘은 서로의 상관 계수가 $r=0.983$ 이라는 아주 고도의 것으로 신체 용적 V를 계산함에 매우 편리하다.

신체 용적의 간편한 계산 공식으로 Sendroy 등(1959)은 남자에서 $V/S = 51.44 W/H + 15.3$ 의 관계를 제시

하였는데, 이 공식은 저자들의 공식과 근본적으로 동일한 것이다. 저자들의 대상자에서 비체중 (W/H, relative weight) 범위는 0.221-0.428이었는데, 비체중이 0.2보다 작은 어린아이에서도 우리의 공식이 그대로 적용될지는 의문이다. Sendroy (1966)는 W/H가 0.2보다 작은 범위도 포함하여 $V/S = a(W/H)^x$ 형식의 공식을 제창하였다. 이 공식은 저자들의 공식에 비하여 적용 범위가 넓으나 계산치와 실측치의 차이가 표준 오차로 2% 이상에 이르는 것도 있어 그 정확성이 좀 떨어지는 것 같다. 더구나 비체중 (relative weight)이 0.2 이하인 어린아이의 경우에 있어서는 표준 오차가 사내아이에서 3.2 내지 6.7%에 이르며 제집아이의 경우에 있어서는 표준 오차는 3.4 내지 5.1%에 이르러 실측치와 상당한 거리가 있다. 그러므로 비체중이 0.2 이상인 경우에는 정확성이 큰 저자들의 직선식을 사용함이 타당하다. 저자들은 비체중 0.2 이하의 어린아이의 물속 몸무게 측정 측정치를 가지고 있지 못하므로 이 범위의 신체 용적에 관하여는 무어라 말할 수 없다.

신체 용적을 직접 나타내는 것은 아니나 간접적으로 표현하는 공식이 제시된 것이 있다. 즉 엔티피린 분포 용적을 이용하여 총수분량을 재고 이것으로부터 계산되는 무지방 체중 (lean body mass, LBM, kg)과 체중 (W, kg) 및 신장 (H, cm) 상호간의 상관 관계로부터 남자에 있어서

$$LBM = 0.32810W + 0.33929H - 29.5336$$

와 같은 공식이 제시되었다 (Hume, 1966). 신장의 세제곱 (H^3)을 사용하는 공식도 제시하였으나 계산이 번거로운 뿐 별다른 잇점을 발견 못한다. 한편 신체 여러 부위의 직경으로부터 무지방 체중을 계산하는 공식을 제시한 것도 있다 (Wilmore and Behnke, 1968). 즉 가슴둘레 등 9부위의 직경으로부터 무지방 체중 = $D^2 \times h$ 형식의 계산식으로 무지방 체중을 셈하는 것이다. 무지방 체중을 알면 거꾸로 계산하여 신체 용적도 쉬이 알 수 있는 일이다.

신체 용적을 계산함에 있어 허파의 잔기량에 해당하는 물의 무게를 가산하여 물속 몸무게를 산출하였으므로 $D=W/V$ 로 계산되는 신체 비중 (kg/l)에는 소화관에 존재하는 가스량으로 오는 오차가 있겠으나 이 실험에서는 무시하였으나 그 오차는 크지 않다. 따라서 신체 밀도 측정을 번거로운 물속 평량법 (秤量法)에 의하지 않고 신장 (H)과 체중 (W)으로 부터 간편하게 계산할 수가 있다. 이것은 곧 신체 총지방량도 신장과 체중으로부터 산출할 수가 있음을 가리키는 일이다.

신체 용적이 평균 피부두겹 두께 (등, 팔, 허리 및

백의 4 군데 피부두점 두께의 평균값) 및 Röhrer 지수와 고도의 상관 관계를 나타내는 일은 흥미로운 것이다(제 5 표 및 제 6 표). 평균 피부두점 두께는 신체 밀도 및 나이가 총지방량을 잘 반영하는 것으로 상관 계수가 신체 밀도와의 사이에 -0.7 이상이며, 총지방량(%)과의 사이에도 $+0.7$ 이상으로 남녀의 모든 연령에서 타당하다(金鑽久, 南基鏞, 1968; 崔德瓊, 金子香 1968; 崔德瓊 등 1968). 즉 피부두점 두께가 큰 사람일수록 총지방량이 많으며 쉽게는 비만증(肥滿症)을 나타낸다고 할 수 있겠는데 이런 사람일수록 뚱뚱하며 곧 신체 용적이 큰 일을 단적으로 표시하는 것이다. 피부두점 두께는 신장(H)과는 특별한 상관 관계가 없는 신체 제척치이며, 다른 여러 제척치의 해석에 있어 신장을 기준으로 하여야 합리적 해석이 가능한 것과는 다르다. 이렇게 신체 제척의 기초가 되는 신장을 고려함이 없이도 피부두점 두께는 신체 용적을 가리키는 구실을 할 수가 있다.

신체 용적은 Röhrer 지수와도 비교적 고도의 상관 관계를 보이는데(제 6 표) 여기에 Röhrer 지수는 $(W/H^3) \times 10^5$ 으로 계산되는 것이며 신장(H)을 일변으로 하는 입방체에 있어서 밀도(density)에 상당한 것으로 이른바 신체의 충실도(充實度)를 나타내는 것이다. 여기에는 신체 제척치의 기준으로서의 신장(H)이 세계 곱으로 들어갔는데 이것이 신장을 고려하지 않은 신체 용적과 고도의 상관 관계를 나타낸 것이다. 한편 신체 용적 측정을 수중 평량법(秤量法)에 의한 직접 측정이 아니라 저자가 제창하는 공식 즉 $V = S \times (54.84 W/H + 14.04)$ 로 계산하여 얻은 신체 용적값도 Röhrer 지수와 고도의 상관 관계에 있음은 물론이다. 체중(W), 신장(H) 및 체표면적(S)으로부터 계산되는 신체 용적에는 신장이 신체 제척의 기준으로 쓰였으며 이것이 신장의 세계 곱을 사용한 Röhrer 지수와 좋은 상관 관계를 보였던 것이다.

신체 용적의 측정은 나이가 신체 밀도를 산출하는 기초를 제공하는 것으로서 신체의 총지방량 산출에 직접 응용되는 것이다. 총지방량의 간접적 측정법으로서 용적 측정이 제창되는 바인데, 신체 용적 측정법을 간편하게 시도한 보고(Katch 등, 1967)가 있다. 한편 단순히 신장과 체중으로부터 무지방 체중 나이가 총지방량을 산출하는 보고도 있다(Hume, 1966; Khosla 등, 1967). Hume은 $LBM = aW + bH - \text{Constant}$ 형식의 일차식을 제창하였으며, Khosla 등은 W/H^2 와 같이 신장의 제곱이 쓰인 지수가 총지방량 표시에 좋다고 한다.

결론

나이가 13-51세의 남자 173명을 대상으로 하여 신장(H, cm), 체중(W, kg), 및 체표면적(S, m²)으로 부터 신체 용적(V, liter)을 간편하게 산출하는 실험식을 만들었다.

수중평량법으로 신체 용적을 직접 측정하였으며 신장과 체중으로부터 계산되는 용적 값을 비교하였다. 물속의 체중(Ww)은 허파의 잔기량을 교정한 것이었으므로 신체 용적은 잔기량을 영으로 간주한 용적이었다. 신체의 발육 성장을 고려하여 대상자를 네개의 연령군으로 나누었는데, 13-16세 연령군 47명, 16-19세 연령군 46명, 22-28세의 성인군 45명 및 40-51세의 중년군 35명이었으며 다음과 같은 성적을 얻었다.

1. 나이가 13-16세 연령군에 있어 신체 용적은 평균 40.4 l (신체 밀도 1.0562 kg/l에 해당), 16-19세 연령군에 있어 52.0 l (신체 밀도 1.0723에 해당), 22-28세 성인에 있어 55.3 l (신체 밀도 1.0570에 해당), 및 40-51세 중년군에 있어 54.0 l (신체 밀도 1.0747에 해당)이었다. 이러한 용적의 실측치에 대하여 계산치는 ± 0.55 내지 ± 0.81 l의 평균 편차를 보일 뿐이었다.

2. 비체중 W/H과 용적의 체표면적에 대한 비율 V/S 사이에는 상관 계수가 $r = .983$ 에 이르는 고도의 상관 관계가 있었다. 그러므로 13-51세의 남자 신체 용적을 $V = S \times (54.84 W/H + 14.08)$ 로 표시할 수 있었다.

각 연령군별로는 W/H와 V/S 사이에는 고도의 상관 관계가 있었으며 상관 계수는 0.97이었다. 각 연령군별보다 13-51세 전 대상자를 망라한 공식이 실측치와 더욱 일치하였다.

3. 신체 용적은 다른 신체 제척치와 고도의 상관 관계를 보였다. 즉 V/S와 평균 피부두점 두께 사이의 상관 계수는 $r = 0.656$, Röhrer 지수와와의 사이에 $r = 0.668$ 내지 0.810이었다.

신체 용적 단독으로는 V/S 보다 상관도가 낮았다. 즉 V와 평균 피부두점 사이에는 $r = 0.606$ 이었으며 V와 Röhrer 지수 사이에는 $r = 0.274$ 내지 0.588이었다

REFERENCES

- 金鑽久, 南基鏞 : 남자 중, 고등 학생에 있어서 피부두점 법에 의한 총지방량 측정. 대한생리학회지 2:31, 1968.

- 金弘善 : 밀도법 및 피부 두점집기법에 의한 한국 여학생의 총지방량 측정. *수도의대잡지* 4:21, 1967.
- 남기용 : 인체의 총지방량. *대한군진의학* 2:27, 1962.
- 崔德瓊, 金子香 : 밀도법 및 피부두점 법에 의한 여자 중·고등 학생의 총지방량 측정. *우석의대잡지* 5:1, 1968.
- 崔德瓊, 申孝淑, 黄愛蓮 : 밀도법 및 피부두점법에 의한 중년 부인의 총지방량. *대한생리학회지* 2:89, 1968.
- Behnke, A.R. Jr., B.G. Feen, and W.C. Welham: *Specific gravity of healthy men: body weight volumes as index of obesity. JAMA* 118:495, 1942.
- DuBois, D., and E.F. DuBois: *Clinical calorimetry. V. The measurement of the surface area of men. Arch. Int. Med.* 15:868, 1915.
- Hume, R.: *Prediction of lean body mass from height and weight. J. Clin. Pathol.* 19:389, 1966.
- Katch, F., E.D. Michael, and S.M. Horvath: *Estimation of body volume by under water weighing: description of a simple method. J. Appl. Physiol.* 23:811, 1967.
- Keys, A., and J. Brozek: *Body fat in adult man. Physiol. Rev.* 33:245, 1953.
- Khosla, T., and C.R. Lowes: *Indices of obesity derived from body height and weight. Brit. J. prev. Soc. Med.* 21:122, 1967.
- Lange, K.O., and J. Brozek: *A new model of skinfold caliper. Am. J. Phys. Anthropol.* 19:98, 1961.
- Rahn, H., 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.
- Sendroy, J.Jr., and L.P. Cecchini: *Indirect estimation of body surface area and volume. J. Appl. Physiol.* 14:1000, 1959.
- Sendroy, J.Jr., and H.A. Collison: *Determination of human body volume from height and weight. J. Appl. Physiol.* 21:167, 1966.
- Wilmore, J.H., and A.R. Behnke: *Predictability of lean body weight through anthropometric assessment in college mem. J. Appl. Physiol.* 25:349, 1968.