体脂肪率(%Fat)推定法の比較

小宮 秀一* 小室 史恵* 吉川 和利*

A COMPARISON OF METHODS FOR ESTIMATING PERCENT BODY FAT

SHUICHI KOMIYA, TOSHIE KOMURO AND KAZUTOSHI KIKKAWA*

A comparative study was conducted between two independent methods to estimate body fat in a total population of 27 Japanese females (aged 20-40). The two methods dealt with different body component parameters. Body fat was estimated (1) in terms of skinfolds according to the formula of Nagamine and Suzuki ('64), who used triceps and subscapular skinfolds, and (2) in terms of total body water based on the analysis of the dilution of orally ingested deuterium oxide (D_2O) in urine. The estimate of the percent body fat by each of the two methods showed significant difference. The skinfold estimate of percent body fat was significantly lower than the D_2O estimate. The best combination of four variables for predicting total body water was found to be humerus breadth, femur breadth, abdomen skinfold and body weight. The prediction equation based on humerus breadth, femur breadth, abdomen skinfold and body weight proved to be accurate for estimating total body water ($R = .903$; $SEE = 1.276$) than the combination of skinfolds ($r = .706$). Multiple regression equation was applied to the estimation of the total body water from these anthropometric measurements. Thus, the equation based on humerus breadth, femur breadth, abdomen skinfold and body weight could be instead of skinfolds to accurately estimate the criterion percent body fat.

(J. Physical Fitness Japan 1981, 30 : 277~289)

I. 結 言

身体を構成する活性組織と不活性組織をどのようにして求めるかについては、その方法が確立していない。除脂肪量や脂肪量を *in vivo* の状態で推定する場合、水中体重測定法による体密度から求める方法や尿クレアチニン排泄量、体内総水分量、 ^{40}K 量などを測定することによって求める方法などが採用されている。しかし、いずれも実験室での複雑なテクニックを必要とし多人数を対象とする場合には不適當である。多人数を対象としたり、フィールドで身体構成成分を分析する場合には簡便さが要求される。このような時、脂肪量を求める方法としては体密度と相関の高い皮脂厚からの推定式を用いて体密度を算出し、この体密

度から脂肪量を推定する方法が多く採用されている。例えば、Brožek and Keys²⁾, Pascale et al.¹⁶⁾ や Sloan²³⁾ らは2部位あるいは3部位の皮脂厚が体密度と高い相関を示すことを指摘している。Young and Bloadin³⁰⁾, Sloan et al.²²⁾, Katch and Michael⁹⁾, Wilmore and Behnke²⁹⁾ や Katch and McArdle¹⁰⁾ らは皮脂厚と周径、骨幅の合成変量に高い相関があることを報告して種々の体密度推定式を作成している。日本人の体密度推定式に関しては、Nagamine and Suzuki¹⁴⁾, 佐藤¹⁹⁾ と高崎²⁵⁾ などがある。以上の研究はすべて水中体重測定法による体密度と人体計測値との関係から体脂肪率を推定しているが、肺内の残気量や腸内ガスに関して問題点を指摘する研究者も多いようである。本研究に採用した体内総水分量は Sheng and

* 九州大学健康科学センター

Institute of Health Science, Kyushu University, Ropponmatsu, Fukuoka 810.

Huggins⁷⁾ が指摘しているように脂肪量の多少によって変化する。一方, Pace and Rathbun¹⁵⁾, Schloerb et al.²⁰⁾, Forbes⁴⁾ と Sheng and Huggins⁷⁾ らが報告しているように除脂肪量に対する体内総水分量の割合はほぼ一定である。これらの原理を応用し, 体内総水分量を求めることで, 逆に脂肪量を求めることができる。本研究は, 日本人成人女子を対象に皮脂厚を基礎とした推定式による体脂肪率と体内総水分量より求めた体脂肪率とを比較検討したものである。また, 人体計測値を独立変量とするステップワイズ重回帰分析により体水分推定式を作成している。

II. 方 法

被験者は健康な15名の女子大学生と12名の家庭婦人である。人体計測と実験は1980年9月と10月の2日間, 午前9時から12時までの間に実施した。被験者の年齢や身体的特性は表1に示した。

体内総水分量 (TBW) の定量

重水 (deuterium oxide, D₂O) をトレーサーとした希釈法によって TBW を定量した。被験者は朝食をとらず, 午前9時, 排尿, 排便後に体重1kgにつき1gのD₂O (99.95%) を20%以下に水で希釈したものが経口投与された。投与後は比較的安静を維持させ, 1, 2, 3時間後の3回採尿した。その間の飲食物摂取は禁止した。採尿し

た各時間の尿は100℃で約20分間熱蒸留し, 冷却管を通して約10mlのサンプルを採取した。採取したサンプルは光路長0.073mmの赤外分光光度計用固定セル (CaF₂) に注入した。サンプル中のD₂O濃度は Thornton and Condon²⁶⁾, Trenner et al.²⁷⁾, Turner et al.²⁸⁾, Jones and MacKenzie⁸⁾ や Stansell and Mojica²⁴⁾ らが報告している方法に準じて, 260-50型日立赤外分光光度計によって測定した。赤外分光光度計によるD₂O濃度の測定精度について, Graystone et al.⁹⁾ や Mendez et al.¹²⁾ は gas chromatography と同程度であることを報告し, 著者ら¹¹⁾ も高い精度で測定し得ることを報告した。体内で希釈され平衡状態に達したD₂O濃度 (%D₂O) と投与量 (g D₂O given) を用いて TBW (liters) を次式によって求めた。

$$\text{TBW (liters)} = \text{g D}_2\text{O given} / \% \text{D}_2\text{O} \times 10$$

体脂肪率 (%Fat) の推定

%Fat を推定する一つの方法として, triceps と subscapular の皮脂厚から Nagamine and Suzuki¹⁴⁾ の式によって体密度を算出し, Brozek et al.³⁾ の式に適用する方法を採用した。一方, 除脂肪量に対する TBW の割合は Pace and Rathbun¹⁵⁾, Schloerb et al.²⁰⁾, Forbes⁴⁾ と Sheng and Huggins⁷⁾ らが報告しているように, 73.2%ではほぼ一定である。この原理を応用して, %Fat を体水分率 (%TBW) から次式によって求めた。

Table 1. Physical characteristics of subjects.

Dimensions	Women					
	Students Mean ± SE		Housewives Mean ± SE		Total Mean ± SE	
Number	15		12		27	
Age (yr)	20.6	0.12	36.1	0.57	27.5	1.53
Height (cm)	158.9	1.43	156.7	1.43	157.9	1.02
Weight (kg)	54.4	2.75	51.2	1.31	53.0	1.64
Ht/√Wt	42.1	0.51	42.2	0.36	42.2	0.32
Humerus breadth (cm)	5.7	0.10	5.6	0.07	5.7	0.06
Femur breadth (cm)	8.7	0.15	8.9	0.13	8.8	0.10
Arm girth (cm)	24.6	0.69	23.8	0.47	24.2	0.43
Calf girth (cm)	34.8	0.78	33.3	0.56	34.1	0.51
Skinfolds (mm)						
Triceps	18.4	1.74	15.9	0.91	17.3	1.06
Subscapular	20.1	1.93	16.3	1.23	18.4	1.24
Suprailiac	24.2	2.30	18.7	1.71	21.8	1.55
Abdomen	24.2	2.14	24.0	1.92	24.1	1.44

Table 2. Body composition of subjects.

Compartment	Students Mean $\pm$ SE		Housewives Mean $\pm$ SE		Total Mean $\pm$ SE	
Total body water (l)	25.4	0.85	25.2	0.61	25.3	0.53
(%)	47.3	1.06	49.4	0.89	48.2	0.73
Body fat (%)	35.3	1.45	32.4	1.22	34.0	0.99
Fat-free mass (%)	64.6	1.45	67.5	1.22	65.9	0.99
Mineral mass (%)	4.5	0.10	4.7	0.08	4.6	0.06
Cell solids (%)	12.8	0.28	13.3	0.24	13.0	0.19

Fig. 1. Body composition of subjects.

Fig. 2. Relationship of percent body fat to percent total body water and comparison of percent body fat as determined by two methods.

$$\% \text{Fat} = 100 - \% \text{TBW} / 0.732$$

%Fat を求める第三の方法としてのクレアチニン法は Bonsnes and Taussky¹⁾の方法に準じて、100-10型日立分光光度計によって測定した。24時

間尿中のクレアチニン排泄量から次式によって除脂肪量 (FFM) を求め、%Fat を推定した。

$$\text{FFM}(\text{kg}) = 7.38 + 0.02908 \text{ cr. (mg/day)}$$

$$\% \text{Fat} = 100 - \% \text{FFM}$$

体重に占める FFM, Cell Solids (S) と Mineral Mass (M) の割合は Hamwi and Urbach⁶⁾の式によって求めた。

$$\% \text{FFM} = \% \text{TBW} / 0.732$$

$$\% \text{S} = \% \text{FFM} - (\% \text{TBW} + \% \text{M})$$

$$\% \text{M} = 0.07 \times \% \text{TBW} / 0.732$$

次に、D₂O 希釈法によって得られた TBW と種々の人体計測値とのステップワイズ重回帰分析を行ない体水分推定式を作成した。統計的分析には九州大学大型計算機センター FACOM M-200 を使用した。

III. 結 果

被験者の身体的特性に関して、平均値と標準誤差を表 1 に示している。本研究の被験者は平均年齢 20.6 才の女子大学生と平均年齢 36.1 才の家庭婦人である。女子大学生と家庭婦人の人体計測値及び皮脂厚の平均値間には統計的有意差は認められなかった。

表 2 は D₂O 希釈法によって定量された TBW と TBW から推定した各身体構成成分の平均値を示している。女子大学生と家庭婦人の平均値間には統計的有意差は認められなかった。

図 1 は体重を 100% として各身体構成成分の占める割合を示したものである。

図 2 は D₂O 希釈法による %TBW とこれを利用して推定した %Fat, そして皮脂厚を基礎とした %Fat との関係を比較し、両推定法による %Fat 間の差をみたものである。D₂O 希釈法では、%TBW が同一の個体はすべて %Fat が同

Table 3. Comparison of percent body fat as determined by three methods.

Subject	Age	% Fat from Total Body Water*	% Fat from Skinfolds**	% Fat from Creatinine***
a	27	22.9	14.8	20.4
b	28	28.4	18.1	28.5
c	25	23.2	20.0	32.8
d	24	31.3	19.4	34.9

* by D₂O in this study

** by the formula of Nagamine & Suzuki (1964) using triceps and subscapular skinfolds

*** by the urinary creatinine concentration in this study

Table 4. Correlation coefficients between percent body fat and skinfolds.

Variable	Correlation with %Fat from D ₂ O
Skinfold, mm	
Triceps	.605
Subscapular	.523
Suprailiac	.533
Abdomen	.650
%Fat	
Triceps + Subscapular	.600

Table 5. Correlation coefficients between total body water and various body dimensions.

Dimensions	Correlation with TBW
Height, cm	.599
Weight, kg	.865
Ht/√Wi	-.570
Humerus breadth, cm	.779
Femur breadth, cm	.808
Arm girth, cm	.749
Calf girth, cm	.764
Skinfolds, mm	
Triceps (X ₁)	.596
Subscapular (X ₂)	.698
Suprailiac (X ₃)	.468
Abdomen (X ₄)	.577

一である。しかし、皮脂厚を基礎とした %Fat との関係では、%TBW が同一であっても %Fat にかんがりのバラツキがみられた。皮脂厚を基礎とした %Fat の推定傾向線は D₂O 希釈法の直線とほぼ平行ではあるが、%Fat を低く推定することが明らかにになった。D₂O 希釈法と皮脂厚を基礎とした推定式の 2 方法によって得られた %Fat 間

の相関係数は 0.600 で、それほど高いものではなかった。

表 3 は 4 名の被験者について尿クレアチニン排泄量から FFM を求め、その値から %Fat を計算して上記の 2 方法と比較した結果である。クレアチニン法によって得られた 4 名の %Fat はすべて皮脂厚を基礎としたものより大きく、被験者 C を除いてすべて D₂O 希釈法による %Fat と近似していた。

表 4 は D₂O 希釈法による %Fat と皮脂厚との相関をみたものであり、どの部位もそれほど高い相関係数は示さなかった。Nagamine and Suzuki⁽⁴⁾ の推定式に採用されている triceps と subscapular の合成変量との相関係数 (r=0.600) は abdomen との相関係数 (r=0.650) よりむしろ小さかった。

表 5 は TBW と人体計測値及び皮脂厚との相関をみたものである。比較的高い相関係数は、体重 (r=0.865)、大腿骨端幅 (r=0.779)、上腕骨端幅 (r=0.808) にみられ、Nagamine and Suzuki⁽⁴⁾ の推定式に採用されている皮脂厚の合成変量との相関は r=0.706 であった。

そこで、表 5 に示した変量を独立変量として TBW とのステップワイズ重回帰分析を試みた。その結果、表 6 に示すように、重相関係数 (R) が 0.903 で、推定の標準誤差 (SEE) が 1.276 である推定式が求められた。

表 7 はこの推定式を被験者に適用した時の TBW の推定成績の平均値と D₂O 希釈法によって定量された TBW の平均値とを比較している。平均値は両者とも 25.3l で等しく、両者間の差の平均値は非常に小さかった。一方、推定された TBW と D₂O 希釈法によって定量された TBW

Table 6. Multiple regression equation for predicting total body water.

Variable	Regression Coefficient	Multiple Correlation (R)	Standard Error of Estimate
Constant	-8.704	.903 ($p < 0.001$)	1.276
(1) Humerus breadth, cm	1.801		
(2) Femur breadth, cm	1.798		
(3) Abdomen skinfold, mm	-0.092		
(4) Weight, kg	0.190		

Table 7. Means and differences between determined and estimated total body water and percent body fat.

	From D ₂ O (1) Mean $\pm$ SE		From Prediction Equation*(2) Mean $\pm$ SE		Difference (1)-(2) Mean $\pm$ SE	
TBW (L)	25.3	0.53	25.3	0.48	0.017	0.2259
%Fat**	34.0	0.99	34.0	0.81	-0.058	0.5966

* $TBW = -8.704 + 1.801$ (Humerus breadth, cm) $+ 1.798$ (Femur breadth, cm) $- 0.092$ (Abdomen skinfold, mm) $+ 0.190$ (Weight, kg)

** %Fat = $100 - TBW / 0.732$

の両者から求めた %Fat についても同様に比較している。平均値は34.0%と34.0%で、両者間の差の平均値は -0.058 %であり、%Fat でも高い一緻度を示した。

IV. 考 察

本研究の被験者である女子大学生15名の体位は、日本人の標準値¹³⁾より身長で3.2cm、体重で3.6kg 大きな値を示し、家庭婦人12名は、身長で3.7cm 標準値¹³⁾より大きいものの体重では0.9kg 小さな値を示している。Ponderal 指数では両群とも標準値¹³⁾に近似した値を示している。女子大学生の皮脂厚は、Nagamine and Suzuki¹⁴⁾や佐藤¹⁹⁾らが報告している日本人21才女子の値よりすべての部位において大きい。また、Pollock et al.¹⁸⁾の米国人20才女子の値と比較しても大きく、とくに subscapular の値はその差が4.8mm と大きい。家庭婦人の皮脂厚は Pollock et al.¹⁸⁾の米国人中高年婦人の値と比較すると本研究の値は明らかに小さい。従って、被験者の体位に関しては、身長と体重が標準値¹³⁾よりやや大きく、皮脂厚に関しては、女子大学生の値が大きく、家庭婦人の皮脂厚は標準的であるといえる。

体組成に関しては、同一推定方法によって得られた値を比較することが重要である。例えば、

D₂O 希釈法による TBW から得られた %Fat と皮脂厚を推定の基礎にした %Fat とを比較することは妥当ではない。D₂O 希釈法による TBW の測定は、体内の全脂肪組織に対応するものと考えられるが、皮脂厚はその一部にすぎない。従って、本研究では TBW から得られた体組成推定値との比較が望ましい。最近の日本人の D₂O 希釈法による %Fat と %TBW の推定値は Picón-Reátegui et al.¹⁷⁾が報告しているのみである。彼らの19才女子大学生の推定値と本研究の女子大学生の値とを比較すると、明らかに本研究の %Fat が大きく、%TBW の値が小さい。家庭婦人に関しては報告がない。そこで、Picón-Reátegui et al.¹⁷⁾の Ainu (平均年齢30.0才、%Fat=28.0、%TBW=52.6) と Shephard et al.²¹⁾の Eskimo (年齢30~39才、%Fat=26.0、%TBW=54.2) に関する推定値と本研究の推定値とを比較すると、本研究の %Fat が大きいことがわかる。しかし、被験者両群の身体的特性には人体計測値及び体組成推定値に関して差が認められず、この両群は本研究の対象としては同質であると考えることができ。そこで、両群を総合して D₂O 希釈法による %Fat と皮脂厚を基礎とした %Fat 間の差を検討した。D₂O 希釈法による %Fat の平均値は34.0 % (標準誤差5.18) であり、皮脂厚を基礎とした

%Fat の平均値は 24.4% (標準誤差 6.39) である。従って、この年齢層 (20~40才) の女子の %Fat を推定するのに、Nagamine and Suzuki¹⁴⁾ の式によって求めた体密度を Brožek et al¹⁵⁾ の式に適用した場合は D_2O 希釈法による体内総水分量を基礎にして得られた %Fat より約 10% 過小推定することが明らかである。一方、第三の方法として採用したクレアチニン法の結果からも、 D_2O 希釈法が %Fat を不適当に高く推定するのではなく、むしろ成人女子に関しては皮脂厚を基礎とした推定式が %Fat を過小推定することが明らかである。皮脂厚を基礎とした推定式は、水中体重測定法による体密度との関係から確立されているものである。従って、同一被験者の体密度と体内総水分量を測定して %Fat を推定し、比較する必要がある。本研究では、皮脂厚を基礎とした推定式が、 D_2O 希釈法による推定値より %Fat を過小推定するという外的基準は尿中クレアチニン排泄量からの推定値である。従って、被験者の体密度を測定しないと断定的なことはいえないが、17年前の日本人を対象とした推定式が現代日本人に適用できるとは考えにくい。そこで、人体計測値から D_2O 希釈法によって求められる %Fat (体内の全脂肪組織に対応していると考えられる) に近似した値を知るための推定式を統計的方法によって作成している。この式は、体内総水分量を推定するものであり、この式を体組成の推定に適用するには、除脂肪量に対する水分の割合が一定であるという原理に立脚しなければならない。一方、本研究の対象が限定されている点も考慮すると、この推定式の普偏妥当性には疑問がある。しかし、本研究の結果が示すように、現在広く採用されている皮脂厚を基礎とした体脂肪率の推定式は %Fat を過小推定する可能性があると考えられるので、今後改良される必要がある。

V. 摘 要

本研究は、日本人成人女子 27 名を対象に皮脂厚を基礎とした体脂肪率 (%Fat) 推定法と D_2O をトレーサーとして体内総水分量 (TBW) を求め体脂肪率を推定する D_2O 希釈法とを比較検討した。

結果は次のように要約できる。

1) D_2O 希釈法では、%TBW が同一の個体はすべて %Fat が同一であるが、皮脂厚を基礎とした %Fat との関係では、%TBW が同一であっても %Fat にかなりのバラツキがみられた。

2) 皮脂厚を基礎とした %Fat の推定傾向線は D_2O 希釈法の直線とほぼ平行ではあるが、%Fat を約 10% 過小推定することが明らかになった。

3) D_2O 希釈法と皮脂厚を基礎とした推定式の 2 方法によって得られた %Fat 間の相関係数は 0.600 で、それほど高いものではなかった。

4) クレアチニン法によって得られた %Fat は皮脂厚を基礎としたものより大きく、 D_2O 希釈法による %Fat と近似していた。

5) D_2O 希釈法による %Fat と皮脂厚との相関は、どの部位もそれほど高くなく、Nagamine and Suzuki の推定式に採用されている triceps と subscapular の合成変量との相関係数 ($r=0.600$) は abdomen との相関係数 ($r=0.650$) よりむしろ小さかった。

6) TBW と比較的高い相関は、体重 ($r=0.865$)、大腿骨端幅 ($r=0.779$)、上腕骨端幅 ($r=0.808$) にみられた。

7) 人体計測値及び皮脂厚と TBW との重回帰分析の結果、重相関係数 (R) が 0.903、推定の標準誤差 (SEE) が 1.276 である体水分推定式が求められた。

$$\begin{aligned} \text{TBW (liters)} = & -8.704 + 1.801 (\text{Humerus} \\ & \text{breadth, cm}) + 1.798 (\text{Femur breadth, cm}) \\ & - 0.092 (\text{Abdomen skinfold, mm}) + 0.190 \\ & (\text{Weight, kg}) \end{aligned}$$

本研究を実行するにあたって、赤外分光光度計による D_2O 濃度の測定に関しては九州大学教養部化学教室立田清朗教授 (九州大学健康科学センター客員教授) から懇篤なる御指導を賜った。記して深甚なる謝意を表したい。

(受付 昭和 56 年 4 月 27 日)

参 考 文 献

- 1) Bonsnes, R.W. and Taussky, H.H. (1945) : On the calorimetric determination of creatinine by the Jaffe reaction, J. Biol. Chem. 158 : 581-591.
- 2) Brožek, J. and Keys, A. (1951) : The evaluation of leanness-fatness in man : norms

- and interrelationships. *Brit. J. Nutr.* **36** : 32-34.
- 3) Brožek, J., Grande, F., Anderson, J. T. and Keys, A. (1963) : Densitometric analysis of body composition : Revision of some quantitative assumptions. *Ann. N. Y. Acad. Sci.* **110** : 113-140.
  - 4) Forbes, G. B. (1962) : Methods for determining composition of the human body with a note on the effect of diet on body composition. *Pediatrics* **29** : 477-494.
  - 5) Graystone, J., Seitchik, J., Milch, R., Shulman, G. P. and Cheek, D. B. (1967) : Measurement of D_2O in plasma water by freezing point elevation, falling drop, infra-red absorption, and gas chromatography. *J. Lab. & Clin. Med.* **69** : 885-892.
  - 6) Hamwi, G. J. and Urbach, S. (1953) : Body compartments. Their measurement and application to clinical medicine. *Metab.* **2** : 391-403.
  - 7) Hwai-Ping Sheng and Huggins, R. A. (1979) : A review of body composition studies with emphasis on total body water and fat. *Am. J. Clin. Nutr.* **32** : 630-647.
  - 8) Jones, R. N. and MacKenzie, M. A. (1960) : Determination of deuterium in organic compounds by infrared spectrophotometry. *Talanta* **3** : 356-363.
  - 9) Katch, F. I. and Michael, E. D. (1968) : Prediction of body density from skinfold and girth measurements of college females. *J. Appl. Physiol.* **25** : 92-94.
  - 10) Katch, F. I. and McArdle, W. D. (1973) : Prediction of body density from simple anthropometric measurements in college age men and women. *Human Biol.* **45** : 445-454.
  - 11) Komiya, S., Komuro, T. and Tateda, A. (1981) : Determination of the total body water by D_2O dilution using urine samples and infrared spectrophotometry. *体育学研究* **26** : 161-167.
  - 12) Mendez, J., Prokop, E., Picón-Reátegui, E., Akers, R. and Buskirk, E. R. (1970) : Total body water by D_2O dilution using saliva samples and gas chromatography. *J. Appl. Physiol.* **28** : 354-357.
  - 13) 飯塚鉄雄他 (1975) : 日本人の体力標準値 不昧堂, 東京, 27-69.
  - 14) Nagamine, S. and Suzuki, S. (1964) : Anthropometry and body composition of Japanese young men and women. *Human Biol.* **36** : 8-15.
  - 15) Pace, N. and Rathbun, E. N. (1945) : Studies on body composition. III. The body water and chemically combined nitrogen content in relation to fat content. *J. Biol. Chem.* **158** : 685-691.
  - 16) Pascale, L. R., Grossman, M. I., Sloane, H. S. and Frankel, T. (1956) : Correlations between thickness of skin-folds and body density in 88 soldiers. *Human Biol.* **28** : 165-176.
  - 17) Picón-Reátegui, E., Buskirk, E. R., Doi, K., Kuroshima, A. and Hiroshige, T. (1979) : Anthropometric characteristics and body composition of Ainu and other Japanese : comparison with other racial group. *Am. J. Phys. Anth.* **50** : 393-400.
  - 18) Pollock, M. L., Laughridge, E. E., Coleman, B., Linnerud, A. C. and Jackson, A. (1975) : Prediction of body density in young and middle-aged women. *J. Appl. Physiol.* **38** : 745-749.
  - 19) 佐藤光毅, (1975) : 日本人の Body Fat Mass に関する研究—青年期における Body Fat Mass について— *体力科学* **24** : 134-150.
  - 20) Schloerb, P. R., Friis-Hansen, B. J., Edelman, I. S. and Moore, F. D. (1950) : The measurement of total body water in the human subject by deuterium oxide dilution. *J. Clin. Invest.* **29** : 1296-1310.
  - 21) Shephard, R. J. and Rode, A. (1973) : On the body composition of the Eskimo. *Europ. J. appl. Physiol.* **32** : 3-15.
  - 22) Sloan, A. W., Burt, J. J. and Blyth, C. S. (1962) : Estimation of body fat in young women. *J. Appl. Physiol.* **17** : 967-970.
  - 23) Sloan, A. W. (1967) : Estimation of body fat in young men. *J. Appl. Physiol.* **23** : 311-315.

- 24) Stansell, M.J. and Mojica, L. (1968) : Determination of body water content using trace levels of deuterium oxide and infrared spectrophotometry, Clin. Chem. **14** : 1112-1124.
- 25) 高崎裕治, 鎌滝昭男, 山崎昌広 (1979) : 日本人青年男子の体密度推定式, 人類学雑誌 **87** : 439-444.
- 26) Thornton, V. and Condon, F.E. (1950) : Infrared spectrometric determination of deuterium oxide in water. Anal. Chem. **22** : 690-691.
- 27) Trenner, N.R., Arison, B. and Walker, R. W. (1953) : A general infrared spectrophotometric technique for the determination of deuterium in organic compounds. Appl. Spectroscopy **7** : 166-171.
- 28) Turner, M.D., Neely, W.A. and Hardy, J.D. (1960) : Rapid determination of deuterium oxide in biological fluids. J. Appl. Physiol. **15** : 309-310.
- 29) Wilmore, J.H. and Behnke, A.R. (1970) : An anthropometric estimation of body density and lean body weight in young women. Am. J. Clin. Nutr. **23** : 267-274.
- 30) Young, C.M. and Blondin, J. (1962) : Estimating body weight and fatness of young women. J. Amer. Diet. Assoc. **41** : 452-455.