

## 皮下脂肪および筋の厚みからみた日本人女性と アメリカ人女性との比較研究

石田 良恵,<sup>1)</sup> 金久 博昭,<sup>2)</sup> 福永 哲夫,<sup>3)</sup>  
M. L. POLLOCK<sup>4)</sup>

- 1) 女子美術大学
- 2) 国際武道大学 体育学部
- 3) 東京大学 教養学部
- 4) Center for Exercise Science, University of Florida

## A Comparison of Fat and Muscle Thickness in Japanese and American Women

Yoshie ISHIDA, Hiroaki KANEHISA, Testuo FUKUNAGA  
and M. L. POLLOCK

- 1) *Woman's College of Fine Arts*
- 2) *Department of Physical Education, International Budo University*
- 3) *Department of Sports Sciences, College of Arts and Sciences, University of Tokyo*
- 4) *Center for Exercise Science, University of Florida*

The purpose of this study was to investigate the ethnic differences in the body composition, thickness of subcutaneous fat and muscle between Japanese and American white females. Thirty-six Japanese (aged 20-30 years) and 42 American white females (aged 20-29 years) served as subjects. Percentage of fat weight (%fat) and fat free weight (FFW) were assessed by hydrostatic weighing. Subcutaneous fat and muscle thickness were measured by using B-scan ultrasound equipment with a 5MHz transducer at eight sites: forearm, biceps, triceps, subscapular, abdomen, quadriceps, hamstrings and posterior calf. There were no significant differences in %fat between Japanese and American subjects. However, American subjects had significantly higher values in FFW compared to Japanese. The Americans showed higher muscle thickness than Japanese at every site and higher fat thickness of biceps, triceps and hamstrings compared to Japanese subjects. For fat thickness at the abdomen, however, Japanese indicated significantly higher values than American. In both Japanese and Americans, relative values of fat weight (FW) and FFW per unit of height<sup>2</sup> were significantly related to each of the sum of fat and muscle thicknesses obtained from every measurement site respectively. There were no differences in fat thickness at a given FW/height<sup>2</sup> between Japanese and Americans. However, Americans showed higher values in muscle thickness than Japanese even at the same level of FFW/height<sup>2</sup>. Therefore although ethnic differences in fat and muscle thickness are related to that of FW and FFW respectively, Americans are superior to Japanese in muscle development. There were no significant differences in upper/lower extremity ratio of fat and muscle thickness between Japanese and Americans. However,

Americans showed significantly higher values in upper extremity/trunk and lower extremity/trunk ratios of fat thickness compared to Japanese. Japanese had significantly higher values in upper extremity/trunk and lower extremity/trunk ratios of muscle thickness than Americans. These results indicate that there are differences in the anatomical distribution or patterning of fat and muscle between Japanese and Americans.

(Ann. Physiol. Anthropol. 11(1): 29-35, 1992)

**Key words:** Fat thickness, Muscle thickness, Comparison of Japanese and Americans, B-mode Ultrasound.

身体における皮下脂肪の付着および筋の発達程度には、個人差があると同時に、人種による差異も存在すると考えられる。身体組成における日本人と他の民族との差異については、これまでに身体組成あるいは皮下脂肪厚による検討(北川 1984, 佐藤 1988)がなされている。しかし、身体各部位の筋の厚み(以下、筋厚と略す)を測定し、それらにおける日本人と他の民族との差を明らかにした報告はみられない。

本研究では、日本人女性と白人女性を対象に、密度法により体脂肪率(%Fat)を、超音波Bモード法により身体各部位の皮下脂肪厚と筋厚を、それぞれ測定し、それらにおける人種差について検討することを目的とした。

## 方法

### 1) 被検者

被検者は、東京都在住の健康な日本人女性36名(20~30歳)、およびアメリカフロリダ州ゲインズビル在住の健康な白人女性42名(20~29歳)であった。被検者は、測定期間中および測定前の2年間は、定期的な身体活動を実施していなかった。被検者は、研究の目的および測定の実施内容について十分に説明し、実験に積極的に参加することの同意を得た。

### 2) 体脂肪率(%Fat)の測定

密度法(北川 1984)により%Fatを測定した。北川(1984)およびRahnら(1949)の方法にしたがい、それぞれ水中体重および残気量を測定し、それらの値から身体密度を求めた。%Fatは、Brožeckら(1963)の式、

$$\%Fat = (4,570 / \text{身体密度} - 4.124) \times 100$$

により算出した。%Fatと体重から体脂肪量(FW)を求め、体重からFWを差し引くことにより、除脂肪体

重(FFW)を算出した。なお水中体重の測定は、3回以上安定した値が観察されるまで実施した。

### 3) 皮下脂肪厚と筋厚の測定

ALOKA社製エコーカメラLS SSD-280型を用いて、身体8ヶ所における皮下脂肪厚と筋厚を測定した。測定時の超音波発振周波数は5MHzとした。測定位置は次の通りである。

- 前腕：橈骨点から橈骨長の遠位30% (腕橈骨筋上)
- 上腕：肩峰点から上腕長の遠位60%で前部(上腕二頭筋上)、および後部(上腕三頭筋上)
- 肩甲骨下部：右骨甲骨下角
- 腹部：へそ右横3cm
- 大腿：大転子点から大腿骨長の遠位50%で、前部(大腿直筋上)および後部(大腿二頭筋)
- 下腿：脛骨点から脛骨長の遠位30%で後部(腓腹筋上)

なお測定は、身体の右側について実施した。

本研究で用いた超音波測定装置は、Bモード法(福永と金久 1990)を応用したものであった。従来、組織厚の超音波測定装置として、AモードとBモードの2種の測定法を応用したものが利用されている。そのなかでAモード法は、組織からの反射波を、時間軸に対し直角の振れとして表し、パルス間の距離から組織の厚みを読み取る方法である。しかし、この方法では組織の状態を画像化することができず、脂肪組織と筋組織、あるいは筋組織と骨組織との境界を解読する上で難点をもつ。それに対しBモード法では、Aモード法で時間軸と直角方向の振れとして表したものを、振れとせずその部分だけ時間軸を光らせ、その明るさを反射波の強さに比例させる輝度変調方式が取られている。この方式では輝点の集まりが、発振器からの発振方向線で切った一つの断面像を形成する。それゆえB

モード法では、組織の縦断面および横断面の画像の撮影が可能であり、その画像に基づき組織厚を分析することができる。図1は本装置により得られた上腕後部、腹部、大腿前部の横断面画像を示した。表皮より皮下脂肪組織と筋組織との境界面を示す反射波までを、皮下脂肪厚として計測した。皮下脂肪組織と筋組織との境界面を示す反射波から、前腕では橈骨まで、上腕で

は上腕骨まで、肩甲骨下部では肋骨まで、腹部では腹腔まで、大腿では大腿骨まで、下腿では脛骨までを、それぞれ筋厚として計測した。

本装置による皮下脂肪厚および筋厚の測定値の精度は、屍体を用いてノギスによる実測値と超音波法による測定値との比較から検討されている(福永ら1989)。その結果によると、両測定値間の相関係数は、皮下脂肪厚が $r=0.968$ 、筋厚が $r=0.969$ であり、各部位における両測定値間の差は、平均で皮下脂肪厚が0.5mm以下、筋厚が0.9mm以下であった。また隔日に2回の測定を実施し、測定値の再現性を検討した結果(福永ら1989)、各測定部位における両測定値間の差は、平均で皮下脂肪厚が1.0mm以下、筋厚が1.8mm以下であった。

#### 4) 統計処理

各測定項目について、平均値と標準偏差を求めた。平均値間の差の有意性は、t検定により検討し、5%で有意と判断した。

#### 結果

形態、%Fatおよび身長当たりのFFW (FFW/Ht)に関する測定結果を表1に示した。%Fatをのぞく他のすべての項目において、アメリカ人が日本人より統計的に有意に高い値を示した。

ディメンション論(Asmussen & Christensen 1977)からいえば、体重などの身体各部の重量は、身長の3乗に比例する。したがって組織厚は組織量/身長<sup>2</sup>に比例することになる。そこで身長<sup>2</sup>当たりのFW (FW/Ht<sup>2</sup>)およびFFW (FFw/Ht<sup>2</sup>)と皮下脂肪厚および筋厚の各部位の総和との関係のみたものが図2である。FW/Ht<sup>2</sup>と皮下脂肪厚の間には、日本人およびアメリカ人とも1%水準で有意な相関関係が認められた。またFW/Ht<sup>2</sup>に対する皮下脂肪厚の分布状態は、日本人とアメリカ人ともほぼ同一であった。FFW/Ht<sup>2</sup>と筋厚との関係も、日本人およびアメリカ人とも

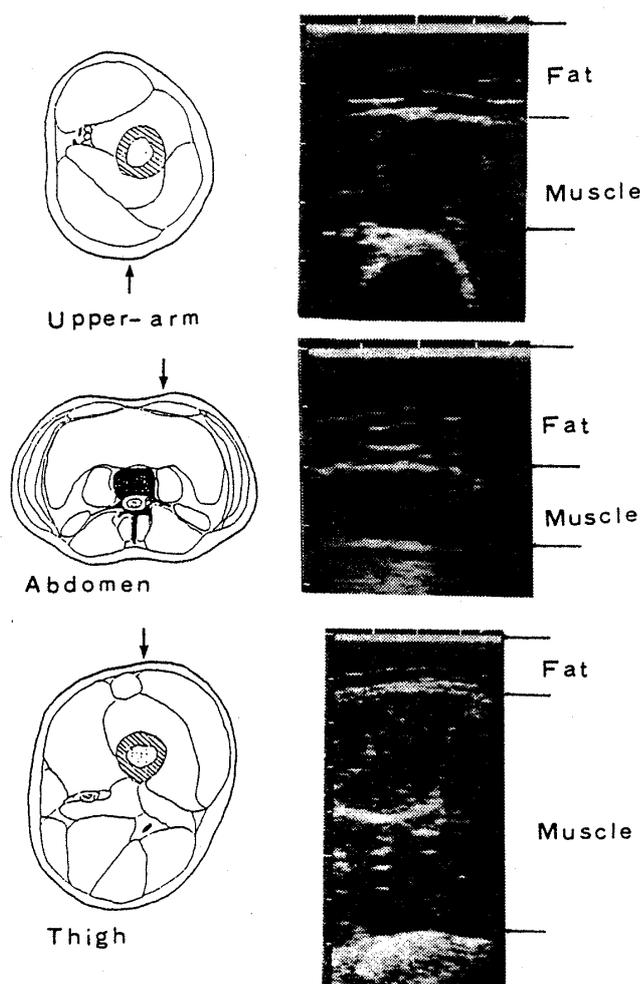


Fig. 1 Cross-sectional drawing (left) and corresponding ultrasound images for the posterior upper arm (top), abdomen (middle) and anterior thigh (bottom).

Table 1 Comparison of Japanese and American females in body composition.

	Ht: cm	Wt: kg	%Fat: %	FFW/Ht: kg/m
Japanese	158.5(5.1)	49.1(4.5)	22.1(3.5)	24.1(1.8)
	a	a		a
American	166.0(5.7)	57.9(7.3)	21.4(4.1)	27.3(2.6)
Mean(±SD)	a: $p < 0.001$			

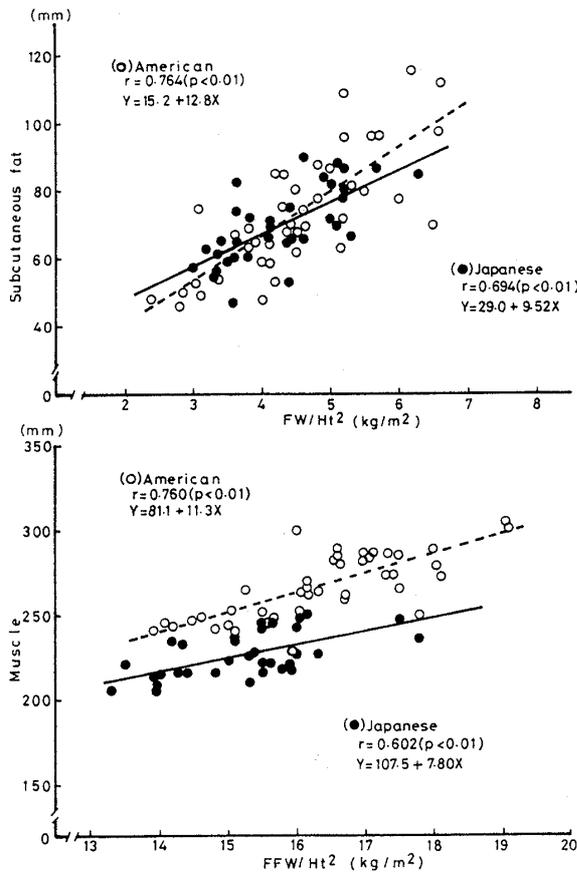


Fig. 2 Relationships between FW/Ht<sup>2</sup> and subcutaneous fat (upper) and between FFH/Ht<sup>2</sup> and muscle thickness (lower). Solid and broken lines are regression lines of Japanese and Americans, respectively. Values of subcutaneous fat and muscle thickness are sum of every measurement site.

に、1%水準の有意な相関関係にあった。しかし、FFW/Ht<sup>2</sup>が同一レベルであっても、筋厚はアメリカ人が日本人より高い値で分布した。

図3は、皮下脂肪厚および筋厚の測定結果を、部位別に日本人とアメリカ人を比較したものである。皮下脂肪厚は、上腕および大腿の後部においてアメリカ人が腹部で日本人が、それぞれ有意に高い値を示した。

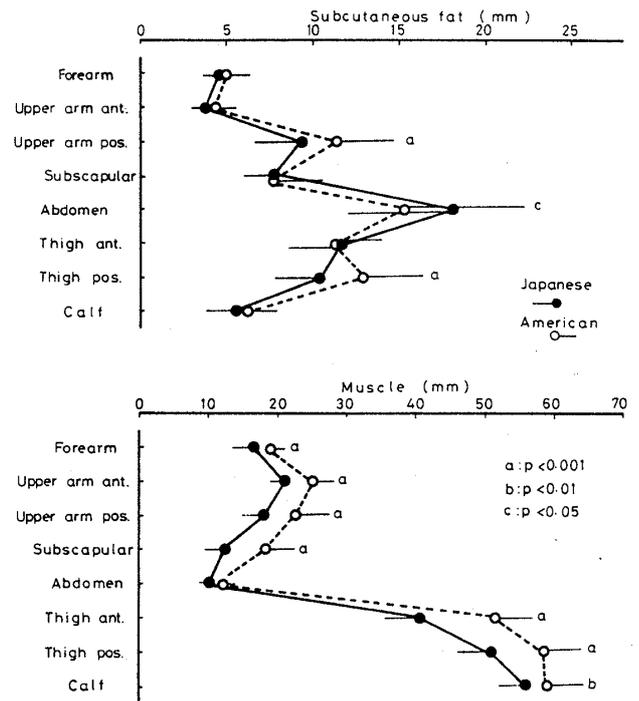


Fig. 3 Comparison of Japanese (—●—) and American (---○---) females in subcutaneous fat (upper) and muscle thickness (lower) at each measurement site. Values are means ± SD.

Table 2 Comparison of upper/lower extremity, upper/trunk and lower extremity/trunk ratios in subcutaneous fat and muscle thickness between Japanese and American females.

	Subcutaneous fat		
	Upper/Lower	Upper/Trunk	Lower/Trunk
Japanese	0.63(0.14)	0.69(0.21) $\downarrow$	1.16(0.41) $\downarrow$
American	0.67(0.13)	0.96(0.30) $\downarrow$	1.49(0.59) $\downarrow$
		a	b
Muscle			
	Upper/Lower	Upper/Trunk	Lower/Trunk
Japanese	0.38(0.04)	2.51(0.43) $\downarrow$	6.71(0.94) $\downarrow$
American	0.39(0.05)	2.22(0.37) $\downarrow$	5.67(0.95) $\downarrow$
Mean(±ND)	a: p<0.001	b: p<0.01	a

一方、筋厚は、すべての部位で、アメリカ人が日本人より有意に高い値を示した。

皮下脂肪厚および筋厚の下肢（大腿+下腿）に対する上肢（前腕+上腕）、体幹（腹部+肩甲骨下部）に対する上肢、体幹に対する下肢の各比を、日本人とアメリカ人で比較したものが表2である。皮下脂肪厚および筋厚とも、下肢に対する上肢の比（上肢/下肢比）には、日本人とアメリカ人との間に有意な差は認められなかった。しかし、皮下脂肪厚の体幹に対する上肢（上肢/体幹比）および体幹に体する下肢（下肢/体幹比）の各比は、アメリカ人が日本人より有意に高く、筋厚のそれは逆に日本人がアメリカ人より有意に高い値を示した。

### 考 察

密度法により測定された青年期の%Fatについて、先行研究の結果から国際比較を行った北川（1984）は、アメリカ人女性の場合、身長163~168cm、体重56~59kgで、%Fat22~28%、FFW/Ht<sup>2</sup>25~29kg/mであると報告している。また同報告によれば日本人女性では、身長154~157cm、体重49~53kgで、%Fat22~24%、身長当たりのFFW24~26kg/mである。このような報告を考慮すれば、本研究の測定の対象となった被検者の形態、%FatおよびFFW/Htは、表1に示されるように、日本人およびアメリカ人とも、それぞれ先行研究において報告されている値の範囲内に入るものである。また本研究の結果において、%Fatに日本人とアメリカ人との間で有意な差は認められなかった。しかし、FFW/Htはアメリカ人が日本人より有意に高い値であり、この点も北川（1984）の報告と一致する。

超音波法による皮下脂肪厚の測定は、これまでも比較的多く実施されてきている。（Booth et al. 1966, Borkan et al. 1982, Chumlea & 1986, Hayes et al. 1988, Haymes et al. 1976, Sloan 1967, Weiss & Clark 1985, Tan et al. 1982, Weits et al. 1986, Volz & Ostrove 1984, 湯浅と福永1987, 湯浅ら1987, 丸山ら1991）。しかし、それらの大部分は、Aモード法を利用し、他の測定法との比較を主な目的としたものである。Bモード法により皮下脂肪厚の部位差について検討したのものとしては、17歳~26歳までの日本人女性を対象とした湯浅ら（1987）の報告に限られており、アメリカ人女性に関する報告はみられない。湯浅ら（1987）

および丸山ら（1991）の結果と本研究のそれとを、測定部位がほぼ同一である腹部で比較してみると、湯浅らの場合に17.3±8.6mm（mean±SD）、丸山らは17.2±8.2mm、本研究が18.1±6.2mmであり、各平均値の間には差が認められない。

一方、スポーツ競技選手を対象にした測定結果によれば、身体各部位の皮下脂肪厚および筋厚は、それぞれFWおよびFFWとの間に有意な相関関係にあることが報告されている。（福永と金久 1990）。本研究においても、身長<sup>2</sup>当たりのFW（FW/Ht<sup>2</sup>）およびFFW（FFW/Ht<sup>2</sup>）は、それぞれ皮下脂肪厚および筋厚の総和と有意な相関関係がみられた。したがって、皮下脂肪厚および筋厚は、それぞれ身体全体の脂肪量および除脂肪組織量を反映したものであると解釈できる。

またFW/Ht<sup>2</sup>と皮下脂肪厚との関係において、アメリカ人および日本人ともほぼ同じ分布状態を示した。しかし、FFW/Ht<sup>2</sup>と筋厚との関係においては、たとえFFW/Ht<sup>2</sup>が同一レベルであっても、明らかにアメリカ人が日本人より高い筋厚を示した。FW/Ht<sup>2</sup>およびFFW/Ht<sup>2</sup>は、ディメンション論的にみて、それぞれ身体全体における体脂肪と除脂肪組織の平均的な厚みを表すといえる。FFWは身体における除脂肪組織量の総和であり、その中には筋以外の組織量も含まれる。したがって、FFW/Ht<sup>2</sup>に対する筋厚の分布状態は、除脂肪組織量に対する筋組織の発達程度を示すものと考えられ、本研究の結果から判断する限り、日本人はアメリカ人に比較して、筋の発達が劣ると推測される。

皮下脂肪厚は、上腕および大腿の後部ではアメリカ人が、腹部では日本人が、それぞれ有意に高く、筋厚はすべての測定部位がアメリカ人が日本人より有意に高い値を示した。また皮下脂肪厚および筋厚における部位間の比較を行った結果、皮下脂肪厚の上肢/体幹比および下肢/体幹比は、アメリカ人が日本人より有意に高い値であった。このような結果は、部位別における絶対値の差と考え合わせると、アメリカ人は日本人に比較して体幹より上腕および大腿を中心とする体肢に、日本人では体肢より腹部を中心とする体幹に、それぞれ相対的に優位な皮下脂肪厚の付着が生じていることを示唆するものといえる。

一方、筋厚の上肢/下肢比にはアメリカ人と日本人との間に、有意な差は認められない。しかし、上肢/体幹

比および下肢/体幹比は、日本人がアメリカ人より有意に高い。したがって、皮下脂肪とは逆に、筋ではアメリカ人は体幹が、日本人は体幹より体肢が、それぞれ優位な発達を示しているものと考えられる。

### 要 約

本研究では、日本人女性およびアメリカ人白人女性を対象に、密度法により、体脂肪率(%Fat)、体脂肪量(FW)および除脂肪体重(FFW)を、超音波法により前腕前部、上腕前部および後部、肩甲骨下部、腹部、大腿前部および後部、下腿後部の皮下脂肪厚と筋厚を測定し、それらにみられる人種差について検討した。その主な結果は以下の通りであった。

1) %Fat, FW および FFW の測定結果において、%Fat には日本人とアメリカ人との間に有意な差が認められなかった。しかし、FW および FFW ともにアメリカ人が日本人より有意に高い値を示した。

2) 皮下脂肪厚は、上腕および大腿後部においてアメリカ人が、腹部で日本人がそれぞれ有意に高い値を示した。一方、筋厚は全ての部位で、アメリカ人が日本人より有意に高い値を示した。

3) 日本人およびアメリカ人とも、身長<sup>2</sup>当たりの FW (FW/Ht<sup>2</sup>) および FFW (FFW/Ht<sup>2</sup>) は、それぞれ皮下脂肪厚および筋厚の各部位の総和と有意な相関関係が認められた。FW/Ht<sup>2</sup>に対する皮下脂肪厚の分布には、日本人とアメリカ人との間に差異はみられなかった。しかし、FFW/Ht<sup>2</sup>当たりの筋厚は、アメリカ人が日本人より高いものであった。したがって、日本人はアメリカ人に比較して筋の発達が劣ると考察した。

4) 皮下脂肪厚および筋厚とも、下肢(大腿+下腿)に対する上肢(前腕+上腕)の比には、日本人とアメリカ人との間に、有意な差は認められなかった。しかし、体幹(肩甲骨下部+腹部)に対する上肢および下肢の各比は、皮下脂肪はアメリカ人が、筋は日本人が、それぞれ有意に高い値を示した。このような結果は、皮下脂肪および筋の部位間の付着パターンに日本人とアメリカ人とで差異が存在することを示すものであり、皮下脂肪の付着は日本人の場合に体幹が、アメリカ人では体肢が、また筋の発達は日本人では体肢が、アメリカ人では体幹が、それぞれ相対的に優位であると考察した。

### 文 献

- Asumussen, ER. and E.H. Christensen (1977): Åstrand, P-O. and K. Rodahl: Textbook of work physiology, 2nd ed., McGraw Hill, pp. 369-388.
- Booth, R.A., B. A. Goddard and A. Patom (1966): Measurement of fat thickness in man: a comparison of ultrasound, harpenden calipers and electrical conductivity. Br. J. Nutr., 20: 719-725.
- Borkan G. A., D. E. Hulst, J. Cardarelli and B. A. Burrows (1982): Comparison of ultrasound and skinfold measurements in assessment of subcutaneous and total fatness. Am. J. Phys. Anthropol., 58: 307-313.
- Brožek, J., F. Grande, J. T. Anderson and A. Keys (1963): Dentsitometric analysis of body composition: Revision of some quantitative assumptions. Ann. N. Y. Acad.Sci., 110: 113-140.
- Chumlea, W. C. and A. F. Roche (1986): Ultrasonic and skinfold caliper measures of subcutaneous adipose tissue thickness in elderly men and women. Am. J. Phys. Anthropol., 71: 351-357.
- 福永哲夫, 金久博昭(1990): 日本人の体肢組成. 朝倉書店, 東京, pp14-20, pp68-73, pp52-57.
- 福永哲夫, 松尾彰文, 石田良恵, 角田直也, 内野滋雄, 大久保真人(1989): 超音波Bモード法による皮下脂肪厚および筋厚の測定法の検討. Jpn. J. Med. Ultrasonics, 16: 170-177.
- Hayes, P. A., P. J. Sowood, A. Belyavin, J. B. Cohen and F. W. Smith (1988): Sub-cutaneous fat thickness measured by magnetic imaging, ultrasound, and calipers. Med. Sci. Sports Exerc., 20: 303-309.
- Haymes, E. M., H. M. Lundegren, J. L. Loomis and E. R. Buskirk (1976): Validity of the ultrasonic technique as a method of measuring subcutaneous adipose tissue. Ann. Human Biol., 3: 245-251.
- 北川薫(1984): 肥満者の脂肪量と体力. 杏林書院, 東京, pp27-32, pp33-39.
- 丸山康子, 飯塚幸子, 吉田敬一(1991): 超音波法による日本人青年の皮下脂肪厚分布の性差. Ann. Physiol. Anthropol. 10: 61-70.
- Rahn, H., W. O. Fenn and A. B. Otis (1949): Daily variations of vital capacity, residual air. and

- expiratory reserve in cluding a study of residual air method. *J. Appl. Physiol.*, 1: 725-736.
- 佐藤方彦(1988): 日本人と体組成. 小宮秀一, 佐藤方彦, 安河内 朗(著), 体組成の科学, 初版, 朝倉書店, pp152-158.
- Sloan, A. W. (1967): Estimation of body fat in young men. *J. Appl. Physiol.*, 23: 311-315.
- Tan, C. Y., B. Statham, R. Marks and P. A. Payne (1982): Skin thickness measurement by pulsed ultrasound: its reproducibility, validation and variability. *Br. J. Dermatol.*, 106: 657-667.
- Volz, P. and S. M. Ostrove (1984): Evaluation of a portable ultrasonoscope in assessing the body composition of college-age women. *Med. Sci. Sports Exerc.* 16: 97-102.
- Weits, T., E. J. Van Der Beek and M. Wedel (1986): Comparison of ultrasound and skinfold caliper measurement of subcutaneous fat tissue. *Int. J. Obesity*, 10: 161-168.
- Weiss, L. W. and F. C. Clark (1985): The use of B-mode ultrasound for measuring subcutaneous fat thickness on the upper arms. *Res. Quart. Exerc. Sport*, 56: 77-81.
- 湯浅景元, 福永哲夫(1987): Bモード超音波法による皮下脂肪厚測定の正確度. *体力科学*, 36: 31-35.
- 湯浅景元, 後藤佐都美, 川口純子(1987): 女子の皮下脂肪厚分布パターン. *体力科学*36: 629.
- (1991年8月20日受付)

石田 良恵  
Yoshie ISHIDA

女子美術大学 東京都杉並区和田1-49-8  
Woman's College of Fine Arts  
1-49-8 Wada, Suginami-ku, Tokyo, Japan.