日本人の皮下脂肪厚の記述疫学的研究

矢ヶ崎信子* 豊川 裕之**

The Frequency of Subcutaneous Fat Thickness of the Japanese by Sex and Age

Nobuko YAGASAKI* and Hiroyuki TOYOKAWA**

The subcutaneous fat thickness was investigated to obtain the general characteristics of Japanese fat distribution by sex and age. Our subjects consist of 1,477 males and 1,933 females of all age groups in various localities in Japan. The newly developed A-mode type ultrasonic instrument was utilized to measure fat thickness including such locations as biceps, triceps, subscapula, suprailiac, thigh anterior, thigh posterior, and calf. The data obtained were analyzed by mean, standard deviation, and percentile. Our findings are summarized as follows:

- 1) It is confirmed that the subcutaneous fat layer of females is thicker than that of males.
- 2) Examining the ratio of upper-arm and trunk in subcutaneous fat layer, i.e. (biceps + triceps)/(subscapula + suprailiac), the adults' ratios are smaller than those of infants, and adult males accumulate more fat abdominally than adult females do.
- 3) The percentiles we obtained will provide the criteria for subcutaneous fat thickness of the Japanese by sex and age.

I は じ め に

超音波を利用した計測専用機(Aモード式超音波皮脂厚計)を用いて、日本人の皮下脂肪厚(以後、皮脂厚とする)を測定し、性・年齢・部位別の代表値を観察した。従来、皮脂厚は各種の skin-fold caliper で計測されてきたが、その精度は皮膚を挟む(skinfold)手技に起因する計測上の限界を乗り越えることができなかった。しかし、肥満が成人病との関連で先進国に注目され、また、るいそうが、飢えや小児栄養失調との関連で開発途上

国で注目されるようになったので、精度の高い皮脂厚計の開発が必要となり、その皮脂厚の正常域と異常域の判定が望まれている。このような要望を受け、超音波技術の進歩とともに、超音波を用いて皮脂厚を測定する試みが行われている。

皮脂厚は、在来の皮脂厚計を用いた報告では、上腕後部、肩甲骨下角部などの限られた部位の計測しか行われていないが、11歳・12歳頃から上腕部の皮脂厚に性差が顕著になる。つまり、女性は増加し、男性は減少すると言われている(Johnston et al, 1974)。また、男女とも成人期におい

* 女子栄養大学栄養学部臨床栄養学研究室

** 東邦大学医学部公衆衛生学教室

* *Department of Clinical Nutrition, Faculty of Nutrition, Kagawa Nutrition College*

** *Department of Public Health, Toho University School of Medicine*

ては体幹（肩甲骨下角部と腸骨稜上部）に皮下脂肪の沈着が進む傾向があり、かつ、肩甲骨下角部は男女とも40歳代を最大として以後減少傾向を示すと言われている（厚生省，1985）。また、成人女性の皮下脂肪の分布状況には体幹の皮下脂肪が多い男性型と、逆に四肢に多めに分布する女性型とに分けられるとも報告されている（Ashwell et al, 1978）。本論文は、Aモード式超音波皮脂厚計を用いて性・部位・年齢別に皮脂厚の代表値を求めるとともに、在来の skinfold caliper を用いた上述の知見についても観察した。

II 対象と調査地区・期間

対象人数は表1に示されている。男性は新生児から95歳までの1,477人、女性が新生児から88歳までの1,933人で、男女あわせて3,410人である。年齢構成については、新生児および乳幼児期・青少年期に関しては新生児、3、4、5、6、7、12、15、19歳と各年齢別にまとめ、成年期については、10歳きざみに70歳以上までの6年代にまとめた。但し、15歳は男性のみであり、19歳は女性のみである。また、本研究における新生児とは生後24時間以内の新生児に限定している（今井・豊川、

1987）。調査地区は、系統的に選定されたわけではなく、できる限り日本全国にわたって標本抽出することを図って、調査をする機会を与えられたところには必ず出向いて計測することに努めたが、本調査期間では秋田県、富山県、群馬県、千葉県、東京都、神奈川県、静岡県、岐阜県、大分県の9地区にとどまった。しかし、地区としては大都市、地方都市、農村、農山村を含んでいる。なお、新生児については東京大学医学部附属病院産婦人科において計測したものであり、3歳から15歳は東京都内における幼稚園および学校施設の健康診断受診者、19歳の女性は某地方大学の学生である。20歳以上の成人男女は、保健所などの地域や事業所で実施された集団検診の受診者と東京大学医学部附属病院に通院する外来患者であり、その割合は、事業所の成人病検診受診者が578人（24.1%）、地域における集団検診の受診者が1,666人（69.4%）、病院外来患者が158人（6.5%）である。いずれの場合も多人数を短時間で測定しなければならないという制約があり、集団検診時の制約（時間、空間および人手等の制限）の厳しさに応じて計測項目を適宜削減させてのデータ収集であったため、標本数は計測部位によって不揃いとなった。このような標本の性質を考慮して、対象者の地域特性や職業特性などの要因については触れずに一括して集計した。調査期間は1983年4月から1986年7月である。

III 計測項目および計測方法

1. 身長および体重

対象者の皮脂厚を計測するとともに、身長、体重の二項目を測定した。

2. 皮脂厚の計測部位

皮脂厚の計測部位はすべて左側であり、厚木（1933）や東（1954）が用いた Erdheim の格子線を参考に、左右あわせて18体部位を実際に検討し（豊川ほか，1984a）、このうち Keys・Brozek（1953）や Katch（1983）が採用している部位を含めた7部位（図1）を次のように選定した。

上肢は以下の2点とする。

表1 対象者の年齢構成及び人数

年 齢 (歳)	男 性 (人)	女 性 (人)	合 計 (人)
新生児	83	88	171
3	19	20	39
4	103	71	174
5	114	101	215
6	27	21	48
7	61	58	119
12	73	83	156
15	59	0	59
19	0	27	27
20~29	24	91	115
30~39	126	288	414
40~49	230	365	595
50~59	229	358	587
60~69	177	231	408
70歳以上	152	131	283
合 計	1477	1933	3410

図1 計測部位 (左側)

- ① 上腕前部：肩峰点と肘窩との中点。
- ② 上腕後部：肩峰点と肘頭との中点。
体幹は以下の2点とする。
- ③ 肩甲骨下角部：肩甲骨下角の下端より垂直2 cm 下。
- ④ 腸骨稜上部：腋窩中線と腸骨稜上部から近位2cm との交点。
下肢は以下の3点とする。
- ⑤ 大腿前部：上前腸骨棘点と膝蓋骨下端との中点。
- ⑥ 大腿後部：大腿前部計測点の水平まうしろ。
- ⑦ 下腿後部：膝窩と踵点との近位3分の1。

対象者の姿勢は、上腕前部および腸骨稜上部を計測する時は肘を完全に伸展させて手掌を前面にむけた解剖学的立位で、その他の計測部位の時は手掌を体側にむけて腕を下に垂らした自然立位の状態(和才・嶋田, 1975)にさせて計測した。

3. 皮脂厚の計測方法

皮脂厚の計測に際しては、Aモード式超音波皮

脂厚計のTATT TH-500を用いた。探触子(probe)の皮膚接触面にゼリー(心電図用伝導ゲル)を塗布し、計測部位に探触子をあてると、探触子より送信されるパルスが生体組織間の音響インピーダンス(密度×音波)の異なる脂肪と筋組織との境界面から反射され、再び同一探触子に受信され、反射波信号を増幅、検波し、その波形をブラウン管面に表示させる。そして、表示された反射波の中から脂肪と筋肉との境界からの反射波(これを標的波と呼ぶ、豊川ほか, 1984b)を同定し、体表から筋肉までの距離(音波が往復する時間×1/2を音速で除したもの)を皮脂厚として計測するものである。つまり、皮膚の厚さも含む。波形の読み取りにあたっては、完全自動式のモードIと、精度は高まるがコントローラー操作を行なうために高度の技術を要する半自動式のモードIIがある。本研究の計測値はモードIIによるものである。なお、超音波の周波数は5MHz(波長0.3 mm)、皮下組織中の音波速度は1540m/secとして距離に換算している。

IV 検討内容

1. 対象者の身長、体重の平均値を全国平均(昭和59年度学校保健統計調査、昭和58年度国民栄養調査、昭和55年度乳幼児身体発育調査)と比較を行ない、標本の偏りについて検討する。

2. 皮脂厚の7部位(上腕前部、上腕後部、肩甲骨下角部、腸骨稜上部、大腿前部、大腿後部、下腿後部)のそれぞれについて、性別・年齢別に平均値と標準偏差を算出し、性差および年齢変化を観察する。

3. 皮脂厚のうち各年齢ごとの標本数が50人以上の部位、すなわち上腕前部、上腕後部、肩甲骨下角部、腸骨稜上部については、上肢と体幹との対比から年齢に伴う皮下脂肪の沈着傾向を検討する。

4. さらに、3の項目で挙げられた4部位のうち、これまでのskinfold caliperでも計測点として最も多く採用されてきた上腕後部、肩甲骨下角部、腸骨稜上部のパーセンタイル値(3, 10, 25,

50, 75, 90, 97%) を求め, 性別・年齢別に体部位ごとの皮脂厚の分布による肥満・るいそうの判定基準を提示する。

なお, 性差の検討に用いた t-検定を含めて, すべての統計処理は東京大学大型計算機センターの HITAC M200H を利用した。

V 結 果

1. 対象者の身体状況に係わる計測項目, 身長と

体重の平均値と全国平均値との比較

本調査標本の平均値は, 昭和55年度乳幼児身体発育調査(厚生省, 1984), 昭和59年度学校保健統計調査(文部省, 1984), 昭和58年度国民栄養調査(厚生省, 1985)の全国平均と比較すると, 身長(図2), 体重(図3)いずれについても, 7歳の男女は国民栄養調査と学校保健統計調査のいずれの全国平均よりも幾分大きく, 70歳以上の女性は国民栄養調査結果よりもわずかに小さいが, 他の年代

図2 全国平均との比較(身長)

図3 全国平均との比較(体重)

については大きな格差は見られなかった。また、身長・体重が男女とも10歳代半ばまでに顕著に増大するといった、年齢ごとの平均値の系統的な動きについてはよく一致した。体重は全国平均(国民栄養調査)では男性が30歳代で女性が40歳代で最大となるが、本資料では男性が20歳代で女性が19歳で最大となっている。しかし、表1に示されるように、それぞれの年代の対象者数が24人と27人というように少ないため、標本数が50人以上の者だけにしぼって観察すると、男女とも40歳代が

最大値となった。

性差は身長・体重とも12歳までは認められないが、成人男女では明らかとなり($p < 0.01$)、その差は身長が40歳代、体重が50歳代で最も大きくなった。以上のことから、本研究の標本がわが国の平均的体格をあらわすものとして充分と考えられる。

2. 各部位における皮脂厚値の性差及び年齢変化

1) 上肢の皮脂厚について

表2 上腕前部の皮脂厚値(性別・年齢別)

年 齢 (歳)	男 性 平均値±標準偏差(人数)	女 性 平均値±標準偏差(人数)	t 値
	mm	mm	
新生児	3.6±0.7(83)	3.6±0.5(88)	— 0.48
3	4.6±0.7(19)	4.5±0.9(20)	(0.19)
4	4.2±0.9(103)	4.6±1.0(71)	(— 2.67)**
5	4.0±1.0(114)	4.5±0.9(101)	(— 3.85)***
6	3.8±0.9(27)	4.5±1.0(21)	(— 2.74)**
7	4.7±1.7(61)	6.1±2.3(58)	— 3.66 ***
12	5.7±2.5(73)	6.6±2.2(83)	(— 2.36)*
15	3.8±1.3(59)	— (—)	
19	— (—)	4.8±1.0(26)	
20~29	3.8±0.9(21)	5.2±1.4(88)	
30~39	3.6±1.2(107)	5.5±1.6(276)	—12.78***
40~49	3.8±1.3(197)	6.1±2.0(338)	—16.09***
50~59	3.4±1.1(186)	6.2±2.2(338)	—19.28***
60~69	3.4±1.2(171)	6.2±2.5(230)	—14.83***
70歳以上	3.5±1.2(151)	6.0±2.6(130)	— 9.82***

t 値：*p<0.05, **p<0.01, ***p<0.001, df(n-2), ()内は等分散.

表3 上腕後部の皮脂厚値(性別・年齢別)

年 齢 (歳)	男 性 平均値±標準偏差(人数)	女 性 平均値±標準偏差(人数)	t 値
	mm	mm	
新生児	4.0±0.7(83)	4.1±0.7(88)	(— 0.87)
3	7.5±1.9(19)	8.1±1.5(20)	(— 1.08)
4	7.0±1.3(103)	7.9±1.6(71)	(— 3.95)***
5	6.9±1.2(114)	8.0±1.5(101)	— 5.90 ***
6	6.9±1.3(27)	8.1±1.6(21)	(— 2.93)**
7	8.2±2.0(61)	9.5±1.9(58)	(— 3.71)***
12	10.0±3.5(73)	10.8±2.5(83)	(— 1.63)
15	5.9±1.7(59)	— (—)	
19	— (—)	10.1±1.4(27)	
20~29	6.7±2.0(24)	10.1±2.6(91)	
30~39	6.2±1.9(126)	11.7±2.8(287)	—22.90***
40~49	6.5±2.3(229)	12.1±2.9(365)	—28.12***
50~59	5.9±1.8(218)	12.2±3.1(352)	—30.23***
60~69	6.1±1.9(177)	12.3±3.7(231)	—22.00***
70歳以上	6.3±2.0(151)	11.6±3.6(130)	—14.74***

t 値：*p<0.05, **p<0.01, ***p<0.001, df(n-2), ()内は等分散.

上腕前部, 上腕後部の皮脂厚の平均値及び標準偏差を男女別にまとめたのが表2, 表3である. いずれの部位も女性の方が男性よりも皮下脂肪が厚く, 上腕後部では新生児の時期で既に女兒の方が男児よりも厚くなっているが, 統計分析によって明らかな性差が認められたのは4歳からであり

($p<0.01$), 上腕前部は40歳代で, 上腕後部は50歳代でその差が最大となった. しかし, 12歳児の皮脂厚の平均値に限ってみると, 上腕前部ではわずかに性差($p<0.05$)がみられながらも, 同年齢の上腕後部では有意な差が認められなかった. 上肢の皮脂厚の年齢変化についてみると, 上腕前部に

表4 肩甲骨下角部の皮脂厚値(性別・年齢別)

年 齢 (歳)	男 性 平均値±標準偏差(人数)	女 性 平均値±標準偏差(人数)	t 値
	mm	mm	
新生児	3.1±0.6(83)	3.1±0.6(88)	(- 0.62)
3	4.1±1.0(19)	4.9±0.7(20)	(- 2.85)**
4	4.2±1.0(102)	4.8±1.2(71)	(- 3.89)***
5	4.0±1.0(114)	4.7±1.1(101)	(- 5.50)***
6	4.2±1.2(27)	4.7±0.9(21)	(- 1.49)
15	5.6±1.5(59)	— (—)	
19	— (—)	6.7±1.5(26)	
20~29	7.4±2.2(20)	6.8±1.7(76)	
30~39	7.5±1.9(60)	7.8±2.2(89)	(- 0.76)
40~49	7.6±2.2(82)	8.1±2.0(133)	(- 1.74)
50~59	7.1±2.0(108)	8.2±2.6(157)	- 3.80***
60~69	7.3±2.4(75)	8.3±3.1(90)	- 2.45*
70歳以上	7.0±2.6(96)	8.3±3.1(70)	- 2.88**

t 値: *p<0.05, **p<0.01, ***p<0.001, df(n-2), ()内は等分散.

表5 腸骨稜上部の皮脂厚値(性別・年齢別)

年 齢 (歳)	男 性 平均値±標準偏差(人数)	女 性 平均値±標準偏差(人数)	t 値
	mm	mm	
新生児	3.2±0.5(83)	3.5±0.6(88)	(- 3.17)**
3	4.8±1.4(19)	6.3±1.9(20)	(- 2.83)**
4	5.1±1.7(103)	5.8±1.6(71)	(- 2.96)**
5	5.0±1.5(114)	5.9±1.8(101)	(- 4.08)***
6	4.8±2.0(27)	5.9±1.9(21)	(- 2.10)*
15	6.3±2.2(59)	— (—)	
19	— (—)	9.5±2.6(24)	
20~29	10.9±3.5(19)	10.7±3.9(74)	
30~39	10.8±3.3(53)	13.2±5.1(78)	- 3.32 **
40~49	11.7±3.8(66)	14.7±5.4(106)	- 4.30***
50~59	9.7±3.9(83)	15.4±6.8(140)	- 7.90***
60~69	9.3±3.2(72)	14.3±5.7(89)	- 6.91***
70歳以上	9.0±3.7(95)	12.7±5.3(70)	- 5.05***

t 値: *p<0.05, **p<0.01, ***p<0.001, df(n-2), ()内は等分散.

おける最大値は男女とも12歳であり, 成人女性の皮脂厚は男性よりも幾分厚いながらも12歳児の値よりも小さくなっている。上腕後部の皮脂厚では, 男性は12歳の10.0mmが最大であり, 成年期の5.9mmが最小で, その値は3歳から7歳までの幼児期の皮下脂肪の厚さよりもうすくなっている。これに対して, 女性の場合は年齢が高くなるにつれて皮下脂肪が厚くなり, 19歳・20歳代で10.1mmといった皮脂厚の値が小さくなるが, 60歳代で

12.3mmと最大になっている。つまり, 上腕後部の皮下脂肪の厚さは12歳を分岐点に年齢が高くなるにつれ男性は減少傾向を, 女性は増加傾向を示すといった著しい違いがみられた。

2) 体幹部の皮脂厚について

肩甲骨下角部, 腸骨稜上部の皮脂厚の平均値及び標準偏差は表4と表5である。これらの2部位は, 計測上の都合で7歳児と12歳児のデーター収集を行うことができなかった。また, 対象者の検

診時の脱衣状況が影響し、上肢部の標本数よりも幾分少なくなっている。

肩甲骨下角部の皮下脂肪は20歳代を除いた全年代において女性の方が男性よりも厚いが、性差が認められたのは3歳、4歳、5歳、50歳以上であった。年齢変化は、男女とも4歳から5歳にかけてわずかに減少がみられるが、男性は40歳代で、女性には60歳以上で最大となった。

腸骨稜上部の皮下脂肪は、新生児で既に性差がみられ、女性の方が男性よりも厚い。このうち、20歳代の皮脂厚の値は男女ともほぼ同じであったが、これは標本数の違いが影響している。年齢変化では、男女とも4歳から6歳にかけてわずかに

増減がみられるがそれ以降は増加している。特に、20歳を過ぎると増加が顕著となり、男性は40歳代の11.7mmで、女性には50歳代の15.4mmで最大となった。

3) 下肢の皮脂厚について

下肢部の皮脂厚測定は体幹部よりもさらに時間的制約があり、標本数も少ない。大腿前部(表6)と大腿後部(表7)とが20歳以下の年代で一部データ収集を可能にしたが、下腿後部(表8)は成人のみであった。

大腿前部、大腿後部、下腿後部のいずれの部位の皮脂厚も、標本数の影響でばらつきがあるが、全年代において皮下脂肪の厚さは女性の方が男性

表6 大腿前部の皮脂厚値(性別・年齢別)

年 齢 (歳)	男 性 平均値±標準偏差(人数)	女 性 平均値±標準偏差(人数)	t 値
	mm	mm	
新生児	3.6±0.7(83)	3.6±0.6(88)	(0.81)
3	7.2±1.4(19)	7.9±1.7(20)	(- 1.40)
4	6.5±1.4(103)	7.9±1.7(71)	(- 5.70)***
5	6.4±1.4(114)	7.8±1.6(101)	(- 6.84)***
6	6.5±1.4(27)	8.0±2.0(21)	(- 3.28)**
19	— (—)	13.2±2.8(24)	
20~29	7.6±1.0(6)	13.0±2.7(57)	
30~39	8.9±1.4(4)	14.6±3.9(12)	
40~49	5.6±2.1(5)	12.2±3.3(22)	
50~59	6.5±2.5(18)	12.6±5.6(35)	- 5.45***
60~69	8.1±2.8(41)	13.1±4.9(41)	- 5.66***
70歳以上	7.0±2.8(75)	14.7±5.5(41)	- 8.47***

t 値: *p<0.05, **p<0.01, ***p<0.001, df(n-2), ()内は等分散。

表7 大腿後部の皮脂厚値(性別・年齢別)

年 齢 (歳)	男 性 平均値±標準偏差(人数)	女 性 平均値±標準偏差(人数)	t 値
	mm	mm	
4	5.9±1.2(9)	7.0±1.4(7)	(- 1.58)
5	5.9±1.3(16)	7.4±2.0(16)	(- 2.46)*
6	6.5±1.3(6)	12.0±2.3(24)	
20~29	10.4±0.0(1)	11.8±2.3(57)	
30~39	8.8±3.0(4)	14.7±5.9(12)	
40~49	6.0±1.9(3)	11.7±4.8(21)	
50~59	8.0±2.9(12)	13.0±6.6(29)	- 3.37**
60~69	8.0±2.8(19)	11.0±4.3(32)	- 3.08**
70歳以上	6.9±2.3(35)	10.4±3.5(33)	- 4.87***

t 値: *p<0.05, **p<0.01, ***p<0.001, df(n-2), ()内は等分散。

よりも厚い。また、成年期に限ってみると、大腿前部は各年齢での増減がみられるのに対して、大腿後部と下腿後部は加齢とともに減少する傾向がある。

3. 上肢と体幹との関係

これまで、個別に皮脂厚の平均値を示してきたが、大きく分けて四肢と体幹によって男女の差ばかりでなく年齢的な意義もまた異なる。そこで、

表8 下腿後部の皮脂厚値(性別・年齢別)

年 齢 (歳)	男 性 平均値±標準偏差(人数)	女 性 平均値±標準偏差(人数)	t 値
	mm		
20~29	5.8±1.4(6)	7.4±0.0(1)	
30~39	6.2±1.2(4)	7.7±2.1(12)	
40~49	3.9±1.4(5)	5.9±1.5(22)	
50~59	5.1±1.9(17)	7.4±3.5(35)	- 3.01**
60~69	4.7±1.3(41)	6.3±2.1(41)	- 4.47***
70歳以上	4.8±1.7(74)	6.8±2.2(41)	- 5.02***

t 値: * $p<0.05$, ** $p<0.01$, *** $p<0.001$, $df(n-2)$, ()内は等分散。

図4 上肢と体幹との関係

図5 上腕後部のパーセンタイル値
(性別・年齢別皮脂厚値)

図6 肩甲骨下角部のパーセンタイル値
(性別・年齢別皮脂厚値)

図7 肩胛稜上部のパーセンタイル値
(性別・年齢別皮脂厚値)

上肢における上腕前部と上腕後部の皮脂厚の平均値と、体幹における肩甲骨下角部と腸骨稜上部の皮脂厚の平均値を求め、この二つの値の年齢に伴う増減をみたのが図4である。これは上肢と体幹との関係を対比的にみており、この比は、上肢の皮脂厚値を体幹の皮脂厚値で除しているため、1の値よりも小さければその値は上肢よりも体幹により多くの皮下脂肪が沈着していることを意味している。成年期では、男性が0.5~0.7と女性の0.8~1.1の値を下回り、男性は女性に比べて年齢とともに体幹への肥厚が著しくなっていることを示唆した。

4. 皮脂厚のパーセンタイル値

上腕後部、肩甲骨下角部、腸骨稜上部の3部位の皮脂厚をそれぞれ男女別・年齢別にパーセンタイル値であらわした。上腕後部は図5に、肩甲骨下角部は図6に、腸骨稜上部は図7に示した。50パーセントにおける皮脂厚値即ち中央値を表3~表5で算出した算術平均値と比較すると、60歳代の女性の上腕後部を除くいずれの部位についても、男女とも、そしてどの年齢においても、平均値の方が中央値よりわずかに大きかった。また、平均値と中央値との差は、12歳男児と70歳以上の

女性の上腕後部が0.9mm、30歳代および50歳代の女性の腸骨稜上部が1.0mmと1.3mmであったのが最大であり、その他では-0.3~0.7mmの範囲の差であったが、大部分では中央値の平均値とはほぼ近い値であった。このうち、パーセンタイル値による皮脂厚の分布の変化では、上腕後部の12歳男児および腸管稜上部の50歳代女性では、75パーセント、90パーセント、97パーセントでの皮脂厚の値が特に大きくなっていった。

VI 考 察

1. Aモード式超音波皮脂厚計による計測の背景と意義

本研究は、日本人の皮脂厚を初めてAモード式超音波皮脂厚計を用いて計測し、その性、年齢、部位別分布を報告したものである。本研究で集計した超音波皮脂厚値を国民栄養調査資料に記載されている榮研式皮脂厚計による皮脂厚値(榮研皮脂厚値)と比較すると計測値自体は一致しないが、性、年齢、部位別の分布について系統的にみると榮研式、超音波式のいずれも高年齢層ほど皮脂厚が増し、ある年齢(男女によって若干異なる)に達すると減少するという一連の傾向は符号する。しかしながら、系統的にみた場合でも詳細に比較すると皮脂厚が最大となる年齢は、比較できた部位すなわち上腕後部と肩甲骨下角部では、榮研皮脂厚値は男女ともいずれも40歳代であるのに対して、超音波皮脂厚値は上腕後部・肩甲骨下角部とも男性が40歳代で、女性が60歳代で最大値となるといった年齢差がある。しかも、榮研式による計測によれば50歳以上の皮脂厚の減少割合がかなり大きく、これに対して、超音波式による計測値では70歳代から減少しその減少量は榮研式の場合とはかなりくい違いがみられる。このことは、皮膚の緊張度(skin tone)に由来するためであり、Brožek・Kinzey(1960)は、20歳から69歳までの男性の腕、腹、背中、ふくらはぎの4部位の計測値がcaliperの圧力(20gm/mm², 10gm/mm²)によって年齢的な変化の実験を行っており、いわゆるsenile elastosis(老人性線維症)のように皮膚

にしわがよってたるんだ張りの無い者ほど皮下組織の性状が圧力の影響を受けやすいので、それだけ老年者の皮脂厚の測定もまた困難であることを指摘している。また、本研究の対象者の計測部位は、上腕前部、上腕後部、肩甲骨下角部、腸骨稜上部、大腿前部、大腿後部、下腿後部の7部位を選定したが、下肢部の大腿前部と大腿後部は、従来の skinfold caliper では皮膚を挟みにくく、被検者に苦痛を与えるため測定が難しいと言われていた部位である。こうした皮脂厚計測に際しての皮膚の弾力性 (skin tone) に起因する誤差については、Himes et al (1979) は計測値を補正することが必要であると述べているが、補正式や具体的な補正值は示すに至っていない。超音波法による皮脂厚値と skinfold caliper との比較については、豊川ら (1983a, 1983b) が比較検討を行っている。その結果、猪口 (1958) の屍体解剖による直接法や、弘島 (1954) の生体 (大腿部) を切開して直接計測する場合と同様に、skinfold caliper と超音波法とは一致せず超音波法による皮脂厚値は skinfold caliper の絶対値の1.3~2.0倍であった。さらには、性、年齢、肥満度によっても両法の計測値は異なることを認めた。このように、skinfold caliper による計測値は検体要因によって複雑に変動するのである。そのうえ、計測者のクセと技能などの計測者要因も計測値を著しく変動させるので、超音波計測が確立するならば skinfold caliper に取ってかわることができるであろう。

2. 標本の偏りと計測部位の限局について

A モード式超音波皮脂厚計の信頼性については、大腿部における皮脂厚の計測値が超音波法と X 線 CT 法とで一致したこと (豊川ほか, 1984b)、測定者間の計測の検討では上腕部の皮脂厚値が最も安定している (豊川ほか, 1984c)、計測技術の熟練に伴って計測誤差が小さくなる (豊川ほか, 1985) などを明らかにしてきたが、さらには、B モード式超音波法との比較 (石田ほか, 1985) や、skinfold caliper との比較で計測者間および計測者内誤差を求めること (Hatano et al, 1987) に

よって精度の高さを確立してきた。しかし、本調査の対象抽出は計画的に行われたものではなく偏りがあることは否定しきれない。対象地区は、日本全国のうちわずか9県にすぎず、しかもおもに東京都周辺の地域に集中した。超音波皮脂厚計の精度は skinfold caliper 法に勝るものとはいえ、本報告の内容にも精度上の弱点がある。その原因の大部分は対象 (標本) の抽出の偏りに起因する。つまり、本研究の対象者 (標本) 抽出は研究当初から計画的に行われたものではなく、調査可能な対象を逐次調査したものであるその偏りを否定することはできない。しかし、対象者の身長及び体重の平均値である限りでは、昭和58年度国民栄養調査結果 (厚生省, 1985) の全国平均値と比較して類似の値が得られたので著しい偏りのある対象者であるとは言い切れない。皮脂厚値の標本数については各部位とも一様ではなく限られた時間内に比較的多い例数を計測したため、集団検診においてみられるように計測項目を随時減らさなければならなかった。しかしながら、本研究では保健活動において被検者に生じる圧迫感も少なく、かつ正常値を明らかにして欲しいという要望の強い部位を計測しているので実用には問題ない。今後さらに調査を継続するにあたり、都道府県全体から地域構造と対象者の職業など、社会的な背景を考慮にいった系統的な標本抽出をおこなうことによって皮脂厚の分布に若干の変動があるかもしれないが、かなり大規模な標本調査を行わない限りこの種の誤差は解決できない。

3. 既報資料との比較

超音波式皮脂厚計による皮脂厚値の性・年齢別の分布についての報告はほとんどない。唯一、Masser (1972) が3歳から14歳までの男女 (男児578名、女児616名) について、上腕後部、肩甲骨下角部、腸骨稜上部の3部位における皮脂厚を超音波法で計測している。しかし、多くの研究者は超音波法と他の計測法による皮脂厚値との比較のために記載してあるのみで、本研究の意図した内容を盛り込んだ報告は現在のところ見当たらない。特に、わが国において本研究が最初の報告で

ある。これに対し、skinfold caliperによる皮脂厚の分布については数多くの文献が報告されている。日本では、公的資料として前述の国民栄養調査があり、15歳以上の上腕後部、肩甲骨下角部の2部位の皮脂厚値が報告されている。Johnston et al (1974)の報告によれば、男児の上腕後部の皮下脂肪の厚さのピークは11～12歳であり、17歳で最も減少している。本研究のAモード式超音波皮脂厚計による値もまた、男児の12歳においてピークが認められた。また、3歳から6歳の男女にみられる皮脂厚の増減もまたMasser (1972)の結果と似ており、発育過程における伸長期及び活動期に伴う減少の一側面と考えられる。さらに、20歳代の女性ではいずれの部位も皮脂厚の値が小さいことは、国民栄養調査やJohnston et al (1974)の結果と一致しないが、保志 (1984)は本研究と同様の結果をみとめており、現代の若い女性が幾分やせの傾向にあることを示している。

上肢と体幹との関係では、乳幼児期で体幹よりも上肢に皮下脂肪が沈着し、ある時期をすぎるとその関係は逆転し成人期において体幹が肥厚する傾向は男女にみられ、特に男性にその傾向が強い。これらの現象は、八木 (1930)、Edwards (1950)が既に報告しており、50歳代の女性が体幹（中心部）に皮下脂肪の沈着が最大となるのは閉経後の婦人の特徴 (Edwards, 1951) といえる。これは、四肢（周囲）の皮下脂肪が減少し相対的に四肢よりも体幹のほうが比が大きくなるものと考えられる。Garn (1957)、Ashwell (1978)は女性の皮下脂肪の分布を中心（体幹）に集まる“男性型”と周囲（四肢）に分散する“女性型”に分けている。これらの研究と本研究結果とを照合すると、女性の大腿前位が男性よりも皮下脂肪が厚いことから示唆される。しかし、女性は皮下脂肪の量が男性よりも多く、皮脂厚による肥満度の判定は容易であるが、Borkan et al (1982)が指摘するように、男性は腹部の内臓周辺に脂肪が蓄積されるタイプ、すなわち内臓脂肪型（垂井・松沢, 1985）の肥満が多いので、皮脂厚から体脂肪量の推定するときは十分に注意する必要がある。

VII ま と め

本論文は、Aモード式超音波皮脂厚計を用いて得た日本人の性・年齢・部位別の皮下脂肪の代表値に関する初めての全年齢階層にわたる報告であり、新生児から老人にいたる男女あわせて3,410人の上腕前部、上腕後部、肩甲骨下角部、腸骨稜上部、大腿前部、大腿後部、下腿後部の7部位について報告した。このうち、下肢部の大腿前部と大腿後部は、従来のskinfold caliperでは皮膚を挟みにくく、被検者に苦痛をあたえるため計測が難しいために、ほとんど報告されていなかった。

性・年齢別の皮脂厚は女性の方が男性よりもすべての部位およびすべての年齢で大きいこと、上腕後部では12歳以降に男女差が顕著になること、そして、体幹の肩甲骨下角部・腸骨稜上部の皮脂厚値は、中高年齢層までは増加するが、ある年齢に達すると減少することは、在来のskinfold caliperによる報告を支持した。しかしながら、詳細に検討すると、超音波法の皮脂厚値はskinfold caliperのそれよりもやや大きめになること、皮脂厚が最大となるのが成人女性の上腕後部及び肩甲骨下角部ではskinfold caliperが40歳代なのに対し、超音波皮脂厚計では60歳代であるといった相違があった。特に、高年齢になるにつれて皮脂厚の減少度合は、skinfold caliperの方が急激であり、この違いがskinfold caliperの計測値が緊張度 (skin tone) に影響されやすいことが容認された。また、新生児、幼児、少年の各期の経年変化を、断面調査ではあるが、上肢と体幹の皮脂厚値の関連性をみると、幼年期ではむしろ上肢に皮下脂肪が厚く、成人期では上肢よりもむしろ体幹に厚くなる。これは成人型の傾向として注目され、20歳以上の男女はともに上腕後部または大腿前部よりも腸骨稜上部の方が皮下脂肪が多く、特に、男性の方が女性よりも相対的に多いことが示された。すなわち、男性では体幹の皮下脂肪の関与が大きく、女性では四肢に皮下脂肪が多く分布するという性差を定量的に観察した。

文 献

- Ashwell, M., Chinn, S., Stalley, S., Garrow, J.S. (1978): Female fat distribution—A photographic and cellularity study, *Int. Journal Obesity*, 2, 289—302
- 厚木 学 (1933): 日本人初生児ノ皮下脂肪分布ニ就テ, *東京医学会雑誌*, 47(9), 165—198
- Borkan, G.A., Gerzof, S.G., Robbins, A.H., Hults, D. E., Silbert, C.K., Silbert, J.E. (1982): Assessment of abdominal fat content by computed tomography, *Am. J. Clin. Nutr.*, 36, 172—177
- Brožek, J., Kinzey, W. (1960): Age changes in skinfold compressibility, *J. Gerontol.*, 15, 45—51
- Edwards, D.A.W. (1950): Observations on the distribution of subcutaneous fat, *Clin. Sci.*, 9, 259—270
- Edwards, D.A.W. (1951): Differences in the distribution of subcutaneous fat with sex and maturity, *Clin. Sci.*, 10, 305—315
- Garn, S.M. (1957): Fat Weight and fat placement in the female, *Science*, 125, 1091—1092
- Hatano, S., Fujita, T., Toyokawa, H., Kimura, N. (1987): Between- and with in-examiner variations in the measurement of subcutaneous fat using standard skinfold calipers and an A-mode type ultrasonic device, In Y. Yamori and C. Lenfant ed., *Prevention of cardiovascular diseases: An approach to active long life*, 145—150, Elsevier Science Publishers V.V., (New York)
- 東 定 (1954): 皮膚皺襞法による九州日本人生體皮下脂肪の分布に関する研究, 第1編, 所謂皮膚皺襞法, 特にその計測誤差に就て, 熊本大学医学部解剖学教室業績, 20, 1—27
- Himes, J.H., Roche, A.F., Siervogel, R.M. (1979): Compressibility of skinfolds and the measurement of subcutaneous fatness, *Am. J. Clin. Nutr.*, 32, 1734—1740
- 弘島慶勝 (1954): 生体に就いてのエーダー氏皺襞法による計測値と切開断面に於ける直接計測値との比較に就いて, *通信医学*, 6(3), 193—195
- 保志 宏 (1984): 『日本人の体格調査報告書』からみた日本人の体格・体型所見, *人類学雑誌*, 92(4), 281—293
- 今井留香, 豊川裕之 (1987): 早期新生児の皮下脂肪厚, *民族衛生*, 53(1), 14—37
- 猪口清一郎 (1958): 皮下脂肪厚計測法としての皮膚皺襞法と直接法との関係, *解剖学雑誌*, 33(2), 163
- 石田良恵, 角田直也, 金久博昭, 福永哲夫 (1985): 超音波皮脂厚計の検討, *体力科学*, 34(2), 91—97
- Johnston, F.E., Hamill, P.V.V., Lemeshow, S. (1974): Skinfold thickness of Youths 12—17 years United States, *Vital and Health Statistics*, 11, 132, 1—68
- Katch, F.I. (1983): Individual differences of ultrasound assessment of subcutaneous fat: Effects of body position, *Human Biology*, 55(4), 789—795
- Keys, A., Brožek, J. (1953): Body fat in adult man, *Physiological reviews*, 33(3), 245—325
- 厚生省保健医療局健康増進栄養課編 (1985): 昭和60年度国民栄養の現状, 昭和58年国民栄養調査成績, 105—107, 第一出版社, (東京)
- Masser, R. (1972): Die Ultraschallmessung der subcutanen Fettgewebsdicke zur Beurteilung des Ernährungszustandes von Kindern, *Z. Kinderheilk.*, 112, 321—331
- 財団法人厚生統計協会 (1984): 厚生指標, 臨時増刊, *国民衛生の動向*, 31(9), 476—489, (東京)
- 垂井清一郎, 松沢佑次編 (1985): 肥満—基礎と臨床—, 129—141, 医薬ジャーナル社, (東京)
- 豊川裕之, 丸井英二, 木村信子, 高石昌弘 (1983a): 集団健診における超音波皮脂厚計と Skinfold caliper (榮研式, Harpenden 武)の計測値の比較, 第42回日本公衆衛生学会総会講演集, *日本公衆衛生雑誌*, 30(11), 273
- 豊川裕之, 木村信子, 丸井英二, 河内まき子, 保志 宏 (1983b): Skinfold caliper と超音波皮脂厚計の計測値の比較, 第48回民族衛生学会総会講演集, *民族衛生*, 49, 256—257
- 豊川裕之, 木村信子, 佐伯圭一郎 (1984a): 男子 66 名 (50—80歳)の18体部位の皮脂厚について, 第49回日本民族衛生学会総会講演集, *民族衛生*, 50, 168—169
- 豊川裕之, 木村信子, 丸井英二 (1984b): A-mode 式超音波皮脂厚計の実用化のための基礎的研究 (第1報), 大腿部における標的波の同定の妥当性, *日本公衆衛生雑誌*, 31(1), 14—20
- 豊川裕之, 木村信子, 丸井英二 (1984c): A-mode 式超音波皮脂厚計の実用化のための基礎的研究, 上腕・伸側部計測値の安定性, *民族衛生*, 50(4), 197—204
- 豊川裕之, 佐伯圭一郎, 木村信子, 今井留香, 西川浩昭 (1985): A モード武超音波皮脂厚計による計測値の計測者間誤差, 第50回日本民族衛生学会総会講演集, *民族衛生*, 51, 72—73
- 和才嘉昭, 嶋田智明 (1975): 測定と評価, *リハビリテーション医学全書* 5, 35—36, 医歯薬出版株式会社, (東京)
- 八木高次 (1930): 栄養標尺としての上膊囲の意義並びにその規準について, 其二, 日本人に於ける皮下脂墊の發育に就いて—日本人に対する Oeder 氏脂墊法の批判—, *労働科学研究*, 7(4), 649—741