

超音波断層法によるアメリカ成人の  
筋厚・皮下脂肪厚分布

安部 孝, 福永 哲夫

東京大学教養学部

Ultrasonographic Measurements of Subcutaneous Fat and  
Muscle Thickness in American Men and Women

Takashi Abe and Tetsuo Fukunaga

Dept. of Sports Sciences, College of Arts and Sciences,  
The University of Tokyo

**Abstract**

Recent research has suggested that the pattern of fat deposition may be an important prediction of risk factor for atherogenesis. The purpose of the present study was to measure the body fat and muscle thickness distribution in American men and women. One hundred and six men (aged 20 to 59 years) and 95 women (aged 20 to 59 years) participated in assessment of the subcutaneous fat muscle thicknesses on the upper arm (biceps and triceps), the thigh (quadriceps and hamstrings), abdomen and subscapula using ultrasonography. Subcutaneous fat thickness at abdomen and subscapula in American-Mexican was significantly greater than that of White American. However, no significant difference was noted for the upper arm and the thigh. Subcutaneous fat thickness was greater in women than in men on the upper arm and the thigh with no significant difference on the abdomen. At all sites tested, men had greater muscle thickness than women. Increase in subcutaneous fat thickness due to aging was observed on the upper arm for men and on the abdomen and the thigh in women. Quadriceps muscle thickness was less at older subjects in both sexes; however, no significant difference with aging was noted on the hamstrings. From those results, it was suggested that there was site-specificity in the effect of aging on subcutaneous fat and muscle thickness.

## 緒言

これまでのウエスト/ヒップ比に代表される肥満の体型区分の研究では、糖尿病や高血圧、高脂血症など動脈硬化症の危険因子の出現率が、脂肪が蓄積する部位に関連することを報告している<sup>2)3)</sup>。また最近では、キャリパー法による各部位の皮下脂肪厚や<sup>1)</sup>、放射線を用いた脂肪分布状態<sup>7)</sup>と危険因子との関係が報告され、肥満を体脂肪率から評価するだけでなく、脂肪分布の面からも評価することが注目されている。

脂肪分布を評価する方法にはいくつかあるが、福永ら<sup>4)</sup>は、身体各部位での組織厚を測定する方法として、超音波断層法は正確性、再現性の面から優れた方法であることを報告している。この方法は皮下組織を映像として表示でき、単に皮下脂肪組織だけでなく、筋組織の厚さも同時に測定できる特徴がある。また、キャリパー法で問題とされる皮下脂肪層のつまみ出しの程度差や皮膚の張りの個人差、部位差などの影響がなく、放射線を用いた測定で問題となる被爆等も除去できる利点がある。さらに、肥満の状態を皮下脂肪と筋の両方から評価でき、身体の活動状態や栄養状態を把握するうえで極めて有効な指標と考えられる。

アメリカ国民の虚血性心疾患による死亡率は我が国の数倍と高く<sup>10)</sup>、その成因として肥満との関連性が示唆されている。現在、我が国でも肥満者の増加が社会問題となっており、アメリカにおける肥満の状態を皮下脂肪厚および筋厚分布の面から検討することは、今後我が国の肥満の状態を観察する重要な基礎資料となるであろう。

そこで本研究では、アメリカ成人男女の皮下組織厚分布を超音波断層法を用いて測定し、性差および加齢変化について検討した。

## 方法

### 1. 調査対象

対象はカリフォルニア州ロサンゼルス(Los Angeles)在住のアメリカ白人201名(男子106名、女子95名)およびアメリカ・メキシコ人(以下メキシコ人とする)43名(男子21名、女子22名)であった。各年齢別の人数を表1に示した。対象の年齢分布は、アメリカ白人が20歳代から50歳代、メキシコ

人が20歳代、30歳代であった。調査に参加した対象者には、前もって測定内容や安全性について説明を行ない参加の同意を得るとともに、アンケート用紙により性、年齢および人種<sup>13)</sup>の確認を行った。また、測定結果の説明はその場で行ない、翌日には結果の評価表を配付するようにした。本調査は一般企業、ダイエット・センターおよびスポーツ・クラブの3ヶ所で行われ、参加者は全てボランティアであった。

### 2. 測定方法

超音波断層像の撮影には、ALOKA社製のSSD-120型を用いた。装置の超音波発振周波数は5MHzで、電子走査スキャンを備えた探触子の幅は15mm長さ60mmであった。測定部位は全てからだの右側で、図1に示した上腕前面(Biceps)、

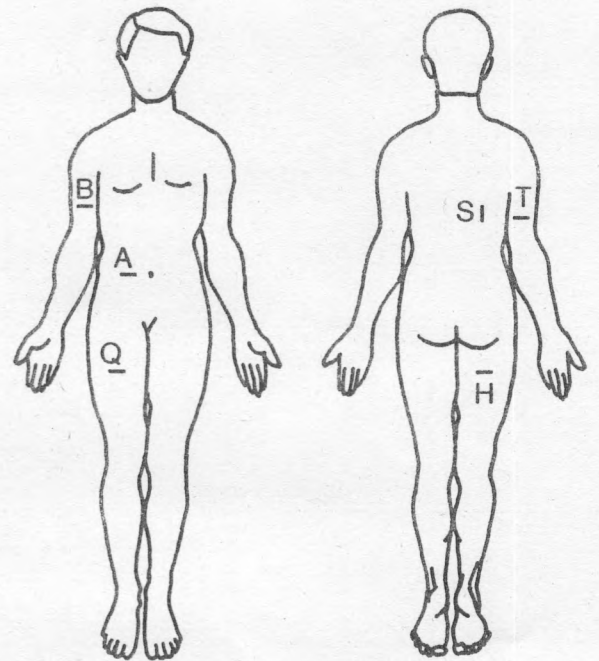


Fig 1. Sites on the body surface selected and coded. B: Biceps, A: Abdomen, Q: Quadriceps, T: Triceps, S: Subscapula, H: Hamstrings.

上腕後面(Triceps)、臍部(Abdomen)、肩甲骨下部(subscapula)、大腿前面(Quadriceps)および大腿後面(Hamstrings)の計6部位であり、上腕は肩峰点から上腕骨長の遠位60%の位置、大腿は大転子点から大腿骨長の50%の位置であった。被験者には立位姿勢で、腕を自然にたらしたりラ



ックスした状態をとらせ、超音波用ゼリーを塗布した探触子を測定部位の皮膚面に垂直にあてて断層像を得た。図2にはそれぞれの部位での断層画像を示した。皮膚と探触子の接触面である画面上部より皮下脂肪と筋の境界線(筋膜)までを皮下脂肪厚、その境界線より骨(体肢)あるいは腹腔(体幹)までを筋厚として各組織の幅を計測した。また、測定時にブラウン管上で皮下脂肪層と筋層

の判断が困難と思われた場合には、被験者に測定部位の筋を収縮してもらい、脂肪層と筋層の判断を行なった。なお、測定法の正確性や再現性については前報<sup>4)</sup>で確認されている。

3. 統計処理

結果は全て平均値±標準偏差で示し、有意性の検定は Student's t-test をもちいて行ない、危険率5%以下を有意とした。

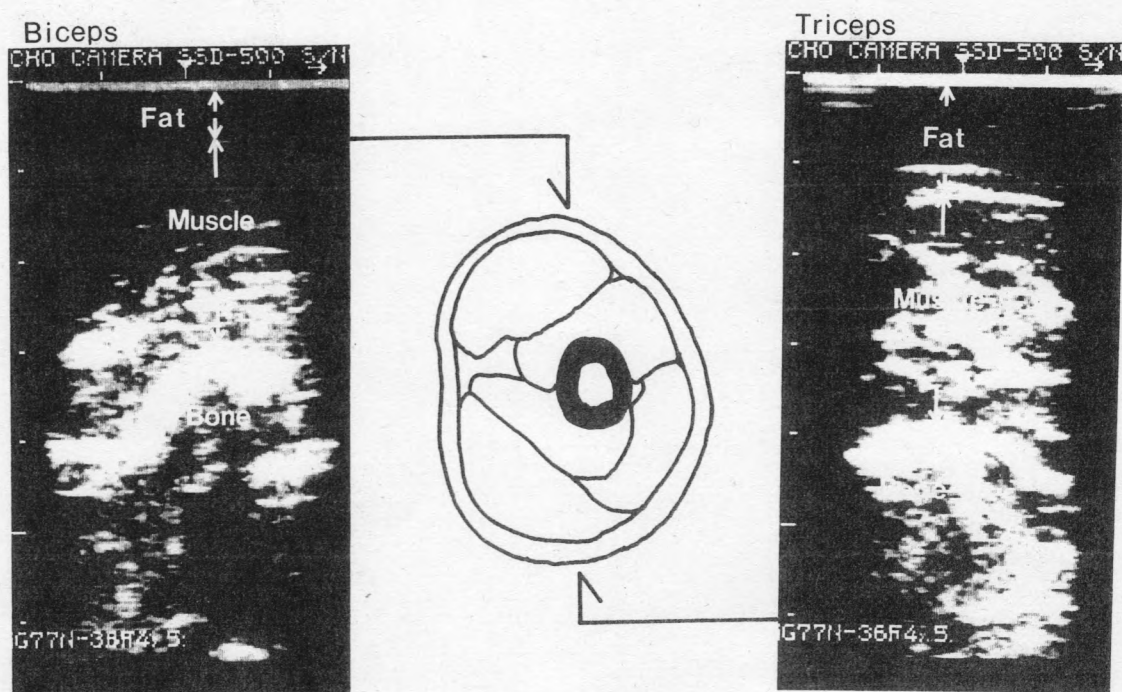


Fig. 2a. Ultrasonographic images of Upper arm (biceps & triceps).

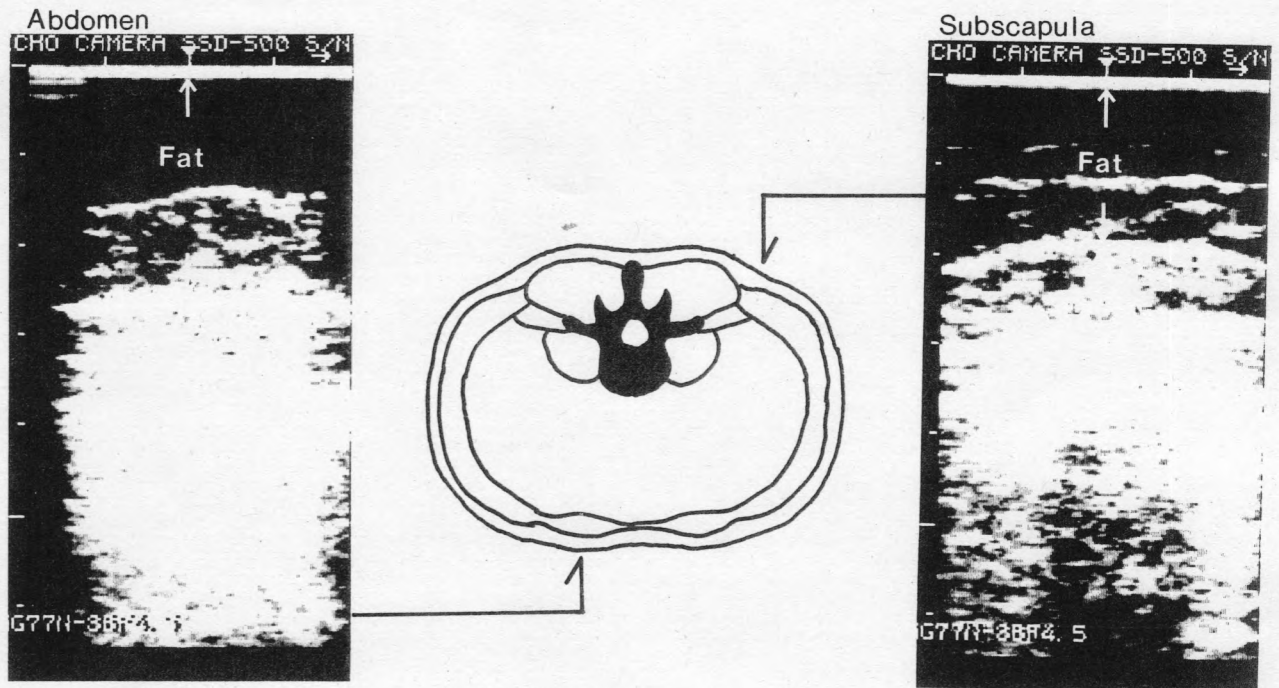


Fig. 2b. Ultrasonographic images of abdominal and Subscapular sites.

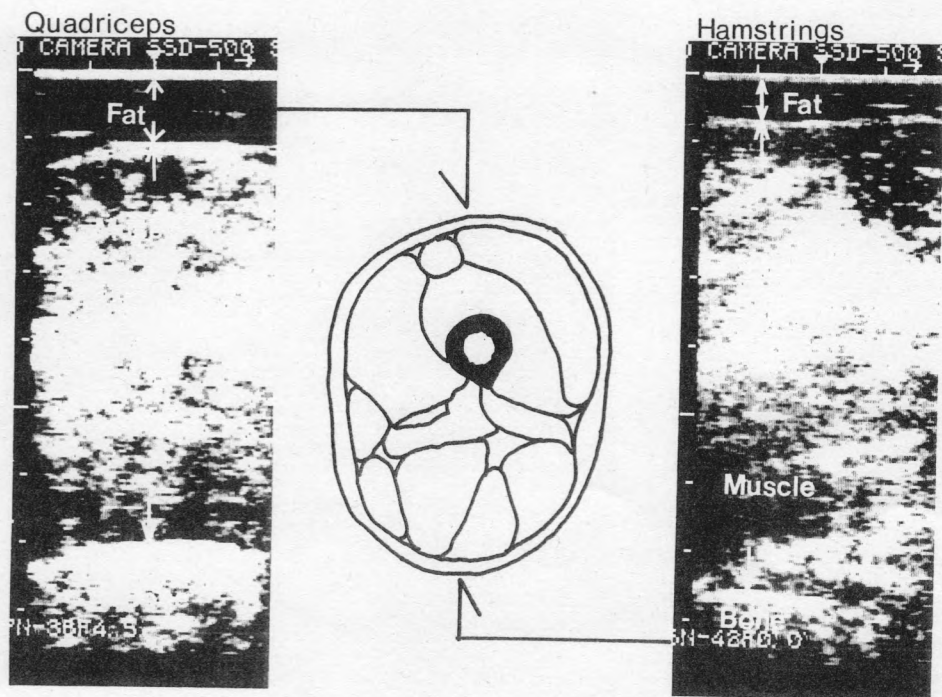


Fig. 2c. Ultrasonographic images of thigh (quadriceps & hamstrings)



## 結果

## 1. アメリカ白人とメキシコ人の比較

各年齢ごとの男女の身体特性を表1に示した。体格指数であるBMI(体重/身長<sup>2</sup>)は男女ともメキシコ人が高く、30歳代で有意差が認められた。同様にWHR(ウエスト/ヒップ比)はメキシコ人が有意に高値であった。表2には各部位の皮下脂肪厚を男女別に示した。アメリカ白人とメキシコ人では、男女とも上腕部、大腿部には有

意な差は認められなかった。しかし、臍部および肩甲骨下部ではメキシコ人が男女とも高値を示し、一部を除き有意差が認められた。各部位の筋厚を男女別に示したのが表3である。女子ではアメリカ白人とメキシコ人との間に各部位とも有意差は認められなかった。男子では、20歳代の肩甲骨下部および大腿部前面でアメリカ白人とメキシコ人との間に有意差を認めたが、他の部位や30歳代では有意差が認められなかった。

Table 1. Mean levels of Anthropometric variables by age class and sex

Age class (years)	N	Height (cm)	Weight (kg)	BMI (kg/m <sup>2</sup> )	WHR
White Americans					
Male:					
20-29	24	178 ± 8	79 ± 12	24.8 ± 3.3	0.83 ± 0.04
30-39	34	179 ± 6	78 ± 11	24.1 ± 3.0	0.85 ± 0.04
40-49	28	178 ± 7	80 ± 12	25.2 ± 2.7	0.88 ± 0.04
50-59	20	176 ± 7	76 ± 11	24.4 ± 3.5	0.89 ± 0.07
Female:					
20-29	29	164 ± 6	61 ± 10	22.8 ± 3.6	0.74 ± 0.06
30-39	26	165 ± 7	58 ± 11	21.2 ± 2.9	0.72 ± 0.03
40-49	25	166 ± 6	63 ± 12	22.6 ± 4.3	0.73 ± 0.07
50-59	15	160 ± 5	63 ± 11	24.8 ± 4.7	0.79 ± 0.08
American Mexican					
Male:					
20-29	15	172 ± 8*	78 ± 11	26.4 ± 3.3	0.88 ± 0.06*
30-39	6	171 ± 8*	83 ± 15	28.5 ± 4.1*	0.91 ± 0.05*
Female:					
20-29	17	160 ± 6*	61 ± 10	23.9 ± 3.8	0.75 ± 0.05
30-39	5	156 ± 3*	61 ± 12	25.2 ± 4.8*	0.78 ± 0.04*

Values are mean ± SD. BMI, body mass index; WHR, waist-to-hip ratio.

\*p<0.05, \*p<0.01 for the difference from White American.

## 2. 性差

アメリカ白人, メキシコ人ともに男子のBMIは各年齢で女子よりも有意に高い値を示し, WHRでも同様に男子が高値 ( $p < 0.01$ ) を示した (表1)。皮下脂肪厚では, 各年齢ともに上腕部および大腿部の4部位すべてにおいて女子が有意な高値 ( $p < 0.05$ ) を示したが, 臍部, 肩甲骨下部の体幹部ではアメリカ白人20歳代の臍部 ( $p < 0.05$ ), 50歳代の肩甲骨下部 ( $p < 0.01$ ) を除いて各年齢で有意差は認められなかった (表2)。筋厚は各年齢ともに男子が女子に比べ有意な高値 ( $p < 0.01$ ) を示した。

## 3. アメリカ白人の加齢変化

加齢によるBMIの有意な増加は男女ともに認められないが, WHRは増加の傾向にあった (表1)。男子の皮下脂肪厚では, 上腕部や臍部に加齢による増加傾向がみられ, 上腕前面が30歳代と50歳代 ( $p < 0.05$ ), 上腕後面が20歳代と50歳代 ( $p < 0.05$ ), 臍部が20歳代と40歳代 ( $p < 0.05$ ) でそれぞれ有意差が認められた。しかし, 肩甲骨下部や大腿部の前後では有意な変化がみられなかった。女子では臍部の30歳代と50歳代 ( $p < 0.01$ ), 肩甲骨下部の50歳代と他の全ての年代 ( $p < 0.05$ ), 大腿前面の20歳代と40歳代 ( $p < 0.05$ ), 大腿後面の30

Table 2. Mean levels of subcutaneous fat thicknesses at 6 sites of the body.

Age class (years)	Subcutaneous fat thickness (mm)					
	Biceps	Triceps	Abdomen	Subscapula	Quadriceps	Hamstrings
White Americans						
Male:						
20-29	5.6 ± 1.4	7.9 ± 2.8	20.2 ± 10.8	11.9 ± 5.7	9.5 ± 3.2	10.1 ± 3.4
30-39	5.3 ± 1.7	8.6 ± 3.1	24.2 ± 11.0	10.1 ± 3.3	10.0 ± 3.7	10.0 ± 3.9
40-49	6.0 ± 1.4	9.4 ± 2.6	27.6 ± 11.3	15.0 ± 5.5	10.4 ± 3.3	9.1 ± 2.4
50-59	6.3 ± 1.6	9.8 ± 3.3	26.6 ± 12.9	11.6 ± 2.7	10.1 ± 3.2	8.5 ± 1.9
Female:						
20-29	8.6 ± 4.0	14.7 ± 4.0	27.4 ± 13.5	13.2 ± 5.3	17.1 ± 4.7	18.5 ± 7.1
30-39	7.7 ± 2.7	14.2 ± 3.7	20.6 ± 12.1	11.3 ± 5.6	17.7 ± 4.8	17.5 ± 5.9
40-49	8.8 ± 2.7	15.9 ± 4.2	28.0 ± 18.3	13.0 ± 7.4	20.1 ± 5.9	21.8 ± 6.7
50-59	10.7 ± 4.2	16.5 ± 5.0	35.9 ± 19.8	17.7 ± 8.8	20.5 ± 8.9	18.8 ± 8.1
American Mexican						
Male:						
20-29	4.6 ± 1.6	7.6 ± 2.0	31.4 ± 18.2*	17.1 ± 7.0*	8.0 ± 2.1	8.6 ± 2.0
30-39	4.7 ± 1.9	7.7 ± 2.3	30.2 ± 9.4	17.7 ± 2.7*	9.0 ± 2.9	7.7 ± 1.9
Female:						
20-29	7.7 ± 3.7	15.1 ± 3.7	28.5 ± 13.9	13.9 ± 5.1	17.3 ± 4.2	17.3 ± 5.8
30-39	7.2 ± 2.4	15.6 ± 4.1	33.0 ± 12.4*	17.6 ± 7.9*	17.6 ± 4.1	15.4 ± 4.0

Values are mean ± SD. \* $p < 0.05$ , \*\* $p < 0.01$  for the difference from White American.



歳代と40歳代 ( $p < 0.05$ )において加齢による有意な増加がみとめられ、男子では加齢による皮下脂肪厚増加の部位が上腕部と臍部であったのに対し、女子では体幹部と大腿部に認められた。各部位の筋厚は、男女とも加齢にともないその値は減少する傾向にあり、男子では上腕部後面 ( $p < 0.01$ )、肩甲骨下部 ( $p < 0.01$ ) および大腿部前面 ( $p < 0.01$ )

において20歳代と他の全ての年齢との間に有意差が認められた。女子でも臍部の20歳代と50歳代 ( $p < 0.05$ )、肩甲骨下部の20歳代と40歳代 ( $p < 0.05$ ) および大腿部前面の20歳代と30歳代、50歳代 ( $p < 0.05$ ) で有意差が認められた。しかし、男女とも大腿部後面では各年齢間に有意差は認められなかった (表3)。

Table 3. Mean levels of skeletal muscle thickness at 6 sites of the body

Age class (years)	Muscle thickness (mm)					
	Biceps	Triceps	Abdomen	Subscapula	Quadriceps	Hamstrings
White Americans						
Male:						
20-29	36.1 ± 6.8	36.4 ± 9.4	15.8 ± 3.5	22.4 ± 5.6	53.9 ± 7.2	63.6 ± 8.3
30-39	33.7 ± 5.3	29.6 ± 7.4	14.0 ± 2.5	18.4 ± 3.9	47.5 ± 6.3	60.7 ± 7.5
40-49	33.9 ± 5.5	29.3 ± 5.9	13.0 ± 2.8	18.3 ± 3.8	48.9 ± 6.0	60.5 ± 8.4
50-59	31.2 ± 3.2	28.6 ± 8.7	13.2 ± 3.6	17.4 ± 3.6	45.7 ± 8.1	59.6 ± 3.9
Female:						
20-29	20.8 ± 3.8	19.7 ± 6.1	11.2 ± 2.1	15.2 ± 3.7	45.0 ± 5.3	52.5 ± 6.1
30-39	21.9 ± 3.8	19.2 ± 5.1	10.4 ± 2.1	14.1 ± 4.7	40.5 ± 6.9	51.4 ± 6.3
40-49	22.5 ± 3.7	18.7 ± 5.5	10.1 ± 2.1	13.1 ± 2.8	42.5 ± 10.2	51.8 ± 9.4
50-59	20.7 ± 5.2	19.1 ± 5.1	8.7 ± 2.8	16.1 ± 3.5	40.5 ± 5.0	50.4 ± 10.5
American Mexican						
Male:						
20-29	33.1 ± 3.6	34.2 ± 6.4	14.9 ± 2.7	18.5 ± 5.2*	48.3 ± 5.8*	62.8 ± 6.3
30-39	36.0 ± 6.5	34.3 ± 2.8	16.0 ± 1.5	20.2 ± 4.2	48.0 ± 6.2	57.8 ± 10.7
Female:						
20-29	21.9 ± 3.9	20.5 ± 4.9	11.0 ± 2.0	14.6 ± 3.8	41.9 ± 8.2	51.0 ± 7.8
30-39	25.0 ± 5.1	23.8 ± 3.6	8.6 ± 1.9	17.0 ± 2.9	44.6 ± 5.0	56.5 ± 11.3

Values are mean ± SD. \* $p < 0.05$  for the difference from White American.

## 考 察

皮下脂肪の分布パターンをキャリパー法を用い、肩甲骨下部 / 上腕背部の比から検討したHaffner et al.<sup>8)</sup>の報告では、メキシコ人はアメリカ白人に比較して男女ともこの比が高く、体幹部脂肪の蓄積が大きいことを認めている。20~30歳代を対象に、メキシコ人とアメリカ白人の皮下脂肪厚分布を検討した本研究でも同様の結果が認められた。体幹部 (central) に脂肪が蓄積する肥満は体肢 (peripheral) 蓄積型の肥満よりも、成人病の危険因子とより密接な関係にあることが報告されている。たとえば、Despres et al.<sup>1)</sup>は身体6部位の皮下脂肪厚 (キャリパー法) と血清中の総コレステロール, HDL-コレステロール, トリグリセライドとの関係を検討したところ、体幹部 (肩甲骨下部, 腹部は測定していない) の皮下脂肪厚が他の部位よりも相関係数が高いことを報告している。また、Gillum et al.<sup>6)</sup>も同様に体幹部蓄積型の肥満と高血圧や耐糖能との密接な関係を確認している。このような先行研究から、アメリカ白人に比べメキシコ人の糖尿病などの疾病発生率が高い<sup>12)</sup>ことと、本研究のメキシコ人にみられた体幹部皮下脂肪厚の増加とはよく一致している。

近藤ら<sup>11)</sup>は、超音波断層法を用い東京在住の日本人成人男女の筋・皮下脂肪厚分布を測定している。それによると、加齢にともなう皮下脂肪厚の増加は男女とも腹部が顕著であり、上腕部や大腿部ではわずかな増加がみられる程度であることを報告している。本研究のアメリカ白人でも加齢による皮下脂肪厚の増加は他の部位よりも腹部で著しく、日本人の結果と同様の傾向を示している。また、近藤ら<sup>11)</sup>の結果と本研究の値を比較すると、日本人の皮下脂肪厚はアメリカ白人やメキシコ人に比べ各部位とも低値を示しており、特に女子の大腿部では顕著であった。石田ら<sup>7)</sup>は、フロリダ在住の20歳代白人女子と同年齢の日本人女子の比較を行なっているが、両群の超音波断層法により測定された皮下脂肪厚の差が顕著な部位は上腕後面と大腿後面で、日本人の値が低値であることを報告している。

Weiss et al.<sup>14)</sup>は、超音波断層法により男女 (18-26歳) の上腕部筋厚の測定を行ない、上腕

部前面では男子が28mm, 女子が19mm, 上腕部後面では男子が28mm, 女子が16mmという値を報告している。この値を本研究の20歳代の値と比較すると、男女とも本研究の値のほうが高値であった。この原因として、Weiss et al.<sup>14)</sup>の対象がスポーツ活動を実施していない一般学生であるのに対し、本研究の調査対象にはスポーツ・クラブ等で身体トレーニングを実践している者が含まれていることによるものと考えられた。

福永と金久<sup>5)</sup>は大腿部筋断面積は男女とも加齢による影響をほとんど受けないと報告している。しかし、本研究では男女とも大腿部後面の筋厚は加齢による変化がみられないが、大腿部前面では加齢にともない筋厚は低下していた。近藤ら<sup>11)</sup>の日本人の調査でも同様の結果が認められている。筋厚と筋断面積を単に比較することができないにせよ、今後、筋の加齢変化を筋群にわけて検討する必要もあろう。

## 謝 辞

本研究を実施するにあたり、調査会場の設定ならびに調査機関との交渉等でご協力いただいた、Pharmavite社のMr. Y. Yahiro, Mrs. N. Rosa測定にご協力いただいた日本大学の近藤正勝教授、女子美術大学の石田良恵教授、大阪市立大学の河端隆志講師の各氏に深く感謝いたします。本研究の一部は生理人類学会第24回大会 (東京, 1990) において発表した。

## 文 献

- (1) Despres, J-P., Allard, C., Tremblay, A., J., and Bouchard, C.: Evidence for a regional component of body fatness in the association with serum lipids in men and women. *Metabolism* 34:967-973, 1985.
- (2) Donahue, R. P., Abbott, R. D., Bloom, E., Reed, D.M. and Yano, K.: Central obesity and coronary heart disease in men. *Lancet* 821-823, 1987.
- (3) Freedman, D. S., Jacobsen, S. J., Barboriak, J. J. Sasse, E. A. and Gruchow, H.W.: Body fat distribution and male/female differences in lipids and lipoproteins. *Ci-*



- rculation 81:1498-1506, 1990.
- (4) 福永哲夫, 松尾彰文, 石田良恵, 角田直也, 内野滋雄, 大久保直人: 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, 超音波医学 16:170-177, 1989.
  - (5) 福永哲夫, 金久博昭: 日本人の体肢組成, 朝倉書店, 1990.
  - (6) Gillum, R. F. : The association of body fat distribution with hypertension, hypertensive heart disease, coronart heart disease, diabetes and cardiovascular risk factors in men and women aged 18-79. *J. Chronic Dis.* 40:421-428, 1987.
  - (7) Haarbo, J., Hassager, C., Riis, B. J. and Christiansen, C. : Relation of body fat distribution to serum lipids and lipoproteins in elderly women. *Atherosclerosis* 80:57-62, 1989.
  - (8) Haffner, S. M., Stern, M. P., Hazuda, H. P., Rosenthal, M. and Knapp, J. A. : The role of behavioral variables and fat patterning in explaining ethnic differences in serum lipids and lipoproteins. *Am. J. Epidemiol.* 123:830-839, 1986.
  - (9) 石田良恵, 近藤正勝, 安部孝, 福永哲夫: 日本人女子と白人女子の皮下脂肪厚と筋厚, 日本体育学会第41回大会号, 223, 1990.
  - (10) Keys, A. : Coronary heart disease in seven countries. *Circulation* 41(suppl. 1), 1970.
  - (11) 近藤正勝, 安部孝, 福永哲夫, 石田良恵, 朽木勤: 日本人男女の筋・皮下脂肪厚, 日本体育学会第41回大会号, 232, 1990.
  - (12) Reichley, K. B., Mueller, W. H., Hanis C. L., Joos, S. K., Tulloch, B. R., Barton, S. and Schull, W. J. : Centralized obesity and cardiovascular disease risk in Mexican Americans. *Am. J. Epidemiol.* 125:373-386, 1987.
  - (13) 寺田和夫: 人種の分類と分布, 『人種』(寺田和夫編, 人類学講座7) pp 147-182, 雄山閣出版, 1977.
  - (14) Weiss, L. W. and Clark F. C. : Ultrasonic measurement of upper-arm skeletal muscle thickness. *J. Sports Med.* 27:128-133, 1987.