

筋厚，皮下脂肪厚の分布と身体組成との関係

古 泉 一 久*

I. 緒 言

ヒトの体脂肪量と除脂肪量の割合を決定する要因には、性別、年齢、遺伝的影響、生活習慣等、様々な因子がある。全身の組成についての研究は Siri¹⁾ や Brozek ら²⁾ によって確立された、体密度から%Fatを推定する原理で行う水中体重秤量法が多く採用されている。これまで、あらゆる対象者についての身体組成が明らかにされてきた。

一方、身体各部位の組成の分布状態についても、今日の日ざましい測定技術の開発、進歩とともに徐々に明らかにされてきている。しかし、全身の組成と、身体各部位における組成との関係を比較検討しているものは数少ない。たとえば、体重あるいは体脂肪量が増えると、身体の中のどの部位の皮下脂肪に影響を及ぼすのか。または、体重あるいは除脂肪量が減るとどの部位の筋厚に影響を及ぼすのか。これらの情報が明らかになれば、普段の生活環境の中で健康的な生活を送るための有益な指標となりうる。

また、スポーツ競技の選手でも、それぞれの競技種目においては、その種目特有の筋厚、皮下脂肪厚の分布パターンがあるはずである。これは競技レベル等の違いによっても差があるであろうし、それらを明らかにすることができれば、競技選手のトレーニング目標としての形態的な指標と成りうる。

そこで本研究では、あらゆる対象者への基礎的段階としての、身体各部位における筋厚と除脂肪量との関係、身体各部位における皮下脂肪厚と体脂肪量との関係を明らかにしようとするものである。

II. 方 法

A. 対 象

対象は専門学校に所属し、定期的な運動習慣のない男子 18 名 (18 歳)、女子 21 名 (18~20 歳) とした。

* 城西大学理学部非常勤講師

B. 測定項目及び測定法

(1) 身体組成の測定

身体組成の測定は空気置換法（BOD POD, 米国：ライフ・メジャーメント社製）により身体密度を求め、Brozek の式³⁾ $((4.570/-4.142) \times 100)$ に代入して体脂肪率, 体脂肪量, 除脂肪量を算出した。また, 安静時肺気量は直接法にて算出した。

空気置換法の測定原理について

空気置換法による身体組成の測定では, 水中体重秤量法と同様に密度法を用いる。体脂肪率を算出するために必要な体密度は, 体重 (kg) / 体積 (L) で算出される。空気置換法は, この体積をボイルシャルルの法則に基づき算出している。本装置は主室と副室の同容量の二つの部屋から構成されており, 両部屋共通の壁には容積を変える機構 (ダイヤフラム) が設置されている。ダイヤフラムがコンピューター制御により振動すると, 二つの部屋を移動しはじめる。この際, 一方の部屋で容積が増加すると, もう一方の部屋では同量だけ容積が減少する。各部屋内の圧力はこの容積の変動に応答, その変化量を各部屋の相対的な大きさとして読みとる。一方の部屋に, 空室の状態から被験者が入った際の容積の変化で, その被験者の体積を計測する。

(2) 筋厚及び皮下脂肪厚の測定

筋厚と皮下脂肪厚については超音波 B モード法 (SM-206, 誠鋼社製) により身体 9 部位の測定を行った。測定部位は, 前腕: 橈骨点から橈骨長の遠位 30% 前面, 上腕: 肩峰点から上腕長遠位 50% 前面 (上腕二頭筋上) 及び後面 (上腕三頭筋上), 肩甲骨下角, 腹部: 皮下脂肪厚については臍部直上 3 cm, 筋厚については臍部横 3 cm, 大腿: 大転子点から大腿骨長の遠位 50% 前面 (大腿直筋上) 及び後面 (大腿二頭筋上), 下腿: 脛骨長の遠位 30% 前面 (前脛骨筋上) 及び後面 (腓腹筋上) であった。横断画像上, 表皮より皮下脂肪組織と筋組織との境界を示す反射波までを皮下脂肪厚とし, さらにその反射波から腹部では腹腔まで, 腹部以外では骨組織までを筋厚として計測した。測定の際, 被験者には楽な状態で起立姿勢をとらせ, 検者は探触子を被験者の皮膚面に対し垂直に軽く接触させた。この時, 被験者が測定部位の筋を過度に収縮しないよう配慮した。

C. 統計処理

測定値は平均値と標準偏差で示し, 平均値の比較は対応のない t 検定にて行った。また, 除脂肪量と筋厚との関係, 体脂肪量と皮下脂肪厚との関係は, いずれも直線回帰分析にて検定した。全て危険率は 5% 及び 1% 未満を有意水準とした。

III. 結 果

A. 身体組成の男女差

表1に被験者の身体組成の測定値を示した。身長、体重、除脂肪量、身長1m当たりの除脂肪量については女子より男子の方が高く ($p < 0.01$)、体脂肪量の項目では男子より女子の方が有意に高い値 ($p < 0.01$) が認められた。

表1 被験者の身体組成

	男子 (n=18)	女子 (n=21)
身長 (cm)	172.11±4.89**	159.32±6.11
体重 (kg)	66.17±5.40**	56.39±6.67
体脂肪量 (kg)	9.67±3.53**	15.24±3.96
除脂肪量 (kg)	56.31±4.44**	41.00±3.95
体脂肪率 (%)	14.48±4.65**	26.68±4.59
体脂肪量/身長 (kg/m)	5.62±2.08**	9.57±2.54
除脂肪量/身長 (kg/m)	32.72±1.98**	25.71±2.00

** $p < 0.01$

B. 身体各部位の筋厚と男女差

表2に身体各部位における筋厚の測定値を示した。各部位の筋厚を値の高い順にみると、男子では、大腿後面、大腿前面、下腿後面、下腿前面、上腕後面、上腕前面、前腕前面、肩甲骨下角、腹部の順であった。女子においても、前腕前面と肩甲骨下角の順番が入れ替わったのみで、それ以外は同じ順位であった。男女で比較をすると、全ての部位において女子より男子の方が高く、下腿後面を除いて有意な差が認められた ($p < 0.05$, $p < 0.01$)。男女の平均値で最も高い差を示したのは前腕前面であり、男子の値を100%とすると、女子の値は66%を示した。以下、差が大きい順にみると、上腕後面 (73%)、上腕前面 (78%)、下腿前面 (83%)、腹部 (84%)、肩甲骨

表2 身体各部位筋厚の男女比較

	男子 (n=18): mm	女子 (n=21): mm	有意水準
上腕前面	20.9±4.5	16.2±4.1	$p < 0.01$
上腕後面	24.3±4.4	17.8±5.0	$p < 0.01$
前腕前面	18.7±2.2	12.4±3.0	$p < 0.01$
腹部	14.4±1.6	12.1±2.0	$p < 0.01$
肩甲骨下角	16.9±3.7	14.5±1.9	$p < 0.05$
大腿前面	51.2±5.1	43.8±5.0	$p < 0.01$
大腿後面	57.5±6.2	50.3±6.3	$p < 0.01$
下腿前面	30.6±2.1	25.3±2.9	$p < 0.01$
下腿後面	35.8±6.2	32.6±6.6	—
筋厚総和	270.3±14.7	225.0±23.5	$p < 0.01$

下角と大腿前面（ともに 86%）、大腿後面（87%）、下腿後面（91%）であった。

C. 身体各部位の皮下脂肪厚と男女差

表 3 に身体各部位における皮下脂肪厚の測定値を示した。各部位の皮下脂肪厚を値の高い順にみると、男子では腹部が一番高く、以下、大腿後面、肩甲骨下角、大腿前面、上腕後面、下腿後面

表 3 身体各部位皮下脂肪厚の男女比較

	男子 (n=18): mm	女子 (n=21): mm	有意水準
上腕前面	4.2± 1.0	6.6± 1.5	p<0.01
上腕後面	5.6± 1.6	10.4± 2.8	p<0.01
前腕前面	3.6± 0.7	5.0± 0.9	p<0.01
腹部	11.7± 5.3	20.8± 8.5	p<0.01
肩甲骨下角	6.2± 2.0	10.9± 4.3	p<0.01
大腿前面	5.8± 1.5	11.4± 2.2	p<0.01
大腿後面	7.2± 2.9	13.2± 3.1	p<0.01
下腿前面	3.8± 0.9	6.3± 1.1	p<0.01
下腿後面	5.2± 1.4	8.3± 1.4	p<0.01
脂肪厚総和	53.2±14.0	93.0±14.9	p<0.01

面、上腕前面、下腿前面、前腕前面の順であった。女子でも腹部が一番高く、以下肩甲骨下角と大腿前面の順位が入れ替わったのみで、あとは同様であった。男女差では、全ての部位において男子より女子の方に有意に高い値が認められた (p<0.01)。女子の値を 100%として各部位を比較すると、差が大きい順に大腿前面 (51%)、上腕後面 (54%)、大腿後面 (55%)、腹部 (56%)、肩甲骨下角 (57%)、下腿前面 (60%)、下腿後面 (63%)、上腕前面 (64%)、前腕前面 (72%) であった。

D. 除脂肪量と身体各部筋厚との関係

表 4 に除脂肪量と身体各部位の筋厚との関係を示した。男子では、部位別で見ると、わずかに

表 4 除脂肪量と身体各部位筋厚の関係

	男子		女子		全体	
	相関係数	有意水準	相関係数	有意水準	相関係数	有意水準
上腕前面	r=0.33	—	r=0.33	—	r=0.56	p<0.01
上腕後面	r=0.49	p<0.05	r=0.25	—	r=0.63	p<0.01
前腕前面	r=0.19	—	r=0.47	p<0.05	r=0.78	p<0.01
腹部	r=0.17	—	r=0.02	—	r=0.49	p<0.01
肩甲骨下角	r=0.11	—	r=0.08	—	r=0.30	—
大腿前面	r=0.35	—	r=0.57	p<0.01	r=0.70	p<0.01
大腿後面	r=0.41	—	r=0.61	p<0.01	r=0.65	p<0.01
下腿前面	r=0.11	—	r=0.28	—	r=0.69	p<0.01
下腿後面	r=0.06	—	r=0.37	—	r=0.29	—
筋厚総和	r=0.56	p<0.05	r=0.59	p<0.01	r=0.83	p<0.01

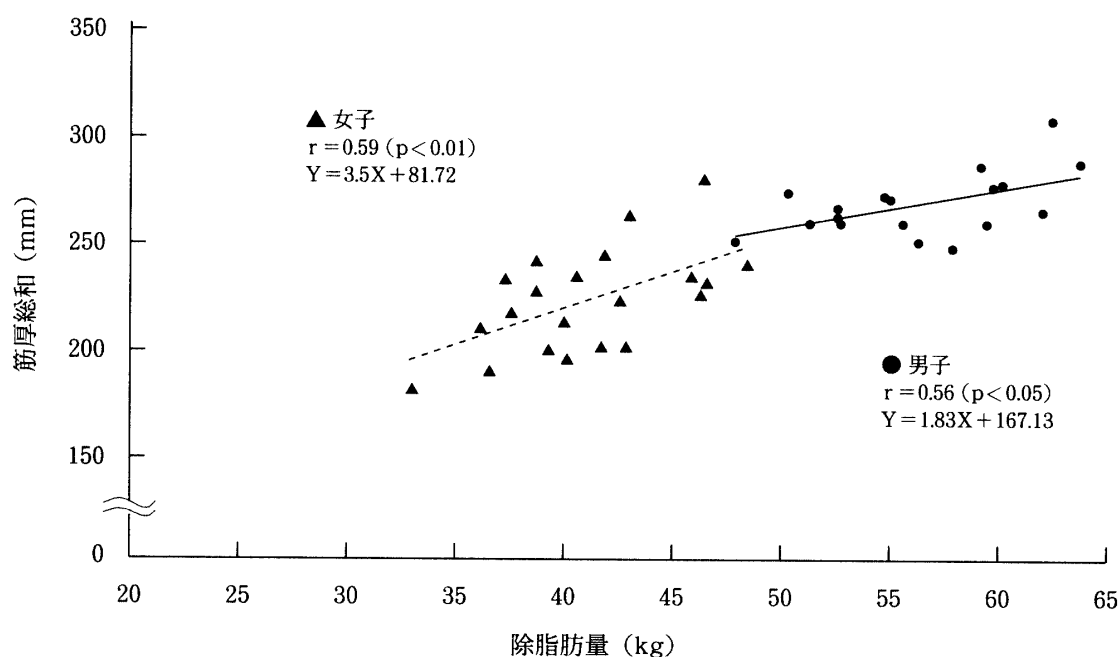


図1 除脂肪量と筋厚総和との関係

上腕後面で有意な関係がみられるだけで ($r=0.49$, $p<0.05$), あとは低い相関を示した。しかし, 筋厚総和でみると比較的高い相関がみられた ($r=0.56$, $p<0.05$)。女子では, 男子に比べてやや高い相関がみられた。部位別では前腕前面 ($r=0.47$, $p<0.05$), 大腿前面 ($r=0.61$, $p<0.01$), 大腿後面 ($r=0.61$, $p<0.01$) で有意な相関がみられた。また, 筋厚総和では, 個々の部位よりも高い相関を示した ($r=0.59$, $p<0.01$)。男女の筋厚総和と除脂肪量との関係を図1に示した。

E. 体脂肪量と身体各部皮下脂肪厚との関係

表5に体脂肪量と身体各部位の皮下脂肪厚との関係を示した。男子では全ての部位において有意に高い相関関係がみられた。中でも腹部が一番高い相関を示した ($r=0.83$, $p<0.01$)。女子で

表5 除脂肪量と身体各部位皮下脂肪厚の関係

	男子		女子		全体	
	相関係数	有意水準	相関係数	有意水準	相関係数	有意水準
上腕前面	$r=0.51$	$p<0.05$	$r=0.28$	—	$r=0.61$	$p<0.01$
上腕後面	$r=0.68$	$p<0.01$	$r=0.30$	—	$r=0.43$	$p<0.05$
前腕前面	$r=0.72$	$p<0.01$	$r=0.59$	$p<0.01$	$r=0.77$	$p<0.01$
腹部	$r=0.83$	$p<0.01$	$r=0.95$	$p<0.01$	$r=0.85$	$p<0.01$
肩甲骨下角	$r=0.53$	$p<0.05$	$r=0.52$	$p<0.05$	$r=0.67$	$p<0.01$
大腿前面	$r=0.74$	$p<0.01$	$r=0.62$	$p<0.01$	$r=0.79$	$p<0.01$
大腿後面	$r=0.78$	$p<0.01$	$r=0.41$	—	$r=0.74$	$p<0.01$
下腿前面	$r=0.66$	$p<0.01$	$r=0.31$	—	$r=0.68$	$p<0.01$
下腿後面	$r=0.61$	$p<0.01$	$r=0.33$	$p<0.01$	$r=0.69$	$p<0.01$
皮下脂肪厚総和	$r=0.88$	$p<0.01$	$r=0.84$	$p<0.01$	$r=0.89$	$p<0.01$

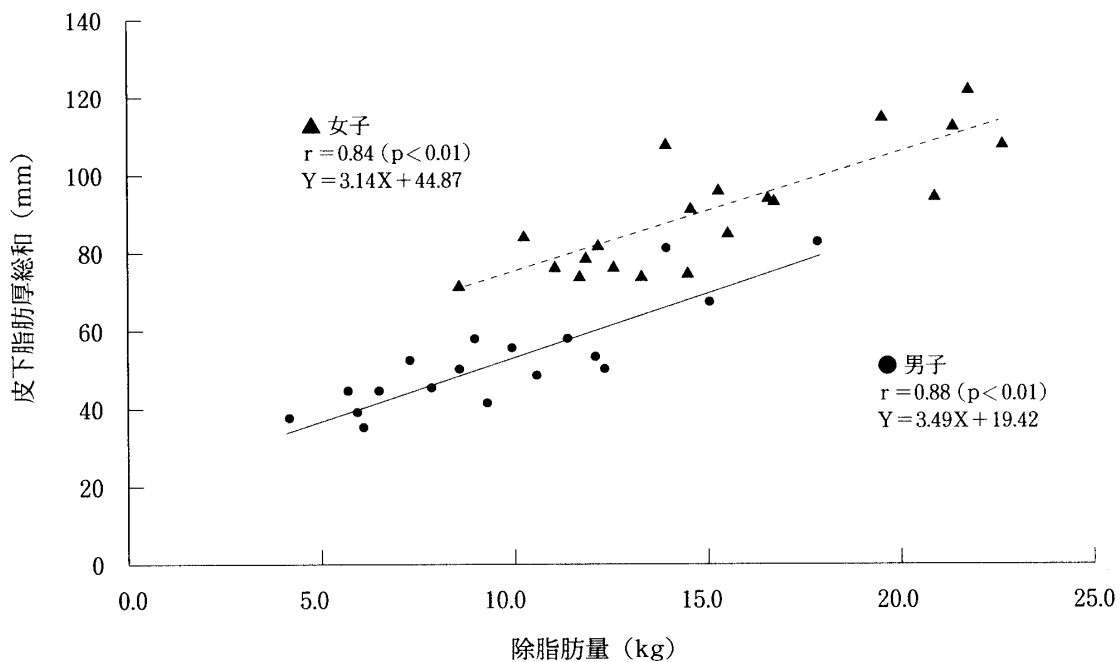


図2 体脂肪量と皮下厚総和との関係

は、男子に比べて全体的には低い傾向であったが、腹部については、男子よりも高い相関係数を示した ($r = 0.95$, $p < 0.01$)。図2には男女の体脂肪量と皮下脂肪厚の総和との関係を示した。女子の腹部を除き、個々の部位よりも高い相関が認められた。

IV. 考 察

これまでに報告されている日本人成人の身体組成の値^{1), 5), 8)~12)}と今回の値を比較すると、体脂肪率で今回の値が一番高い値となった。これは、本研究の被験者の平均身長が、男女ともに従来の報告の被験者群よりも高かったためで、身長1 mあたりの体脂肪量にすると、今回の値は、男女とも従来の報告の範囲に入る。しかし、それでも範囲の上限いっぱいの値なので(男子: 4~5 kg/m に対して 5.62 kg/m, 女子: 7~8 kg/m に対して 9.57 kg/m, 体脂肪量/身長), 体脂肪量が高めの傾向であることには変わらない。一方で、現代人における身長の伸びに対応した除脂肪組織の発達の低下⁶⁾という指摘もあるが、本研究での被験者の除脂肪量の値(除脂肪量/身長)は、過去の報告例の1970年代前半に限定した値^{8), 14)}と比較してもほとんど差がなく、あてはまらなかった。これは、今回の被験者の過去の運動経験などによるものかもしれない。さらに、根本的な問題として今回の身体組成の測定法がある。本研究の測定では空気置換法を採用したが、この方法による過去の報告例というのはほとんどないため、今回は同じ密度法による水中体重秤量法の報告例との比較を試みている。基本的に身体組成の比較をするためには、同一方法によって得られた値を比較しなければならない。原理としては同じであっても、やはり測定方法は違う

ので，それぞれの結果を全く同一に比較することは検討を要するであろう。空気置換法は水中体重秤量法との同一被験者による比較においては，体脂肪率に高い相関が得られたとの報告¹³⁾もあるが，水中体重秤量法での体脂肪率15%以下の者に対しては，過小評価する傾向があるなどの問題点¹³⁾もあり，今後もより多くのあらゆる条件の対象者についての測定を行い，検討していく必要がある。

身体各部位における筋厚については，安部ら²⁾報告との比較では，今回の結果は男女共に全ての部位において低い値であった。これは同じ超音波Bモード法であっても，製造元，機種の違いなどから，周波数，精度についての比較検討をする必要がある。各部位の厚さを値の高い順にみると，男女ともに，下肢における各部位，上肢における各部位，体幹部であった。この傾向については福永らの報告⁷⁾と同様であった。また，男女間の差については，男子に対する女子の割合が，上肢の部位では66%~78%であったのに対し，下肢の部位では83~91%と差が小さかった。これについては安部らの報告²⁾とほぼ一致している。除脂肪体重と各部位筋厚との関係については，大腿部との関係において比較的高い相関がみられるものの，全体的に低い水準であった。男女差において，たとえ除脂肪量が同一レベルであっても，筋断面積が上肢では明らかに男子の方が高く，下肢ではほぼ同程度⁷⁾とするような明確な結果は確認されなかった。ただし，筋厚の総和でこの関係をみてみると，男女とも高い相関を示した。このことから今回の被験者群の個人差が影響したのではないかと推察される。

身体各部位の皮下脂肪厚については，男女ともに体幹部と，体幹に近位な体肢の部位に高い値が認められ，男女間では全て女子の方が有意に高かったが，特に大腿部において差が著しかった。これは成人の体肢皮下脂肪厚分布の特徴^{4), 16)~18)}と一致する。しかし体脂肪量との関係においては，男女共に腹部と大腿部で高い相関がみられたものの，男女間の差はほとんどみられなかった。福永ら²⁾は，皮下脂肪断面積と体脂肪量との関係を男女で比較した際，女子の方が，上肢より下肢において相関の高いことを指摘している。今回の結果は，個々の部位において男子と比べて女子の相関が低かったことから，特に女子の被験者群の個人差が大きかったのではないかと考えられる。

V. 要 約

本研究では，身体各部位の筋厚と除脂肪量との関係，身体各部位の皮下脂肪厚と体脂肪量との関係を明らかにすることを目的とした。

本研究で得られた結果は次のとおりであった。

1. 除脂肪量では男子が，体脂肪量では女子が高い値を示した。
2. 筋厚では男子が高い値を示し，部位別では上肢の各部位で差が顕著であった。皮下脂肪厚

では女子が高い値を示し、部位別では大腿部で差が顕著であった。

3. 除脂肪量と筋厚との関係では、男女ともに個々の部位よりも筋厚の総和で高い相関を示した。
4. 体脂肪量と皮下脂肪厚との関係では、男女ともに腹部と大腿部で高い相関を示した。また、女子の腹部を除いて、個々の部位よりも皮下脂肪厚の総和で高い相関を示した。
5. 以上の結果から、除脂肪量は筋厚に、体脂肪量は皮下脂肪厚にそれぞれ反映されることが観察された。

謝 辞

今回の測定では YMCA 福祉スポーツ研究所の小野晃先生に多大なるご協力とご指導を頂いた。記してここに感謝の意を表する。

参考文献

- 1) Abe, T., Kondo, M., Kawakami, Y. and Fukunaga, T. (1994): Prediction equations for body composition of Japanese adults by B-mode ultrasound. *Am. J. Hum. Biol.*, 6: 161-170.
- 2) 安部 孝, 福永哲夫 (1995): 日本人の体脂肪と筋肉分布, 杏林書院, 34-67.
- 3) Brozek, 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) Bulbulian, R. (1984): The influence of somatotype on anthropometric prediction of body composition in young women. *Med. Sci. Sports Exerc.*, 16: 389-397.
- 5) 福永哲夫, 金久博昭, 角田直也, 池川繁樹 (1989): 発育期青少年の体組成, 人類学雑誌, 97(1): 51-62.
- 6) 福永哲夫, 金久博昭 (1990): 日本人の体組成, 朝倉書店, 21-24.
- 7) 同上, 58-67.
- 8) 猪飼道夫, 福永哲夫, 藤平田英彦 (1970): 日本人青少年の身体組成の研究 超音波法と比重法による 東京大学教育学部紀要, 11: 1-30.
- 9) 北川 薫 (1978): 日本人青年男女の身体組成とその国際, 保健の科学, 20: 491-495.
- 10) 北川 薫, 桜井佳世, 田原靖昭, 佐藤光毅 (1993): 密度法による日本人男女の身体組成, 体力科学, 42: 209-218.
- 11) 小宮秀一, 他 (1998): 身体組成の科学, 不味堂出版, 65-67.
- 12) Nagamine, S. and Suzuki, S. (1964): Anthropometry and body composition of Japanese young men and women. *Human Biol.*, 36: 8-15.
- 13) 齋藤尚美, 勝川史憲, 八木 紫, 鈴木美貴, 大林千代美, 木下訓光, 辻 秀一, 大西祥平, 山崎元 (1996): 空気置換法による新しい体脂肪測定装置 (BOD POD) の使用経験, 第 51 階日本体力医学会大会抄録, 体力科学, 45(6): 871.
- 14) 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.
- 15) Siri, W. E. (1956): Gross Composition of the Body. In *Advance in biological and medical physics. IV*, Edited by Lawrence, J. H. and Tobias, C. A., Academic Press, New York.

- 16) Smith, D. P. and Boyce, R. W. (1977): Prediction of body density and lean body weight in females 25-37 years old. *Am. J. Clin. Nutr.*, 30: 560-564.
- 17) Volz, P. A. and Ostrove, S. M. (1984): Evaluation of a portable ultrasonoscope in assessing the body composition of college-age women. *Med. Sci. Sports Exerc.*, 16: 97-102.
- 18) 矢ヶ崎信子, 豊川裕之 (1989): 日本人の皮下脂肪厚の記述疫学的研究, *民族衛生*, 55: 100-112.