老年者の体格と身体構成に関する研究

第2報 老年者の身体構成と肥満に関する検討

福 永 安 一 郎*

肥満とは、体内の脂肪の割合が異常に増加した状態をいうのであって、従来から用いられている身長、体重の割合、その他の体格指数で必ずしも律せられるものではなく、身体構成を加味した検討が必要である。

その目的のために、第1報と同一の健康老年者135名について、さらに上腕囲と各部位皮厚の測定を行い、また33名については human counter を応用して天然放射性 ^{40}K を測定し、身体の kalium 量を求めた。

まず肥満のさいの、皮厚の変動の状態を各部位について見ると、肥満によって軀幹下部(男子では特に腹部)の皮厚の増加が著しい。また体重当りの kalium 量と関相の高い、男子の上腕部と背部皮厚の平均、女子の腹部皮厚を取上げて、諸体格指数との関係を見たが、両者は一致しない例が多い。

肥満の判定に有用な体格指数を求めるために、体重当りの kalium 量と諸体格指数の相関を見たが、意外にも肥満度、丹治指数との相関は有意でなく、Ponderal 指数のみが 0.38 の有意相関を示したのに対し、皮厚は 0.6 程度の相関関係にあり、皮厚は肥満を知る上に意味が深い。

皮厚を除いた上腕径は LBM (lean body mass) をよく反映するといわれるので、その年代毎の値を比較した所、加齢による LBM 減少を認めた。さらに上腕径の平方に身長を乗じた値と身体総 kalium 量との相関は 0.85 を示し、上腕部の LBM は全身の LBM をよく反映するものであることを証明した。

老年者では、加齢による LBM の減少が見られるので、皮厚の絶対値よりも LBM と皮厚との割合を求めることが、脂肪量の割合を見るさいに、より合理的である。その一法として、上腕部の組成を求める理論式を作成し、この式よりえた推定脂肪量と体重 Kg 当りの kalium 量との相関を見ると -0.68 を示した。このことから、上腕部の簡単な計測値を用いて、体脂肪量を推定することの可能性を呈示した。

I. 緒 論

近年、肥満の問題は基礎ならびに臨床の双方の医学者の間に、強い関心を集めるようになった。特に、老年者にみられる慢性疾患には、肥満と関係を有するものが多く、また老年者の栄養を論ずるにあたっての第一の問題点は、肥満の防止にあるとさえいわれている。

著者は、本研究の第1報において、健康老年者の身長、体重、胸囲、腹囲の平均値と標準偏差を求め、ついで老年者に適用する体格指数の検討を行った。体格指数は、

そのあるものが肥満度と称せられていることからわかるように、それがそのまま肥満の有無あるいは程度を示す指標であると考えられがちである。しかしながら肥満とは、本来、体内の脂肪が異常に増加した状態をいうのであって、必ずしも身長と体重の割合、その他の体格指数をもって律せられるものではない。

この点については、最近、身体構成 (body composition) が重視されるようになり、従来の身体計測 (anthropometry) が単に身体の外面的な形態的観測法であるのに対して、この身体構成の研究によって、活性代謝組織 (非脂肪組織量, fat-free mass, lean body mass 以下 LBM と略) と体脂肪量 (body fat) を質的に分析評価することが試みられるようになった。従来の形態的計測法を

* Y. Fukunaga : 東京大学医学部老年病学教室(主任: 吉川改己教授) : 文京区本郷7の3の1.

受付, 1969年6月20日.

“3次元の計測法”とすれば、体構成を加えた計測法は
“4次元の計測法”とでもいうべきであり(長嶺)¹⁾、そ
の研究は、老年者の体格に関しても重要な問題といえる。

今回の研究は、身体構成を求める方法として、human
counter 応用による天然放射性 ⁴⁰K を測定し、LBM に

よる体脂肪量を推定した成績と、第1報にのべた諸体格
指数との相互関係に比較検討を加えた。さらに新たに、
上腕部皮下脂肪厚と上腕囲の関係より全身の体脂肪量を
推定する方法を考案した。

調査対象、方法、えられた成績は下記の通りである。

表 1. ⁴⁰K測定法の被検対象(健康老年者33名)

	年 令	体 重 (kg)	身 長 (cm)	上 腕 囲 (cm)	上 腕 部 皮 厚 (mm)	上 腕 径 (cm)	身 体 カ リ ウ ウ (g)	体 り ウ ム カ ム 当 リ (g)	ポ ン デ ラ ル 指 数	丹 治 指 数	肥 満 度
(男 子)											
T. T.	63	51.2	155.8	26.5	12.0	7.24	87.0	1.69	41.99	8.3	2.0
Y. S.	63	56.5	150.0	28.0	7.5	8.16	111.6	1.97	39.06	13.5	25.6
G. M.	65	51.5	159.4	24.0	5.8	7.06	91.1	1.78	42.85	12.6	-3.7
T. I.	66	45.7	153.0		4.5		92.9	2.03	42.74	12.0	-4.2
R. K.	67	51.0	157.6	26.0	4.0	7.88	109.4	2.14	42.28	7.4	-1.5
K. O.	68	51.2	156.5	25.0	5.5	7.41	94.4	1.84	42.18	1.3	0.6
T. H.	68	50.5	161.2	26.5	4.0	8.04	102.6	2.03	43.57	4.0	-8.3
C. M.	69	43.5	152.0	25.0	4.5	7.51	83.5	1.91	43.18	-0.5	-7.1
T. N.	69	59.2	163.2	27.0	13.0	7.29	106.8	1.80	41.85	26.9	4.0
S. K.	70	74.0	161.7	31.0	19.0	7.97	137.1	1.85	38.50	18.5	33.3
E. A.	71	49.0	155.1	23.5	9.5	6.53	89.6	1.68	42.38	1.4	-1.2
K. K.	72	50.3	161.1	26.0	10.5	7.23	85.0	1.69	43.66	-5.1	-8.5
K. A.	72	52.7	148.4	27.5	5.9	8.16	108.4	2.05	39.57	18.9	20.9
U. I.	73	54.7	152.2	26.2	8.2	7.52	82.8	1.51	40.05	11.7	16.4
Y. S.	73	58.0	159.7	27.6	6.0	8.19	99.5	1.71	41.27	14.8	8.0
M. S.	78	49.5	150.4	24.9	5.0	7.43	82.6	1.67	40.98	9.8	9.0
G. H.	81	48.8	149.2	25.2	9.0	7.12	72.4	1.48	40.77	6.4	10.2
T. S.	82	41.3	154.8	21.7	7.0	6.21	65.0	1.57	44.74	-8.0	-16.2
(女 子)											
K. M.	60	37.5	140.5	21.5	9.9	5.85	63.2	1.66	41.94	14.5	-7.4
M. M.	61	56.5	154.1	28.8	15.4	7.63	85.3	1.51	40.13	4.4	4.4
T. H.	61	69.5	152.5	31.7	31.0	6.99	87.5	1.25	37.10	36.6	32.4
H. N.	62	48.0	146.2	23.9	15.0	6.08	73.8	1.53	40.28	-3.9	-3.9
S. Y.	62	49.8	152.6	24.0	11.0	6.54	79.5	1.59	41.47	8.6	-5.3
S. K.	63	44.0	146.6	23.9	10.9	6.52	75.4	1.71	41.53	8.7	-5.6
M. S.	64	39.9	146.4	21.7	9.4	5.97	64.4	1.61	42.81	-9.6	-14.0
M. H.	72	48.2	144.3	27.9	31.0	5.78	71.2	1.47	39.64	19.0	8.8
T. N.	73	43.2	134.5	25.0	20.8	5.88	61.8	1.43	38.32	34.2	25.2
F. N.	74	42.7	142.3	23.3	11.5	6.27	56.0	1.31	40.66	16.4	0.9
T. S.	75	46.5	138.5	25.3	12.6	6.79	63.3	1.36	38.47	29.7	20.8
Y. T.	75	41.0	149.5	21.7	7.0	6.21	64.6	1.57	43.33	-12.5	-17.2
T. U.	75	46.0	146.5	25.8	18.0	6.41	72.3	1.57	40.92	30.2	-1.1
C. T.	76	38.0	142.0	22.1	10.1	6.03	68.6	1.80	42.26	-3.7	-9.5
T. I.	80	40.0	140.9	24.0	10.5	6.59	47.9	1.19	41.20	2.6	-2.2

II. 研究対象ならびに方法

研究対象

対象は、第 1 報にのべた健康老年者 135 名である。

Human counter による天然放射性 ^{40}K 測定は、上記健康老年者中の 25 名と、千葉県下の養護老人ホーム居住者中から、同様の基準でえらんだ 8 名について実施した。この 8 名も、身体計測値その他において、前記在宅の健康老年者と差異をみなかったことは既に報告した²⁾。ただ、養護老人ホーム居住者の自覚的健康者（第 1 報参照）には、最終的に健康と判定された者が著しく少なかったことが注目された。

参考のために、これら ^{40}K 測定法を実施した 33 名の身体計測値、総 kalium 量、体格指数などを表 1 に記載した。

研究方法

身体計測値としては、第 1 報に記した身長、体重、胸囲、腹囲の他に、上腕囲と皮下脂肪厚をとりあげた。

皮下脂肪厚（以下、皮厚と略）の測定は、国際規約に基いた従来の文献^{1, 3, 4)}を参照し、下記の部位を栄研式皮下脂肪計を用いて測定した。1) 上腕部〔右腕背面の肩峰突起と肘頭の間部位〕、2) 背部〔右肩甲骨下端の直下〕、3) 腹部〔臍の右側 1 cm〕、4) 腰部〔右腰骨直上、腋窩線〕。

身体天然放射性 ^{40}K 測定は、すべて放射線医学総合研究所のプラスチック型 human counter を使用した。本測定法の詳細は、既に永井ら^{5, 6)}が記載しているので省略する。

III. 研究成績

1) 体格指数と皮厚

今回の対象とした健康老年者の各部位皮厚の平均値、標準偏差（対数変換して計算）、 ^{40}K 測定値との相関などは既に報告した^{2, 7, 8)}。今回は、さらにこの皮厚と体格指数との関係について若干の分析を試みた。

まづ、各部位の皮厚は、体格指数の大小によってどの

Ponderal 指数と各部位皮厚
健康老年者 男子 41 名

Ponderal 指数と各部位皮厚
健康老年者 女子 94 名

図 1.

Ponderal 数と各部位皮厚増加率
健康老年者 男子41名

Ponderal 指数と各部位皮厚増加率
健康老年者 女子94名

図 2.

ように変動するものであろうか。体格指数の代表としては、第1報の成績ならびに本章 2) 項の成績が示すように、肥満の判定に有用と考えられる Ponderal 指数を採用した。Ponderal 指数は、ここでは percentile distribution により25, 50, 75, 90% tile 順位を選んで5群に分類した。この5群の各部位皮厚の平均値ならびにその増加率を計算し、図1, 2に示した。その成績によると、男子、女子ともに Ponderal 指数の大きい者、すなわち身長に対して体重の軽い者でも背部皮厚は比較的良好に保たれているが、Ponderal 指数の小さい者、すなわち身長に対して体重の重い者では、腹部皮厚の増加が目立つ。増加率で各部位の皮厚をみると、男子、女子ともに Ponderal 指数の減少によって軀幹下部の脂肪沈着の程度が他の部位よりも著しく、特に男子では腹部皮厚の増加が著明であった。

従来より肥満を表示するとされている肥満度などの体格指数があり、また皮厚も体脂肪量を表現するとされるのであれば、両者は無関係であってはならないので、こ

の体格指数と皮厚との相関を検討した。皮厚の部位は、全身の皮厚を代表するものでなければならないが、体重 kg 当りの kalium 量と高い負の相関を示すのは、男子では上腕部と背部の皮厚の平均値、女子では腹部皮厚であることは著者ら²⁾が既に発表した。そこで、この部位の皮厚を代表にえらび、上記と同様の基準の %tile 順位によって5群に分類した。また体格指数は Ponderal 指数のみでなく、丹治指数、肥満度をもとりあげることにし、同様に5群に分類した。

このえらばれた部位の皮厚と上記3つの体格指数の相関関係は、男子、女子にわけて表2, 3に示した。老年男子、女子ともに両者の順位が一致するもの(●印)は思ったより少なく、むしろ一致しない例(○印)が多い。体格指数を丹治指数で表わす場合、他のものよりやや一致した例が多いが、それでも約半数は皮厚の順位と不一致である。

2) 体格指数と ⁴⁰K 測定法による体重当りの kalium 量との関係

表 2. 健康老年者男子の各体格指数と(上腕部+背部)/2皮厚

41 名

肥満度	皮厚 25%以下	26~50%	51~75%	76~90%	91%以上	ポ ン ラ ー デ ル	皮厚 25%以下	26~50%	51~75%	76~90%	91%以上	丹 治 指 数	皮厚 25%以下	26~50%	51~75%	76~90%	91%以上
25%以下	●●●●●	○ ○ ○	○				25%以下 ●●●●●	○ ○ ○	○ ○			25%以下 ●●●●●	●●●●●	○ ○ ○	○ ○ ○		
26~50%	○ ○ ○	●●●●●	○ ○ ○				26~50% ○ ○ ○	●●●●●	○ ○ ○ ○			26~50% ○ ○	○ ○	●●●●●	○ ○	○	○
51~75%		○ ○ ○	●●●●●	○ ○	○		51~75% ○ ○	○ ○	●●●●●	○ ○	○	51~75% ○ ○	○ ○	○ ○	●●●●●		
76~90%	○		○ ○	● ○	○ ○		76~90% ○		○ ○	● ○	○ ○	76~90% ○ ○		○	○	●●●●●	○
91%以上				○ ○	●●		91%以上				○ ○	91%以上				○ ○	●●

体重当りの kalium 量は LBM の割合を表現するものであり、体脂肪量の割合とは負の相関関係にある。故に、この体重 kg 当りの kalium 量と高い相関関係にある体格指数は、肥満の判定に有用なものと考えられる。

今回は、前記 33 名の健康老年者について、 ^{40}K 値より体重 kg 当りの kalium 量を測定し、体格指数としては、Ponderal 指数、丹治指数、肥満度の 3 つをとりあげて両者の相関を見た。その成績は、図 3, 4, 5 に示したが、

肥満度 $r = -0.10 (n.s.)$

丹治指数 $r = -0.19 (n.s.)$

Ponderal 指数 $r = 0.38 (p < 0.05)$

であって、Ponderal 指数が 5% 以下の有意の相関を示すのみで、肥満度、丹治指数と体重 kg 当りの kalium 量とは有意の相関をもたないという意外の結果であった。

3) 上腕部の組成による上腕部推定脂肪量ならびに体脂肪量推定の試み

上記の 1), 2) の成績によると、皮厚と体格指数との相関は思ったよりも低いし、また体格指数は必ずしも体脂肪量の割合を正確に表現しうるものではない。これに反して、各部位の皮厚と体脂肪量（正確には体重 kg 当りの kalium 量）との相関は -0.6 程度であって、皮厚は肥満を知る上に意味が深いことはすでに本誌に報告した²⁾。

今回は、体脂肪量の割合をさらに合理的に推定する方法として、上腕部の計測値よりその割合を理論的に算出する方式を考案した。

すでに長嶺¹⁾らは、筋肉の発達度の一標示となる次の式を呈示した。

$$\text{上腕径} = \frac{\text{上腕囲}}{\pi} - \text{上腕部皮厚}$$

この皮下脂肪厚を除いた上腕径は、LBM をよく表現するとされている。

表 3. 健康老年者女子の各体格指数と腹部皮厚

94名

肥満度	皮厚	25%以下	26~50%	51~75%	76~90%	91%以上	ポラール デ	皮厚	25%以下	26~50%	51~75%	76~90%	91%以上	丹治指数	皮厚	25%以下	26~50%	51~75%	76~90%	91%以上
25%以下		●●●●●●●●●●	○	○				25%以下	●●●●●●●●●●	○	○			25%以下	●●●●●●●●●●	○	○			
26~50%		○	●●●●●●●●●●	○	○			26~50%	○	●●●●●●●●●●	○	○		26~50%	○	●●●●●●●●●●	○	○		
51~75%		○	○	●●●●●●●●●●	○	○		51~75%	○	○	●●●●●●●●●●	○	○	51~75%	○	○	●●●●●●●●●●	○	○	○
76~90%		○	○	○	●●●●●●●●●●	○		79~90%	○	○	○	●●●●●●●●●●	○	76~90%	○	○	○	●●●●●●●●●●	○	
91%以上			○	○	○	●●●●●●●●●●		91%以上		○	○	○	●●●●●●●●●●	91%以上				○	○	●●●●●●●●●●

老年者においては、実質臓器である筋肉の退縮が予想されるので、この皮厚を除いた上腕径の減少が考えられる。事実、今回の対象とした健康老年者のなかで、この上腕径を 60 才代、70 才代、80 才代と分けて比較すると、表 4 に示すように 80 才代は 60 才代に対して有意の減少を示した。

上述のごとく、上腕径は LBM を表現し、一方 ^{40}K 測定法による身体総 kalium 量もまた LBM を表現するものであるから、両者の間には当然密接な相関関係が予想される。事実、今回の対象によって計算すると 0.70

($p < 0.001$) の高い相関係数を得た。しかし、身体は 3 次元の量であり、総 kalium 量は身長によって影響をうけるものと考えられるので、上腕径の平方に身長を乗じた 3 次元の数値を算出し、この数値と総 kalium 量との相関を求めたところ、予想されたように、さらに高い 0.85 ($p < 0.001$) の相関係数を得た。(図 6) このことから、皮厚を除いた上腕径は局所の LBM を表現するものであるとともに、一般的に全身の LBM の割合をも反映しているものとして差支えない。

一方、上腕の皮下脂肪厚も、諸種文献⁹⁻¹²⁾に報告さ

図 3. 体重当り Kalium 量と肥満度

図 4. Kalium 体重当り量と丹治指数

図 5. 体重当り Kalium 量と Ponderal 指数

図 6. 体内総 Kalium 量と (上腕径)² × 身長

れているように、全身の体脂肪量を比較的良好に反映するものとされている。

上腕径、上腕部皮厚がともに全身の LBM と体脂肪量の割合をよく反映しているものであるとすると、上腕部に存在する推定脂肪量を求めることができれば、それをもって全身の体脂肪量を推測することが可能である。

今、上腕部の骨、筋肉などで構成される部分の上腕径とその外側をとりまく皮下脂肪厚とより、dimension を考慮して、ある立体の中心部と皮殻部と仮定してモデル化するとき、次の理論式で上腕部の推定脂肪量(%)が求められる。

$$\begin{aligned} \text{上腕部推定脂肪量}(\%) &= \left[1 - \left(\frac{\frac{\text{上腕部皮厚}}{\pi} - \frac{\text{上腕部皮厚}}{\pi} \right)^3 \right] \times 100 \\ &= \left[1 - \left\{ 1 - \pi \left(\frac{\text{上腕部皮厚}}{\text{上腕部皮厚}} \right)^3 \right\} \right] \times 100 \end{aligned}$$

この理論式を採用して、体重 kg 当りの kalium 量(X)と上腕部推定脂肪量(Y)との相関を見ると、かなり高い負の相関を認めた(図7)。

全男女 32 名の成績は

$$Y = -43.31X + 160.01 \quad r = -0.68 (p < 0.001)$$

図 7. 体重当り Kalium 量と上腕部組成より計算した推定脂肪量(%)

であり、とくに 60 才代男女 15 名についてみると、

$$Y = -59.89X + 136.01 \quad r = -0.92 (p < 0.001)$$

ときわめて高い相関を示した。すなわち今回の研究成績では、予想されたように、上腕部の組成を算出する上述の理論式より求めた上腕部推定脂肪量は、全身の体脂肪量とかなり高い相関をもつことが証明された。これが絶対値としても体脂肪量を表現するものであるか否かは、考察でふれることにする。

この方法により、健康老年者全例の上腕部推定脂肪量を求めたところ、男子 41 名の平均値および標準偏差は $19.97 \pm 8.52\%$ 、女子 94 名では 39.16 ± 12.54 という成績であった。

IV 考 察

身体構成と肥満の問題を論ずるに当って、著者は、諸種精密検査によって異常を認めない健康老年者を被検対象とした。第3報において論ずるように、これら健康老年者は、比較的一定の体格を示しており、肥満を論ずるに当っては、必ずしも適当な対象とは言い難いことも確かである。

しかしながら老年者の現実の状態は、既往の疾患に影響される面が多く、無選択な対象をえらんだ場合には、むしろ病的な変化に影響される面が多く、生理的な事象について明確な成績をえ難い事は、村地^{7,13)}も既に指摘している。その意味で今回は厳密にえらんだ健康老年

表 4. 健康老年者の体重・上腕部皮厚・上腕径

		男子 (41名)		女子 (94名)	
		平均値	標準偏差	平均値	標準偏差
体 重	60才代	kg 52.6	kg 7.3	kg 45.7	kg 6.7
	70才代	49.4	7.5	41.1	6.2
	80才代	44.8*	7.0	43.0***	2.2
上腕部皮厚	60才代	mm 5.14	mm 2.57	mm 13.65	mm 6.05
	70才代	6.35	2.76	10.83	4.78
	80才代	6.13	3.19	14.63	6.72
上 腕 径 (皮厚除く)	60才代	cm 7.60	cm 0.52	cm 6.89	cm 0.56
	70才代	7.43	0.70	6.43	0.70
	80才代	6.76**	0.79	6.18***	0.62

60才代と80才代の有意差 { * $p < 0.05$
** $p < 0.01$
*** $p < 0.001$

者のみを対象とした訳であるが、これらの健康老年者においても身体構成と関係を見出しえない計測値は、肥満を現わす指標としては適当でないということもできるであろう。

老年者の身体構成は、若壮年者との間に基本的差異が存することは、既に著者ら²⁾も報告した通りであり、たとえば⁴⁰K 測定値より肥満を論ずるに当たっても、体脂肪の割合を推定する、若壮年者における Forbes¹⁴⁾の常数 ($LBM = \text{Kalium mEq}/68.1$ の式における 68.1) を使用しうるか否かも問題があると思われる。従って、本報告においては、専ら身体計測値と⁴⁰K 測定にもとづく基礎的数値である体重 kg 当りの kalium 量について検討を行ったわけである。

体脂肪量の割合を厳密に求める方法は、体比重法^{9, 15)} (densitometry), 体水分量法^{9, 15)} (Hydrometry), 両者を併せた Siri 法¹⁶⁾, ⁴⁰K 測定法^{2, 5, 14)} などがあり、さらに皮厚法^{2, 4, 10)} は実用上広く使用されている。それらの原理、応用、長所短所などは詳しく検討されているので^{9, 15)}, ここでは一切省略する。

今回は、このような厳密な体脂肪量の割合すなわち肥満の程度を、簡単な日常普通に使用されている身体計測値を用いて、どの程度指標とすることができるかという問題に取組んだわけであり、そのえられた成績は上記の通りであるが、つぎに 2, 3 の考察を加えたい。

一般に老年者、とくに高令者においては、体重は減少の傾向を示す。今回の対象とした 80 才代の高令者は 60 才代の老年者と比較すると、有意の体重減少が見られる。(表 4) かかる傾向は肥満体の死亡率が高いことから生存者の体重の平均値が小さくなることも考えられるが、しかし LBM を表わすと考えられる上腕径も 80 才代は 60 才代より有意に減少する成績をえたので、(表 4) この体重減少は、各人の LBM 減少による面があることも推測される。

身長に関しては、時代的推移が実証されている。日本人については、明治以来 10 年毎に約 1 cm づつの身長増加をみた¹⁷⁾。しかし今回の被検健康老年者においては、時代的推移以上の身長の差が各年代の老年者の間に存在する。したがって、身長についても、老年者では骨粗しょう症、脊椎後彎などによる生理的な身長の減少が避けられないものと推測される。

老年者の皮厚に関して問題とされるのは、加齢に伴って、体脂肪全体の中で皮下脂肪の占める割合が減少する事実である。その反面、体腔内臓器の脂肪蓄積 (central

fatness) の増加あるいはまた結合組織の増加がみられること¹⁰⁾ は、著者ら²⁾もすでに報告した。

このように老年者では、体重、身長、皮厚のそれぞれについて、加齢に伴う変化が認められるので、従来から用いられてきた諸体格指数から肥満を推定するには、慎重な検討が必要であると考えられる。事実、今回の成績によると、諸体格指数のうち肥満度と丹治指数は体重 kg 当りの kalium 量と有意の相関を示さず、Ponderal 指数が 0.38 (5%以下) の有意の相関を示す結果となった。この点、諸体格指数よりも皮厚が、むしろ肥満を表わす指標として適当なことは、著者ら²⁾も既に報告した通りである。

次に身体計測値のなかで、上腕部の計測値のもつ意義を考えてみよう。上腕部は筋肉と皮下脂肪の好着部位とされ、骨の影響が少なく、栄養状態を表わす軟組織の発達の良否に左右され、またこの上腕部軟組織の変異は全身の傾向が強いことなどの特徴があるといわれている^{18, 19)}。今回の著者の成績によっても、上腕部の LBM は全身の LBM を充分に反映しているものと考えてよい。(図 6) また上腕部の皮厚は全身の皮厚の代表として使用されることが諸種文献^{9~12)}に誌されている。

このように上腕部が、全身の LBM と体脂肪量をととよく反映しているとすれば、体脂肪量の割合を求めるには、上腕部の皮厚そのものを問題とするより、皮厚と LBM の相対的な関係を考慮することが、理論的には、より合理的といえるであろう。その理論式は成績の項に示した通りである。事実、この式により求めた推量定脂肪と体重 kg 当りの kalium 量との相関は -0.68 でかなり高く、老年女子の腹部皮厚を除く他の皮厚と体重 kg 当りの kalium 量との相関²⁾ よりも高い。今回のこの成績によると、予測されたように、上腕部の組成は健康老年者を対象にする場合、かなり全身の身体構成を反映したものと考えてよいであろう。

この考え方によって、⁴⁰K 測定法による体脂肪推定量の割合 ($\text{Body fat kg } (X) = \text{Body weight} - \text{LBM}$ $\text{LBM} = \text{Kalium mEq}/68.1$) と、今回の理論式によって求めた上腕部推定脂肪量の割合 (Y) との相関をみると (図 8), 全男女 32 名では

$$Y = 1.08X - 6.19 \quad r = 0.63 (p < 0.001)$$

であって、上腕部推定脂肪量と体推定脂肪量は、その割合でみる場合、絶対値としても比較的一致した数値を示しており、上腕部の組成は身体構成そのものを推測せしめると考えられる。しかし図 8 に示したように、比較的

高令者の場合は、男女ともに両者の不一致が見られる場合が増加することに注目しておきたい。

⁴⁰K 測定法を実施しなかった者も含めて、全例について健康老年者の上腕部推定脂肪量を計算すると、その平均値は、男子 19.97%，女子 39.16% であった。従来、報告された老年者の体脂肪量の割合は、日本人を対象とした、Siri 法による篠原²⁰⁾ の成績では、男子 21%，女子 26%，Young¹⁰⁾ の成績では男子 30.5%，女子 44.56%，また ⁴⁰K 測定法による Anderson²¹⁾ の成績では、男子 24.9%，女子 40.3% である。今回の測定値もこれら従来報告されている範囲に入る。したがって、体脂肪量(%)を求める複雑な操作の代りに、健康老年者を対象

とする場合、簡単な身体計測値、上腕囲と上腕部皮厚を知ることによって、体脂肪量(%)を推定しうる。このために、上腕部皮厚と上腕囲の比を知るとき、ただちに体脂肪(%)の値を読みとるに便利な表5を作成して、参考までに記載する。

V 結 論

第1報にのべた精密検査により、最終的に健康とされた、健康老年者 135 名の身長、体重、胸囲、腹囲の他に、上腕囲および各部位皮厚を取上げた。この健康老年者のうちより 25 名を無作為に選び、同様の検査により抽出された他の健康老年者 8 名を加え、計 33 名について、

表 5. 上腕部の組成による推定体脂肪量
推定体脂肪量(%) = $[1 - \{1 - \pi(\text{上腕部皮厚}/\text{上腕囲})\}^3]$

上腕部皮厚/上腕囲	F A T	上腕部皮厚/上腕囲	F A T	上腕部皮厚/上腕囲	F A T
0.010	9.1%	0.050	40.1%	0.090	63.1%
0.011	10.0	0.051	40.8	0.091	63.6
0.012	10.9	0.052	41.4	0.092	64.1
0.013	11.8	0.053	42.0	0.093	64.5
0.014	12.6	0.054	42.7	0.094	65.0
0.015	13.5	0.055	43.4	0.095	65.5
0.016	14.3	0.056	44.0	0.096	65.9
0.017	15.2	0.057	44.7	0.097	66.4
0.018	16.2	0.058	45.3	0.098	66.8
0.019	16.9	0.059	45.9	0.099	67.3
0.020	17.7	0.060	46.6	0.100	67.7
0.021	18.5	0.061	47.2	0.101	68.2
0.022	19.3	0.062	47.8	0.102	68.6
0.023	20.1	0.063	48.4	0.103	69.1
0.024	21.0	0.064	49.0	0.104	69.5
0.025	21.8	0.065	49.6	0.105	69.9
0.026	22.6	0.066	50.2	0.106	70.3
0.027	23.3	0.067	50.8	0.107	70.7
0.028	24.1	0.068	51.4	0.108	71.2
0.029	24.9	0.069	52.0	0.109	71.6
0.030	25.7	0.070	52.5	0.110	72.0
0.031	26.5	0.071	53.1	0.111	72.4
0.032	27.2	0.072	53.7	0.112	72.8
0.033	28.0	0.073	54.2	0.113	73.2
0.034	28.7	0.074	54.8	0.114	73.6
0.035	29.5	0.075	55.3	0.115	73.9
0.036	30.2	0.076	55.9	0.116	74.3
0.037	31.0	0.077	56.4	0.117	74.7
0.038	31.7	0.078	57.0	0.118	75.1
0.039	32.4	0.079	57.5	0.119	75.5
0.040	33.2	0.080	58.0	0.120	75.8
0.041	33.9	0.081	58.6	0.121	76.2
0.042	34.6	0.082	59.1	0.122	76.5
0.043	35.3	0.083	59.6	0.123	76.9
0.044	36.0	0.084	60.1	0.124	77.3
0.045	36.7	0.085	60.6	0.125	77.6
0.046	37.4	0.086	61.1	0.126	77.9
0.047	38.1	0.087	61.6	0.127	78.3
0.048	38.8	0.088	62.1	0.128	78.6
0.049	39.4	0.089	62.6	0.129	79.0

図 8. ^{40}K 測定法より計算した推定体脂肪量(%)と上腕部の組成より計算した推定体脂肪量(%)

Human counter による身体総 kalium 量を求めた。

健康老年者の皮厚が体格によってどのように変動するかを知るため、Ponderal 指数と各部位皮厚の関係をみると、男子女子ともに、身長に対して体重が大きくなるに従って、軀幹下部（腹部、腰部）の皮厚の増加が目立ち、特に男子の腹部皮厚の増加が著しい。

つぎに、肥満度、丹治指数、Ponderal 指数などの体格指数と皮厚（男子では上腕部と背部の平均値、女子では腹部）との関係を見たが、その相関は低く、両者の一致しない例が多い。

肥満の判定に有用な体格指数を求めため、体重 kg 当りの kalium 量と諸体格指数との相関を求めたところ、肥満度と丹治指数は意外にも有意の相関を示さず、Ponderal 指数のみが $0.38 (p<5\%)$ の有意相関を示した。むしろ各部位皮厚の体重 kg 当りの kalium 量に対する相関関係数は -0.6 程度を示し、皮厚は肥満を知る上に意味が深い。

皮厚を除いた上腕径は LBM をよく反映するといわれるので、この上腕径を算出したところ、加齢による有意の減少を認めた。この上腕部の平方にさらに身長を乗じた 3 次元の値と身体総 kalium 量とは $0.85 (p<0.1\%)$ の

有意相関にあり、上腕部は局所であっても、その LBM は全身の LBM をよく反映するものであることを証明した。

老年者では、加齢による LBM の減少が認められるので、皮厚の絶対値で肥満を判定するよりも、LBM と皮厚との割合で体脂肪量を推定することがより合理的である。上腕部の組成はよく身体構成を反映しているものと推測されるので、上腕部推定脂肪量 (%) を上腕囲と上腕部皮厚とから求める理論式を作成した。

$$\text{推定脂肪量}(\%) = \left[1 - \left\{ 1 - \pi \left(\frac{\text{上腕部皮厚}}{\text{上腕囲}} \right)^3 \right\} \right] \times 100$$

この理論式を、今回の対象にあてはめて求めた上腕部推定脂肪量 (%) と体重 kg 当りの kalium 量との相関は $-0.68 (p<0.1\%)$ を示し、皮厚の絶対値よりも肥満の判定に有用なものと認められた。

また ^{40}K 測定法による体推定脂肪量 (%) と上腕部推定脂肪量 (%) との相関は $0.63 (p<0.1\%)$ であって、絶対値としても比較的良好に一致している。したがって健康老年者においては、上腕部の簡単な身体計測値—上腕囲と上腕部皮厚—を知ることによって、全身の体脂肪量を推測することが可能である。

この理論式によって、健康老年者全例の体脂肪量を求めると、平均値で男子 19.97%, 女子 39.16% であり、これは従来報告された諸家の体脂肪量の成績と大差ない。

- 文 献 1) 長嶺晋吉ほか：スポーツマンと非スポーツマンの体構成の比較に関する研究，栄養学雑誌 24: 3, 1966. 2) 村地悌二ほか：健康老年者の身体構成に関する研究， ^{40}K 測定法ならびに皮下脂肪厚測定による検討，日老医誌 4: 225, 1967. 3) 長嶺晋吉ほか：体成分と栄養状態に関する研究（第 1 報），栄養学雑誌 16: 71, 1958. 4) 長嶺晋吉：肥満の諸問題，体構成にもとづく肥満の評価，民族衛生 32: 234, 1966. 5) 永井輝夫ほか：K-40 測定法による身体構成成分の年令的考察，核医学 1: 113, 1964. 6) 永井輝夫：ヒューマンカウンターの臨床的応用，最新医学 22: 393, 1967. 7) 村地悌二：老年者と栄養，健康老年者の栄養状態，日老医誌 3: 237, 1966. 8) 村地悌二ほか：健康老年者の体格に関する研究。特に老年女子について，高令医学 4: 205, 1966. 9) Keys, A. & Brozek, J.: Body fat in adult man, Physiol. Rev. 33: 245, 1953. 10) Young, C. M.: Body composition studies of "older" women, thirty to

seventy years of age, Ann. N. Y. Acad. Sci. **110** : 589 1963.

- 11) 猪飼道夫, 福永哲夫: 身体組成の研究[Ⅲ]. 超音波法による身体組成の分析, 体育の科学 **18** : 71, 1968.
 12) Albrink, M. J. & Meigs, J. W. : Interrelationship between skinfold thickness, serum lipids and blood sugar in normal men, Amer. J. Nut. **15** : 255, 1964.
 13) 村地悌二ほか: 加齢による視覚単純反応時間の変化, 日老医誌 **2** : 8, 1965. 14) Forbes, G. B. & Hursh, J. B. : Age and sex trends in lean body mass calculated from K measurements with a note on the theoretical basis for the procedure, Ann. N. Y. Acad. Sci. **110** : 255, 1963. 15) Brozek, J. (edited):

Human Body Composition, Approaches and Application, Pergamon Press, Oxford, 1965, p. 1.

- 16) Siri, W. E. : The gross composition of the body, Adv. in Biol. and Med. Physiol. **4** : 239, 1956.
 17) 福田邦三編: 日本人の体力, 杏林書院, 東京, 1968, p. 8. 18) 鈴木慎次郎他編: 体力測定と健康診断, 南江堂, 東京, 1964, p. 228. 19) 川口和夫: 上腕囲についての2, 3の検討, 保険医学雑誌 **63** : 105, 1965.
 20) 篠原恒樹: 老年者と生化学, 体内水分量, 日老医誌 **2** : 137, 1965.
 21) Anderson, E. : Three-component body composition analysis based on potassium and water determination, Ann. N. Y. Acad. Sci. **110** : 189, 1963.

Abstract

Body Build and Body Composition in the Aged (II) Body Composition and Criteria of Leanness-Fatness

Yasuichiro Fukunaga*

The obesity, in its true sense, is defined as the condition of the abnormal increase of the body fat. Accordingly, the relevance of the most widely used estimation methods, using the indices of weight-height relationship is insufficient, and the study of the body composition can not be ignored.

Upper arm circumference and skinfold thickness over the triceps, subscapularis, abdominal and lumbar sites of the same 135 individuals presented in the first report were measured. Using naturally-occurring ⁴⁰K decided by the Human Counter, body potassium content of the 33 individuals were estimated as the indicator of Lean Body Mass (LBM).

The results showed that skinfolds of the lower portion of the aged (in male, especially abdominal) tend to increase greater as they become fatty.

It becomes clear that the skinfolds are not very closely correlated with anthropometric indices when the

skinfold of the mean value of triceps and subscapularis for male and abdominal for female are selected as the representative values because they correlate most significantly with the potassium content per kg body weight.

For the purpose of deciding the most useful estimation method of leanness-fatness, correlations between the anthropometric indices and the potassium content per kg body weight were studied, but the anthropometric indices were not very closely correlated with the body potassium content per kg body weight, the correlations being 0.38 for the ponderal index, not significant for the per cent of standard weight and Tanji's index. On the contrary, skinfold thickness are significantly correlated with the body potassium per kg body weight (correlation coefficient—0.47~—0.79 according to the sites), which appeared to estimate the degree of fatness sufficiently.

Calculation of the upper arm diameter was done using the following formula,

* Department of Geriatrics (Director: prof. Masaki Yoshikawa), Faculty of Medicine, University of Tokyo : Hongo 7—3—1 Bunkyo-ku, Tokyo, Japan.

$$\text{Upper arm diameter} = \frac{\text{Upper arm circumference}}{\pi} - \text{Triceps skinfold thickness}$$

In this study, the physiological decrease of LBM was confirmed with increasing age. The result showed that the value of the square of upper arm diameter multiplied by body height was closely correlated with total body potassium (correlation coefficient 0.85 $p < 0.1\%$) and LBM of the upper arm could be interpreted as the representative value of the total body LBM.

For the purpose of arriving at more precise evaluation of the body fat per cent, instead of the absolute skinfold thickness, the quantitative relationship between LBM and subcutaneous fat would be theoretically more relevant.

Accordingly, the following formula was postulated as the indicator of adiposidy and muscularity,

$$\text{Estimated upper arm fat \%} = \left[1 - \left(1 - \pi \frac{\text{Triceps skinfold thickness}}{\text{Upper arm circumference}} \right)^3 \right] \times 100$$

By this formula the fat per cent of the upper arm was calculated and the correlation coefficient -0.68 ($p < 0.1\%$) was obtained between fat per cent and the body potassium content per kg body weight. Thus the fat per cent of the upper arm could be considered as the substitution of the total body fat per cent. By the calculation of the formula to all the subjects, the Japanese 'clinically' healthy old male over sixty of age could be estimated to have 19.97% and the female 39.16% of body fat on the average.

* * * * *

* * * *