

青年男子の身体組成に関する研究

— 身体計測、体密度、体全カリウム量について —

STUDIES ON THE BODY COMPOSITION OF YOUNG ADULT MALE

— ON THE ANTHROPOMETRY, BODY DENSITY, POTASSIUM-40 —

佐 藤 光 毅*

Kōki SATO

On 63 male students aged from 18 to 27 years (12 students who played regularly Track and field, 7 Rugby, 14 American football, composite group consisting of 9 students who played other kinds of exercises except for the above mentioned, and 21 ordinary students), their body compositions (body fat contents, Lean Body Mass:LBM) based on body density method (water displacement method) and potassium-40 method, and the estimation of body compositions from the anthropometric measurements were discussed. The results obtained were as follows.

1. Though 2/3 of the subject took exercise regularly, mean body density was 1.0751 ± 0.0117 g/ml. Because of the characteristic of the subject (2/3 exercised), the average value of ^{40}k /body weight was expected to be rather high. However it was 2.19 ± 0.19 g/kg, which was lower than that for Katsunuma and Taguchi et al. at the ages of the subject.

2. As for the estimation of the percent body fat from body density and ^{40}k , the percent body fat obtained from ^{40}k ($17.59 \pm 7.21\%$) tended to be higher than that from body density ($10.93 \pm 4.64\%$).

3. On the estimation of body density and the fat contents from the anthropometric measurements, skinfold thickness, circumferences and physique index show higher correlation coefficients in due order. As for the regional correlation of body density and fat contents with the skinfold thickness, abdomen and suprailiac were more highly correlated than the two regions such as triceps and subscapular. Consequently it would be highly required to involve these two regions to discuss body composition from the viewpoint of skinfold thickness.

4. Mean values of body density (g/ml) and k /body weight (g/kg) by the kinds of exercises were as follows; The students who played Track and field gave the highest values of 1.0830 ± 0.0099 and 2.34 ± 0.05 respectively, those who played Rugby gave the values of 1.0747 ± 0.0196 and 2.16 ± 0.22 , composite group 1.0763 ± 0.0067 and 2.20 ± 0.17 , and those who played American football gave the lowest values of 1.0740 ± 0.0051 and 2.12 ± 0.018

* 弘前大学教育学部保健体育科教室
Department of Health and Physical Education Faculty of Education, Hirosaki University.

I. はじめに

人体の身体組成は、民族、性、年齢、運動種目、さらに、運動実施期間等によって異なるといわれている。身体組成の推定方法は種々あるが、手法の困難さ、コスト、測定時間、対象者に対する測定時のストレス等の多くの問題を含んでいる。これらのことから、体力診断や運動処方等を施す際の日本人のより多くの対象についての身体組成に関する基準が不足していると考えられる。

本研究では、体密度法とカリウム法による体脂肪量、除体脂肪量の算定に基づいて、これらの値と身体計測値との相関から身体組成の推定について検討すると共に、運動種目別の体密度、体全カリウム量についても検討を加えた。

II. 方法

1. 対象：年齢18～27歳の男子学生、陸上部12名(投擲種目は含まない)、ラグビー部7名、アメリカンフットボール部14名、このほかの種目の混成グループ9名(サッカー4名、バレーボール、野球、卓球、テニス、柔道部各1名)、一般学生21名の計63名。
2. 測定期間：1982年9月下旬～1983年2月上旬。
3. 測定項目
 - 1) 身体計測：身長、体重、労研式皮脂厚計を用い、体幹の右側の計測皮下脂肪厚(上腕背側部、肩甲骨下部、腹横部、腸骨稜上部)、周径(胸囲、腹囲、上腕囲、大腿囲)。
 - 2) 体密度測定：池鯉鮒⁶⁾の water displacement method によって体容積を測定し(精度1mm:195cc)、残気量は、Rahn et al.²⁶⁾の報告にある肺活量の30%として見積り補正した。体密度は、体密度(D)=体重/体容積として求め、体密度からの体脂肪率の推定は、Brožek et al.⁵⁾の改良式 Fat(%)=(4.570/D-4.142)×100によって算出した。
 - 3) ⁴⁰kの測定：長崎大学医学部の Whole-Body Counter によっておこなった(装置、精度に関しては引用23)を参照)。⁴⁰kからの Lean Body Mass(LBM)の推定は、Forbes et al.⁹⁾の68.1mEp/LBM-kgが存在するという仮定の報告から、LBM(kg)=Total⁴⁰k/2.66によって算出した。

III. 結果

1. 対象者の生理学的性質と身体組成

対象者全員の63名の体格は、表1に示す如く、日本人の平均より少し大である。体密度は、著者が以前(1975年)に水中体重法で得た平均値1.0750±0.0118と本成績1.0751±0.0117g/mlでは近似した。体密度からのLBM(kg)は、前者が53.81±4.36kg、後者が57.03±7.25kgと本成績が体重の差と同様に大である。

⁴⁰k/体重についてみると、勝沼の報告にある18～20歳の値は、2.46±0.19g/kg、21～23歳では、2.37±0.22g/kgであり、田口たちは、年齢26.0±1.6歳の男性11名について2.46±0.22g/kgを報告している。本

Table 1. Physical characteristics of subjects

		\bar{X}	S.D	Max.	Min.
Height	(cm)	171.95±6.31		185.5	158.1
weight	(kg)	64.22±9.11		88.63	51.42
Vital capacity	(ml)	4115.6±563.2		5880	3120
Body density	(g/ml)	1.0751±0.0117		1.0962	1.0430
Fat content-D	(%)	10.93±4.64		24.0	2.7
Lean Body Mass-D	(kg)	57.03±7.25		73.50	45.50
⁴⁰ K	(g)	139.95±17.26		184.11	100.26
⁴⁰ K/Weight	(g/kg)	2.19±0.19		2.51	1.64
Fat content-K	(%)	17.59±7.21		38.3	5.8
Lean Body Mass-K	(kg)	52.62±6.49		69.20	37.70

Note. D: density, K: potassium, ⁴⁰K: potassium-40.

成績は、習慣的運動者が2/3含まれているにもかかわらず2.19±0.19g/kgと低い値である。欧米のデータについてみるとCanadian Male19歳2.12±0.04g/kg²⁰⁾やAmerican Male19～20歳2.15±0.05g/kg^{1),2)}の報告があり、これよりは少し高い値である。

体脂肪量についてみると、体密度から得た値と⁴⁰kから得た値では、後者がより多く見積られる傾向(F%:10.93±4.64%, 17.59±7.21%)にある。この傾向は、Womersley et al.³³⁾が17～30歳の男性10名の Fat Free Mass の平均につ

いて、前者が56.9kg、後者が54.8kgを報告し、Krzywicki et al.¹⁸⁾ が年齢17~52歳の兵士23名のBody Fatの平均について、前者が17.8±8.04kg、後者が21.6±10.4kgを報告しているのと同様である。

2. 体格指数、身体計測値と身体組成

1) 体格指数と体脂肪率との相関

身長、体重並びに体格指数と体密度からのF%とカリウムからのF%との相関を表2に示した。いずれの体格指数においてもカリウムからのF%との相関(0.499~0.524)が体密度からの

F%との相関(0.444~0.465)より高く、相関の程度は、ブロッカ>比体重>ローレル指数の順である。前述の著者の成績ではr=0.632~0.703といずれも高い相関であったが、猪飼と藤平田は、身体比重と比体重の相関r=-0.288、北川¹⁵⁾は、体密度と比体重、カウプ、ローレル指数との相関をそれぞれr=-0.245、-0.228、-0.230でいずれも低い相関を報告している。このように、体格指数と体密度からのF%との相関は報告者によって異なり、一貫した傾向が把握できない。従って、このことは、北川が述べているように、体格指数から身体組成を論ずる限界を示したものと考えられる。

さらに、F%と身長と体重、LBM(表示していない)と身長、体重との相関についてみると、体密度法から得られた係数は、F%と身長との間に0.041、F%と体重との間に0.413、LBMと身長との間に0.559、LBMと体重との間に0.925が得られ、同様に、⁴⁰kからのそれぞれの値は、順に0.052、0.475、0.562、0.767が算出された。Barter and Forbesによれば、⁴⁰kから求めたF%と身長との間の相関係数は-0.025、体重との間には0.765が算出され、同様に、LBMについては、身長との間に0.624、体重との間に0.404の相関係数が報告されており、LBMとの相関は、体重より身長との間において高くなると考えられるが、本成績は、体密度及び⁴⁰kそれぞれから求めた値はいずれも逆の傾向であった。

2) 皮下脂肪厚と体脂肪率との相関

表3に示す如く、いずれの部位においても体格指数と同様、カリウムからのF%との相関が体密度からのF%との相関より高く、部位を加えていくに従って高くなる傾向にある。部位別にみると、腹部、腸骨稜においては、上腕、肩甲骨下より高い相関係数が算出された。さらに、一般によく使われている長嶺²²⁾と鈴木¹⁶⁾の体密度推定式から算出されたF%と実測体密度からのF%、カリウムからのF%との相関は、それぞれr=0.688,0.791であり、腹部、腸骨稜部と体密度、カリウムの実測によるF%との相関より低く算出された。このことは、小宮¹⁶⁾たちによる女性を対象としたD₂O法によるTotal Body Waterからの成績において、長嶺、鈴木式による値との相関とabdomenとの相関は、r=0.600と

Table 2. Averages of physique index and correlation coefficients between physique index and percent fat by body density and potassium-40.

	X̄	S.D	Correlation	
			B D	⁴⁰ K
Height			.041	.052
Weight			.413	.475
Relative Weight	37.3±4.7		.454	.520
Rohrer's index	126.3±15.7		.444	.499
Broca's index	99.3±12.0		.465	.524
Body fat %-D				.738

Note, D: density, B D: body density,⁴⁰K: potassium-40.

Table 3. Averages of skinfold thickness and correlation coefficients between skinfold thickness and percent fat by body density and potassium-40.

	X̄	S.D	Correlation	
			B D	⁴⁰ K
1.Triceps (mm)	9.0±4.3		.698	.750
2.Subscapula (mm)	13.0±4.6		.582	.721
3.Abdomen (mm)	14.6±7.7		.698	.853
4.Suprailiac (mm)	14.8±7.0		.705	.804
1+2 (mm)	21.9±8.3		.687	.792
1+2+3 (mm)	36.5±15.4		.714	.838
1+2+3+4 (mm)	51.3±22.1		.725	.843
Nagamine & Suzuki (1964) equation (D)	1.0658±0.0096		.688	.791

Note, D: density, B D: body density,⁴⁰K: potassium-40.

Table 4. Averages of circumferences and correlation coefficients between circumferences and percent fat by body density and potassium-40

	\bar{X} S.D	Correlation	
		B D	⁴⁰ K
1. Chest	82.9±5.8	.420	.496
2. Abdomen	75.6±6.0	.604	.683
3. Upper arm	27.0±2.4	.480	.556
4. Thigh	53.7±4.1	.447	.472
1-2	13.6±3.1	-.378	-.389

Note, B D: body density, ⁴⁰K: potassium-40.

の3種目以外の混成グループ) 4グループと一般学生の5グループに分け、これらの体格、体密度、カリウム量を表5に示した。

各グループの特徴を各項目別の平均値の差からみてる(t検定による)。身長においてグループ別の平均値間に有意差が得られたのは、アメリカンフットボールの175.3cmと混成グループの168.1cmの間に1%水準で認められたが、他は全て有意ではなかった。体重についてみると、ラグビーとアメリカンフットボールが、陸上、混成グループ、一般学生より有意($P < 0.05 \sim 0.01$)に重く、ラグビーとアメリカンフットボールでは3.8kgの差があるが有意ではなかった。比体重についてみると、ラグビー、アメリカンフットボールと陸上、混成グループ、一般学生に大別され、先の2グループと後の3グループにそれぞれ有意差($P < 0.01$)が得られた。

体密度についてみると、体格的(身長、体重、比体重)にラグビー、アメリカンフットボールより小さい陸上、混成グループが高く、陸上とアメリカンフットボール、体格的には有意差がない一般学生との間に有意差($P < 0.01$)が得られた。体脂肪率もこれと同様の傾向にあった。体密度からのLBMは、体重と似ている傾向にあったが、陸上と一般学生の間にも有意差($P < 0.01$)が得られた。

Table 5. Physical characteristics and body composition of athletic population

	a.Track & field		b.Rugby football		c.American football		d.Other athletic group		e.Ordinary students	
	N=12		N=7		N=14		N=9		N=21	
	\bar{X}	S.D	\bar{X}	S.D	\bar{X}	S.D	\bar{X}	S.D	\bar{X}	S.D
Height (cm)	170.7±6.7		173.8±6.0		175.3±5.3		168.1±5.2		171.5±6.5	
Weight (kg)	61.1±5.7		74.0±11.8		70.8±8.0		61.9±8.2		59.4±5.8	
Relative weight	35.8±2.4		42.4±6.1		40.4±4.2		36.8±4.4		34.6±3.2	
Vital capacity (ml)	4136.7±500.8		4847.1±653.7		4281.4±462.7		4007.8±571.7		3795.2±357.1	
Body density (g/ml)	1.0830±0.0099		1.0747±0.0196		1.0740±0.0051		1.0763±0.0067		1.0709±0.0127	
Percent fat-D (%)	7.8±3.9		11.1±7.7		11.3±2.0		10.4±2.7		12.6±5.1	
LBM-D (kg)	56.3±5.2		65.0±5.8		62.7±6.6		55.3±6.5		51.7±4.0	
⁴⁰ K (g)	143.0±12.3		158.1±12.1		149.8±17.9		135.1±13.0		127.7±12.8	
⁴⁰ K/W (g/kg)	2.34±0.05		2.16±0.22		2.12±0.18		2.20±0.17		2.16±0.21	
Percent fat-K (%)	11.9±2.0		18.6±8.4		20.2±6.9		17.4±6.4		18.8±8.0	
LBM-K (kg)	53.8±4.6		59.4±4.5		56.3±6.7		50.8±4.9		48.0±4.8	

0.650でむしろ前者が低い相関にあったとの報告と前掲の著者の成績と一致する。

3) 周径値と体脂肪率との相関

表4に示す如く、体格指数、皮下脂肪厚と同様、いずれの部位においても体密度法との相関よりカリウム法との相関の方が高く算出された。しかし、いずれの項目の相関係数においても皮下脂肪厚より低い係数である。

3. 運動種目別の身体組成

対象者63名を運動種目別(陸上、ラグビー、アメリカンフットボール、こ

体全カリウム量についてみると、ラグビーが陸上 ($P < 0.05$)、混成グループ、一般学生 ($P < 0.01$) より有意に高く、次いで、アメリカンフットボールが混成グループ ($P < 0.05$) と一般学生 ($P < 0.01$) より有意に高く、陸上と一般学生では有意差 ($P < 0.01$) があり、混成グループと一般学生では有意差がなかった。この値を体重比でみると、陸上が $2.34 \pm 0.05 \text{ g/kg}$ と他の4グループより有意 ($P < 0.05 \sim 0.01$) に高く、他の4グループ間には有意差がなかった。特に、体全カリウム量で最も高い $158.1 \pm 12.1 \text{ g}$ を示したラグビーと最小値 $127.7 \pm 12.8 \text{ g}$ を示した一般学生が、体重比でみると $2.16 \pm 0.22 \text{ g/kg}$ 、 $2.16 \pm 0.21 \text{ g/kg}$ と同程度であった。

体密度から得た体脂肪量についてみると、Pipesが陸上競技種目を7カテゴリーに分けて測定した結果は、Jumpsの6.7%とJavelinの9.9%の間にあるが、Lean Weightは、最も軽かった長距離走グループ2,3,6mileの61.9kgよりさらに軽い $56.3 \pm 5.2 \text{ kg}$ であった。ラグビー並びにアメリカンフットボールの体脂肪率は、Wickkiser and Kelley³¹⁾がCollege football teamを対象にしたDefensive backs15名の平均11.5%、Mayhew et al.¹⁹⁾が同じくCollege football58名の平均12.1%等の報告があり、本成績は、前者に近似した。混成グループについてみると、Mayhew et al.¹⁹⁾が先のFootballを含んだBasketball, Swimming, Soccer, Wrestlingの129名の平均 $11.0 \pm 4.2\%$ を報告しており、僅かに本成績より高い値である。しかし、LBMについては、いずれの種目においても欧米の方が大である。

本邦においては、北川と鈴木³⁰⁾の成績があるが、陸上の体脂肪率は短距離の $9.7 \pm 1.6\%$ 、長距離の $8.3 \pm 1.9\%$ であり、本成績の7.8%はこれに比較すると低い値である。Fat Mass (FM) / Height (H)、LBM / Hをみると、本成績の前者は $2.8 \pm 1.5 \text{ kg/m}$ で長距離の $2.8 \pm 0.8 \text{ kg/m}$ と近似し、後者は $32.93 \pm 1.99 \text{ kg/m}$ で短距離の $32.9 \pm 1.4 \text{ kg/m}$ と近似した。他の種目については、対象種目の成績はないが、同じく北川たちの値のポートのFM / Hは、 4.2 ± 1.5 、LBM / Hは $37.8 \pm 1.9 \text{ kg/m}$ であり、ラグビー (5.1 ± 3.9 、 $37.4 \pm 2.5 \text{ kg/m}$)、アメリカンフットボール (4.6 ± 1.2 、 $35.8 \pm 3.5 \text{ kg/m}$) が近似しているとみられる。混成グループ (3.9 ± 1.4 、 $32.9 \pm 3.4 \text{ kg/m}$) は、サッカーの 3.7 ± 1.3 、 $35.3 \pm 2.1 \text{ kg/m}$ に近似している。

次に、体格指数(比体重)、体密度、 40 k / 体重の個人値の分布状態について種目別にみる。図1の比体重についてみると、陸上は、平均値に密集した分布を示し、ラグビーのばらつきが最も大きい。アメリカンフットボールと混成グループは、ばらつきがラグビーより少し小さい。混成グループにおける密集から離れた対象者の種目は柔道で、この者を除いたこのグループの平均は、 35.4 ± 1.9 となり、陸上より平均値と標準偏差は低くなる。

図2の体密度についてみると、陸上とアメリカンフットボールの分布は、図1とは全く様相が異なり、陸上はばらつき、アメリカンフットボールが比較的密集という状態である。混成グループは、前述の柔道選手を除くと、平均値は $1.0777 \pm 0.0055 \text{ g/ml}$ で平均値が上昇し、標準偏差が小となり、比体重と同様の傾向を示す。

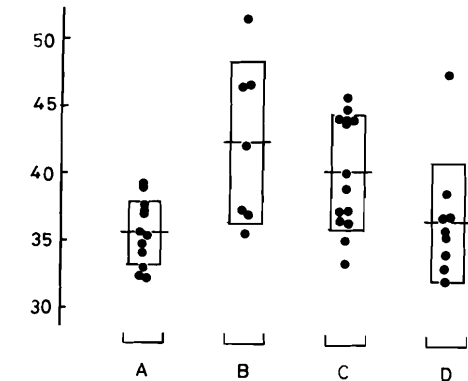


Fig. 1 Distribution of relative weight
 A : Track & field
 B : Rugby football
 C : American football
 D : Other athletic group (Track & field, Rugby football, American football)

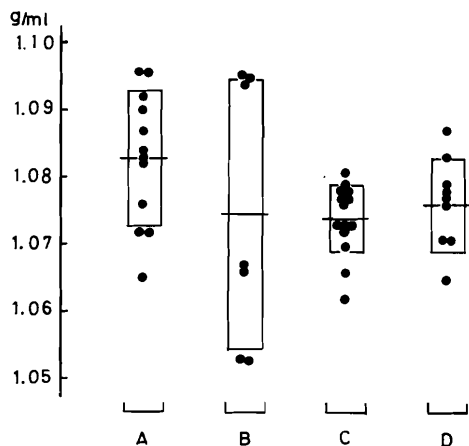


Fig. 2 Distribution of body density
 (Note. A,B,C,D are the same as in Fig.1)

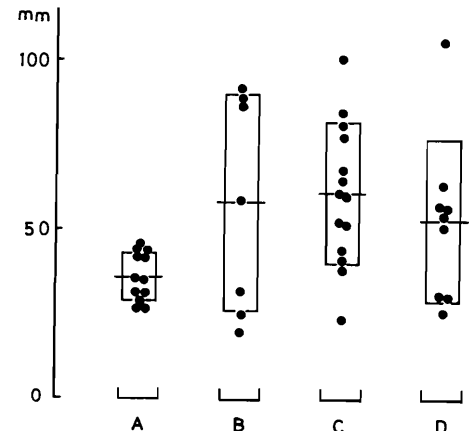
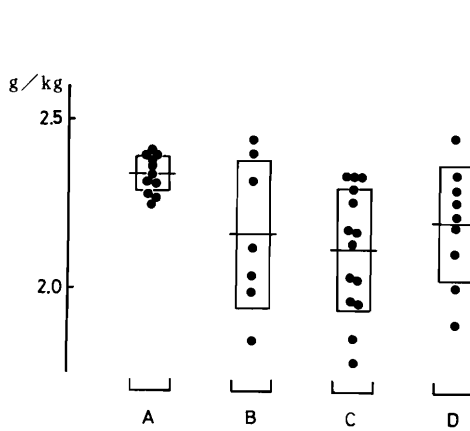


Fig. 3 Distribution of total body potassium/weight (Note, A,B,C,D are the same as in Fig.1)

Fig. 4 Distribution of sum skinfold(triceps, subscapular, abdomen, suprailiac) (Note, A,B,C,D are the same as in Fig.1)

図3の⁴⁰k/体重についてみると、分布状態は、各種目とも、先の比体重の様相と非常によく似ている。混成グループについて、先の2項目と同様に柔道選手を除いて平均すると2.23±0.14g/kgであり、先の2項目と同様の傾向がみられた。

4. 種目別の皮下脂肪厚と周径値

体幹4部位の皮下脂肪厚と周径値の平均値と標準偏差を表6に示した。皮下脂肪厚値、周径値共に全体的にはラグビーが大きな値を示した。

皮下脂肪厚の各部位別順位についてみると、陸上を除く他の3グループは、腹>腸骨稜>肩甲骨下>上腕であり、陸上は、腸骨稜>肩甲骨下>腹>上腕で他の3グループと異なった。皮下脂肪厚4部位合計の種目別平均と分布についてみると、図4に示すように分布状態は、前掲の図1の比体重と図3の⁴⁰k/体重と非常によく似ている。図2の体密度の陸上とアメリカンフットボールが、図1, 3, 4とは逆の様相を呈している。

周径値についてみると、陸上は、大腿囲が53.1±2.9cmと混成グループの52.7±3.4cmより僅かに上回っただけで、他の項目では全て最小値を示した。

IV. 考察

Table 6. Averages of skinfold thickness and circumferens of athletic populations

	a.Track & field		b.Rugby football		c.American football		d.Other athletic group	
	\bar{X}	S.D	\bar{X}	S.D	\bar{X}	S.D	\bar{X}	S.D
Skinfold (mm)								
Triceps	5.8±1.3		9.8±5.5		11.8±4.0		7.9±2.8	
Subscapular	10.7±1.9		13.4±6.0		14.7±5.4		13.7±4.8	
Abdomen	9.0±2.6		17.9±11.2		17.7±6.7		16.2±8.9	
Suprailiac	10.9±3.3		16.6±9.9		15.2±6.1		15.2±9.3	
Circumferences (cm)								
Chest	87.1±3.0		97.5±6.8		91.2±4.6		88.8±6.3	
Abdomen	72.9±2.9		80.8±10.2		78.8±4.9		74.7±4.9	
Biceps	25.7±1.6		29.2±2.0		28.4±1.9		26.6±2.1	
Thigh	53.1±2.9		58.9±4.6		55.6±3.5		52.7±3.4	

測定方法の相違による成績の比較は、一般に、体脂肪量やLBMに変換して行われている。本研究においては、体密度と⁴⁰k値を基準に行っている。これらを体脂肪率に変換すると、Womersley et al.¹⁸⁾ Krzywiki et al.の成績と同様に⁴⁰kからの値が多く見積られる傾向にあった。従って、体脂肪量やLBMについて比較する場合は、同一方法による成績でなければならないことを示唆していると考える。

⁴⁰kから体脂肪量を求める方法においては、①身体組成を脂肪とLBMの二成分に分ける、②体内カリウムはLBMのみに含まれる、③LBMのカリウム濃度は年齢、性別にかかわらず一定であるという3つの仮定条件が考えられているが、これらの仮定は、村地等²¹⁾、下田等²⁸⁾、吉沢等³⁴⁾の指摘にもあるように、LBM中のカリウム量は、臓器・組織により異なること、また、年齢、性別などによって各臓器の占める割合も異なる点である。LBM中のかなりの部分を占める細胞外液には、カリウムはごくわずかしが含まれていないので、細胞外液の多い状態では、脂肪量が過大評価されるなど多くの問題を含んでおり、妥当性については若干疑問がある。

体格指数や身体計測値より身体組成を推定する場合は、これまでの文献にみられるように皮下脂肪厚からの推定が優れているといえる。測定部位に関しては、同じく相関係数からみて、腹部、腸骨稜を含む必要度は高いといえる。

推定する方法に関しては、◎Fat量を直接推定する、◎第1に体密度を推定し、その上でBrožekやその他の研究者のFat推定式を使う等の問題や◎測定値そのものを使う、◎測定値を対数変換して使う等の問題がある。前者に関しては、皮下脂肪厚と体脂肪率(F%)、体脂肪量(FM)との相関は、表7に示したように、FMとの相関がいずれの項目においても表3に示した相関係数より高い係数が算出された。中でも、4部位合計と体密度から求めたFWとの相関 $r=0.808$ 、⁴⁰kから求めたFMとの相関 $r=0.882$ が最も高かった。これらの回帰方程式は $\hat{Y}=0.345+0.1335X$ (DからのFM)、

$\hat{Y}=-0.433+0.2346X$ (⁴⁰kからのFM)である。(Y: F%, X: 皮下脂肪厚4部位合計)

Jackson and Pollokは、生体測定値を独立変量とするLBM, Total Body Volume (TVB)の予知方程式の値をF%に変換すると、体密度の予知式から得るF%より精度が低いと述べており、生体測定値よりLBMやTVBを見積ることは、相関が高いとはいえ問題があり、さらに検討されなければならないと考えられる。

Durnin and Rahaman, Durnin and Womersleyは、皮下脂肪厚と体密度の相関は、直線的でなく曲線的なので対数変換値との回帰方程式を推奨しており、このことについて本成績の皮脂厚4部位を対数変換して相関係数を算出してみると、体密度との相関は、 $r=-0.724$ 、⁴⁰k/体重との相関は、 $r=-0.822$ であった。対数変換しない値との相関は、それぞれ -0.724 、 -0.843 であったことから、対数変換することの意義がDurnin等より低いと考えられるが、このことについては、標本の大きさ、対象の体格的、体型的なvariationの相違などによるものとも考えられ、このことについても、今後、さらに検討されなければならないと考える。

身体組成を推定する体密度や⁴⁰kなどの基準測定値の正確性に関して、Krzywiki et al.¹⁸⁾は、2つ以上の測定法を組み合わせで見積ることが、必ずしも正確性が増すとはいえないと述べている。本結果からしても、これまで述べてきたように、同様のことが考えられる。測定に関しては、⁴⁰kの測定は、対象者に何らストレ

Table 7. Correlation coefficients between skinfold thickness and fat content (body density and potassium-40.)

	Correlation	
	B D	⁴⁰ K
1. Triceps	.765	.797
2. Subscapula	.668	.761
3. Abdomen	.781	.867
4. Suprailiac	.779	.838
1 + 2	.770	.838
1 + 2 + 3	.800	.879
1 + 2 + 3 + 4	.808	.882
Nagamine & Suzuki (1964) equation	.799	.867

Note, B D: body density, ⁴⁰K: potassium-40.

スを与えることがないので年齢、性を問わず広く対象を求め、測定することができるメリットがある。しかし、デメリットとして、設備が他の方法とは比較できない程膨大であることがあげられる。これに対し、密度法(水中体重法、水置換法)、特に、水置換法は、比較的手軽に地域を選ばずに広く測定できるメリットがある。しかし、この方法は、対象者にかなりの不安と苦痛を与え、水に「潜る」ことに対する慣れの程度の問題や残気量の測定方法等の問題があり、対象者が限定される欠点があるといえる。

一方、皮下脂肪厚を独立変量とする方程式からの体密度の予知については、実測値との相関が高く、かなりの精度が期待でき、コスト、ストレス、手軽さ等で利点が多いことから、一般に利用されていることは、前述の如くである。八田等は、女子陸上選手の身長と体脂肪量の関係について分析し、インターカレッジ、関東インターカレッジ、一般選手に0.822, 0.568の高い相関係数を得、さらに、この2つの相関係数には有意差があると報告している。本成績では、陸上0.156, ラグビー-0.396, アメリカンフットボール0.263, 混成グループ0.158といずれの種目においても有意な相関ではなかった。このことは、性差というよりも一般選手と競技レベルの高い選手との間の、トレーニングの質、量、競技力等のレベルの相違並びに身体組成の相違によるものと推察される。

従って、予知式の使用にあたっては、対象者の特徴、特に、性、年齢、1週間当りの運動量、種目、競技力レベル等の別に推定式を得る必要がある。この意味から、トレーニング指標として用いる最適身体組成を推定する段階的なパラメーター等の設定が、今後、さらに検討されなければならないと考える。

V. 結論

年齢18~27歳の男子学生63名(陸上12名、ラグビー7名、アメリカンフットボール14名、これら以外の種目の混成グループ9名、一般学生21名)を対象に、体密度法(水浸法)とカリウム法による身体組成(体脂肪量, LBM)の評価と、この身体組成と身体計測値との相関関係について検討し、以下の結論を得た。

1. 対象者の2/3が日常的運動者であったが、体密度の平均値は、 $1.0751 \pm 0.00117 \text{ g/ml}$ で、日本人の平均値に近似した。

^{40}k /体重の値は、対象者の特徴(2/3が運動者)からして、かなり高くなっていることが予想されたが、平均値は、 $2.19 \pm 0.19 \text{ g/kg}$ であり、勝沼や田口等の同年齢の値より低かった。

2. 体密度と ^{40}k からの体脂肪率の見積りは、 ^{40}k からの体脂肪率が、体密度から得られたものより高く見積られる傾向にあった。
3. 身体計測値から体密度や体脂肪量を推定することについて、相関係数の高い順による判断では、皮下脂肪厚>周計>体格指数であった。

皮下脂肪厚の部位別の体脂肪率との相関では、腹部、腸骨稜部が他の2部位(上腕、肩甲骨下)より高く、皮下脂肪厚より身体組成を論ずる場合は、この2部位を含む必要性が高いといえる。

推定する方程式について、直線回帰方程式と対数変換値との回帰曲線の方程式との検討では、相関係数は両者共に全く同程度であったといえる。

4. 運動種目別の体密度、 ^{40}k /体重では、陸上において最も高く、それぞれ $1.0830 \pm 0.0099 \text{ g/ml}$, $2.34 \pm 0.05 \text{ g/kg}$ であり、アメリカンフットボールにおいて最も低く、それぞれ $1.0740 \pm 0.0051 \text{ g/ml}$, $2.12 \pm 0.18 \text{ g/kg}$ であった。

体密度からの体脂肪量と身長との相関は、高くなることが推測されたが、いずれの種目においても低い係数が算出され、競技力の高い選手達と本対象とでは、身体組成に相違があると考えられる。このことから、今後、トレーニングの指標となる運動種目別標準値や身体計測値から推定する段階的Parameter等の設定が望まれる。

5. 身体組成の測定は、水置換法(水浸法)による体密度が簡単さ、迅速さ、経済性、精度等からみて推奨される。しかし、再現性については、対象者をある程度トレーニングする必要がある。

本研究の要旨は、日本体育学会第34回大会(1983, 札幌)、第36回日本体力医学会(1983, 前橋)で発表した。

本研究は、昭和57年度、文部省内地研究として長崎大学医学部衛生学講座中村 正教授の指導の下に行うことになっていたが、中村 正教授は、病のため昭和57年5月26日急逝され、長崎大学医学部公衆衛生学講座竹本泰一郎教授に代わって指導をお願いし、研究を行ったことを付言致します。

さらに、当時ご協力頂いた長崎大学医学部衛生学教室湯川幸一講師を始めとする教職員各位、並びに、カリウムの測定を行って下さった長崎大学医学部原爆後障害医療研究施設、放射線生物物理学部門高尾秀明助手に衷心より謝意を表します。

引用文献

- 1) Allen, T.H., Anderson, E.C., and Langham, W.H. (1960): Total body potassium and gross body composition in relation to age. *J. Gerontol.*, 15, section A, 348-357.
- 2) Anderson, E.C., and Landham, W.H. (1959): Average potassium concentration of human body as a function of age. *Science*, 130, 713-714.
- 3) Barter, J., and Forbes, G.B. (1963): Correlation of Potassium-40 data with anthropometric measurements. *Ann. N.Y. Acad. Sci.*, 110, 264-270.
- 4) Boilean, R.A., Massey, B.H., and Misner, J.E. (1973): Body composition changes in adult men during selected weight training and jogging programs. *Res. Quart.*, 44, 158-168.
- 5) Brožek, J., Grande, F., Anderson, J.T., and Keys, A. (1963): Densitometric analysis of body composition: Revision of some Quantitative assumption. *Ann. N.Y. Acad. Sci.*, 110, 113-140.
- 6) 池鯉鮒治明 (1982): 体構成成分の in vivo 下における基礎代謝熱量の推算. *栄養と食糧*, 35, 39-46.
- 7) Durnin, J.V.G.A., and Rahaman, M.M. (1967): The assessment of the amount of fat in the human body from measurements of skinfold thickness. *Br. J. Nutr.*, 21, 681-689.
- 8) Durnin, J.V.G.A., and Womerstey, J. (1974): Body fat assessed total body density and its estimation from skinfold thickness: measurements 481 men and women aged from 16 to 72 years. *Br. J. Nutr.*, 32, 77-97.
- 9) Forbes, G.B., Gallup, J., and Hursh, J.B. (1961): Estimation of total body fat from potassium-40 content. *Science*, 133, 101-102.
- 10) 八田秀雄, 岩岡研典, 跡見順子, 宮下充正 (1983): 大学陸上競技選手の身体組成と performance, *日本体育学会第34回大会号*, 231.
- 11) 猪飼道夫, 藤平田英彦 (1967): 身体組成の研究 [II] - 身体比重法による身体組成の推定 -, *体育の科学*, 17, 745-750.
- 12) Jacson, A., and Pollock, M.L. (1977): Prediction accuracy of body density, lean body weight, and total body volume equations. *Med. Sci. Sports*, 9, 197-201
- 13) 勝沼晴雄 (1969): 正常日本人の体内放射性物質 (とくにカリウムおよびセシウム137) の測定, 文部省研究報告収録, 昭和43年, 放射線影響編, 9-24.
- 14) Keys, A., and Brožek, J. (1953): Body fat in adult man. *Physiological Reviews*, 33, 245-325.
- 15) 北川 薫 (1974): ローレル指数の検討 - 身体密度及び相対成長式からの研究 -. *体育学研究*, 19, 41-45.
- 16) 小宮秀一, 小室史恵, 吉川和利 (1981): 体脂肪率 (% Fat) 推定法の比較. *体力科学*, 30, 277-284.
- 17) Krzywicki, H.J., and Chinn, K.S.K. (1967): Human body density and fat of an adult male population as measured by water displacement. *Ame. J. Clin. Nutr.*, 20, 305-310.
- 18) Krzywicki, H.J., Ward, G.M., Rahman, D.P., Nelson, R.A., and Consolazio, C.F. (1974): A comparison of methods for estimating human body composition. *Ame. J. Clin. Nutr.*, 27, 1380-1385.
- 19) Mayhew, J.L., Piper, F.C., and Holmes, J.A. (1981): Prediction of body density, fat weight, and lean body mass in male athlete. *J. Sports Med.*, 21, 383-389.
- 20) McNeill, K.G., and Green, R.M. (1959): Measurements with a whole body counter. *Can. J. Phys.*, 37, 683-689.
- 21) 村地悌二, 福永安一郎, 沢田皓史, 永井輝夫, 飯沼 武, 鈴木継美 (1967): 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 -, *日本老年医学会誌*, 4, 225-232.
- 22) Nagamine, S., and Suzuki, S. (1964): Anthropometry and body composition of Japanese young men and women. *Human Biol.*, 36, 8-15.
- 23) 岡島俊三, 法村俊之 (1974): Whole-Body Counter の研究, 第1報, 測定感度の均一化について. *日本医学放射線学会雑誌*, 34, 169-178.
- 24) Pipes, T.V. (1977): Body composition characteristics of male and female track and field athletes. *Res. Quart.*, 48, 244-247.

- 25) Pollock,M.L.,Hickman,T.,Kendrick,Z.,Jackson,A.,Linnerud,A.C., and Dawson,G.(1976): Prediction of body density in young and middle-aged men. *J.Appl.Physiol.*, 40,300-304.
- 26) Rahn,H.,Fenn,W.O., and Otis,A.B.(1949): Daily Variation of vital capacity,residual air,and expiratory reserve including a study of the residual air method. *J.Appl.Physiol.*, 1,725-736.
- 27) 佐藤光毅(1975)：日本人の Body Fat Mass に関する研究－青年期の Body Fat Mass について－, *体力科学*, 24,134-150.
- 28) 下田真利子, 香川芳子, 西村 薫(1973)：肥満者の全身脂肪量測定法に関する一考察, *栄養と食糧*, 26,385-389.
- 29) 田口貞善, 上田慶子, 山地啓司, 秦 優子, 宮下充正(1976)：人体内天然放射性カリウム (^{40}k) から求めた筋肉量と最大酸素摂取量の関係, *体育学研究*, 21,19-26.
- 30) 田口貞善, 山地啓司, 北川 薫, 大築立志, 島岡 清(1980)：体力・健康・運動－その科学的基礎－, 第1版, 第1刷, *運動と身体組成*.文理閣, 京都, 183-184.
- 31) Wickkiser,J.D., and Kelly,J.M.(1975): The body composition of a college football team. *Med.Sci. Sports*, 7,199-202.
- 32) Wilmore,J.H., and Behnke,A.R.(1969): An anthropometric estimation of body density and lean body weight in young men. *J.Appl.Physiol.*, 27,25-31.
- 33) Womersley,J.,Boddy,K.,King,P.C., and Durnin,J.V.G.A.(1972): A comparison of the fat-free mass of young adults estimated by anthropometry, body density and total body potassium content. *Clini.Sci.*, 43, 469-475.
- 34) 吉沢康雄, 草間朋子(1980)：全身脂肪量の推定方法, *保健の科学*, 22,677-681.