男 女 ス ポ ー ツ 競 技 者 の 身 体 密 度 推 定 式

宮 城 修 塚 中 敦 子 松 尾 浩 世
小 川 勝 之 桜 井 佳 世 北 川 薫

EQUATIONS FOR PREDICTING BODY DENSITY IN MALE AND FEMALE ATHLETES

OSAMU MIYAGI, ATSUKO TSUKANAKA, HIROYO MATSUO, KATSUYUKI OGAWA,
KAYO SAKURAI and KAORU KITAGAWA

Abstract

This study was designed to determine prediction equations of body density (BD) for athletes using anthropometric variables and to examine validity of the prediction equations. The subjects were 211 male and 198 female athletes aged 18 to 22 years. The subjects were measured for standing height, body weight, skinfold thickness, girth as well as body composition. Body composition was estimated from densitometry using underwater weighing method and pulmonary residual volume measurement. Skinfold thickness was measured at 9 sites on the right side of the body with an Eiken-type skinfold caliper and 7 measures of girth were taken using a cloth tape. All measurements were done three times from April to October : pre-, mid- and post-competitive season, in order to find out a suitable site reflecting body composition change. Using multiple regression analysis, equations to estimate BD were obtained from standing height, body weight, skinfold thicknesses and girths. The effective prediction equations for BD were as follows :

For Males

$BD = 1.11104 - 0.00053 (\text{sum of chest, abdomen and quadriceps skinfold thicknesses in mm}) - 0.00027 (\text{waist girth in cm}).$

$R = 0.851, SEE = 0.0051.$

For Females

$BD = 1.11861 - 0.00054 (\text{sum of abdomen, triceps and subscapula skinfold thicknesses in mm}) - 0.00054 (\text{waist girth in cm}).$

$R = 0.826, SEE = 0.0062.$

A cross-validation analysis of these prediction equations for BD correlated highly with hydrodensitometrically determined BD ($r = 0.832, SEE = 0.0053$ for males and $r = 0.812, SEE = 0.0062$ for females). Thus the prediction equations developed in the present study will be applicable to athletes.

(Jpn. J. Phys. Fitness Sports Med. 1994, 43 : 415~425)

key words : Body composition, Skinfold thickness, Athletes, Cross-validation

I. 結 言

スポーツ競技者は年間を通じて一定の強度や量のトレーニングを継続して行うことは少なく、鍛練期では年間において最もトレーニング強度や量

が高く、その一方、オフ期のトレーニングはその約半分以下の強度や量で行われているのが一般的である。そのため、年間の各時期において競技者の体脂肪量と除脂肪体重(Lean Body Weight, 以下 LBW) にかなりの変化が生じていることは報

告されている^{4,5,7,15,21,24,31)}。一方, LBW は筋肉量を示すよい指標であるため, トレーニング効果および競技者の運動能力を理解するうえで重要な指標である。これらのことから, スポーツ競技者の身体組成を高い精度で測定することは競技者にとって極めて有用である。しかし, 実際の現場においてコーチなどの指導者は選手の体調をみるうえで, 未だに体重を重視する傾向にあり, ただ単に体重の増加や減少に関心を向けがちである。そのために選手の減量においては体脂肪量ばかりでなく, LBW までをも減少したり, 増量においては体脂肪量が増加してしまうなど, スポーツ競技者として好ましくない問題が生ずる結果となっている^{11,13)}。

これまでに, 簡便に身体組成を測定する方法で広く普及しているキャリパーにより皮脂厚を測定して全身の身体組成を推定するという試みは海外, 特にアメリカでは思春期¹⁸⁾, 青年期^{3,9,10,30)}および中年期^{16,25,26)}などの集団を対象として数多く報告されてきた。また, スポーツ競技者については高校生男子レスラー選手⁸⁾ および女子競技者^{17,22,28)}を対象とした報告がなされてきた。にもかかわらず, 我国のスポーツの現場においては1964年に作成された一般青年を対象とした Nagamine and Suzuki の推定式²³⁾が広く利用されているのが現状である。しかし, この推定式はスポーツを特に行っていない20代の一般青年を対象に作成されたものである。そのために20代の一般青年以外の者を対象とした場合, 十分な推定精度を得ることはできないことが指摘されている^{12,14)}。そこで, 本研究の目的は皮脂厚や周径囲からなる形態計測値から男女スポーツ競技者の身体密度推定式を作成し, かつ作成した身体密度推定式の妥当性を検討することである。

II. 方 法

A. 対 象

被検者は大学体育会のクラブに所属し, その種目の競技歴が5年以上のスポーツ競技者であった。被検者数は身体密度推定式の作成に用いた標本として男子が160名, 女子が150名であり, さ

らに作成した身体密度推定式の妥当性を検討するための Cross-validation に用いた異なる標本として男子が51名, 女子が48名であった。対象となった競技種目は, 陸上競技(短距離走, 跳躍, 長距離走, 投擲)男女, 水泳男女, バasketボール男女, ハンドボール男女, バレーボール男女, サッカー男子, ラグビー男子およびボート女子であった。

B. 測定項目

測定は全身の身体組成が水中体重秤量法による密度法, 皮脂厚はキャリパー, そして周径囲は布製の巻尺を用いて測定した。また, 全ての皮脂厚と周径囲の測定は男女各1名の検者によって行われた。なお, これらの測定は早朝空腹時の排便排尿後に実施された。測定手順等の詳細は, 以下のとおりである。

1. 水中体重秤量法による密度法の測定

被検者は水温が35~37℃に調節された深さ1.5mの水槽に入り, 水槽の底に設定した椅子型体重計(AD-6204型: エー・アンド・デイ社製)に腰を掛けて, 最大呼出後の状態で水中体重を求めた。そして, 肺の残気量を Rahn ら²⁷⁾の酸素再呼吸法により測定した後に身体密度を求め, Brozek ら²⁾の式を用いて体脂肪率を算出し, 体脂肪量とLBWを求めた。

2. 皮脂厚の測定

皮脂厚は栄研式キャリパー(明興社製)を用いて測定したが, キャリパーの圧力が $10\text{ g}\cdot\text{mm}^{-2}$ になるように, 測定の前に常に調節して用いた。測定の際は, 被検者に楽な状態で起立姿勢をとらせた。測定部位は胸部, 側胸部, 臍部, 側腹部, 上腕背部, 肩甲骨下角部, 大腿前部, 大腿後部および下腿後部の9ヶ所であった。胸部は男子が乳頭の上, 女子が乳頭と鎖骨の midpoint を結ぶ線上でその midpoint, 側胸部は中腋窩線で剣状突起の高さ, 臍部は臍の右横1cm, 側腹部は中腋窩線で臍の高さ, 上腕背部は肩峰点と橈骨点とを結ぶ線の midpoint でその背側, 肩甲骨下角部は肩甲骨下角直下, 大腿前部は腸棘点と膝蓋骨とを結ぶ線上の midpoint でその前側, 大腿後部は大腿前部での計測点の背側そして下腿後部は脛骨点から踵点の間の遠位30%でその

背側を 0.5mm 単位で測定した。なお、全ての部位について右体側部を測定した。

3. 周径囲の測定

周径囲は布製の巻尺を用いて測定した。測定項目は胸囲、臍位腹囲、腹部最小囲、臀囲、上腕囲、大腿囲および下腿囲であった。胸囲は男子が乳頭上、女子が乳頭の上位と肩甲骨下角直下を通る位置での呼吸中間位、臍位腹囲は臍位置での水平方向の周径、腹部最小囲は肋骨弓と腸骨稜との間で最も細い部分、臀囲は臀部の最大膨大部、上腕囲は肩峰点と橈骨点を結ぶ線の中点の周径、大腿囲は腸棘点と膝蓋骨とを結ぶ線上の中点の周径そして下腿囲は脛骨点から踵点の間の遠位30%の位置の周径を 1mm 単位で測定した。

C. 測定時期

身体密度推定式の作成に用いた標本については1992年のシーズン中に上記の測定を3回実施した。これは作成する身体密度推定式の測定部位の選択にあたって、シーズン中の体脂肪量の変化に対応して、どの測定部位の皮脂厚および周径囲が変化するかを明らかにするためであった。1回目の測定はシーズンに入る前の鍛練期の終了後(3~4月)、2回目の測定は7月から8月中旬にかけて行われる西日本学生選手権大会の終了直後、そして3回目の測定は9月から10月中旬にかけて行われる全日本大学選手権大会の終了直後に行った。また、Cross-validation に用いた標本については1993年の4月に測定した。

D. 統計処理

データの統計処理は Pearson の相関係数、そして差の検定は Wilcoxon の符号付順位と検定と対応のある t 検定を用いて行った。身体密度推定式は水中体重秤量法による身体密度を従属変数とし、皮脂厚および周径囲を独立変数とした重回帰分析により求めた。そして、推定精度は重相関係数(以下、R)および推定の標準誤差(Standard Error of Estimation, 以下 SEE)で示し、統計上の有意水準は5%とした。以上の計算処理は全て統計処理ソフトウェアパッケージ SPSS/PC (SPSS JAPAN, Inc.) を用いて行った。

III. 結 果

A. 身体組成と形態との関係

身体密度推定式の作成に用いられた標本の身体的特徴は Table 1, そして Cross-validation に用いられた標本については Table 2 に示した。また、シーズン前期における皮脂厚および周径囲と水中体重秤量法による身体密度との相関係数を Table 3 に示した。皮脂厚の測定部位の中で、水中体重秤量法による身体密度との間に最も高い相関関係を示した測定部位は、男女ともに臍部(男子 $r = -0.789$, 女子 $r = -0.780$)であった。そして周径囲において高い相関関係を示した測定項目は男女とも臍位腹囲(男子 $r = -0.747$, 女子 $r = -0.665$)であり、男女に共通して相関関係の高かった部位は皮脂厚および周径囲ともに腹部であった。

B. シーズン中の体重と身体組成の変化

シーズン中における体重と身体組成の変化を Table 4 に示した。体重においては男女ともシーズン前期と中期間、およびシーズン前期と後期間で有意な減少がみられた。また、体脂肪率と体脂肪量においては男女ともシーズン中の各測定時期の間で有意な減少がみられた。そして、LBW においては男子でシーズン前期と後期間で有意な増加がみられたが、女子ではシーズン中に有意な変化はみられなかった。

C. シーズン中の皮脂厚と周径囲の変化

シーズン中における皮脂厚の変化を Table 5 に示した。シーズン中を通じて皮脂厚の減少量が大きかった測定部位は、男子が側腹部(-2.6mm)、臍部(-2.2mm)および大腿前部(-2.1mm)の順であった。そして、女子は側腹部(-2.8mm)、臍部(-2.7mm)および胸部(-2.4mm)の順であった。また、シーズン中の周径囲の変化を Table 6 に示した。その結果、周径囲の減少量が大きかった測定項目は、男子が臍位腹囲(-1.8mm)、腹部最小囲(-1.5mm)および臀囲(-1.0mm)の順であった。そして、女子は臍位腹囲(-2.0mm)、腹部最小囲(-1.3mm)および大腿囲(-1.0mm)の順であった。

Table 2. Physical characteristics for cross-validation samples

Sports events		n	Height (cm)	Weight (kg)	Body Density (g/ml)	%Fat (%)	Fat (kg)	LBW (kg)
Male	Soccer	22	165.1±4.8	66.25±3.92	1.0789±0.0060	9.4±2.3	6.25±1.69	60.00±3.41
	Swimming	29	165.1±3.9	69.02±6.17	1.0744±0.0072	11.2±2.9	7.83±2.56	61.19±4.41
	Total	51	160.4±4.6	67.86±5.47	1.0763±0.0070	10.4±2.8	7.16±2.35	60.69±4.03
Female	Sprint	21	163.8±5.9	55.47±3.46	1.0548±0.0067	19.0±3.9	10.95±2.50	45.28±7.23
	Handball	27	162.3±4.0	58.05±5.23	1.0535±0.0083	19.6±3.4	11.44±2.63	46.60±3.90
	Total	48	163.8±5.3	58.51±4.17	1.0537±0.0086	19.5±3.6	11.46±2.35	47.05±3.61
Mean±SD. Body Density : Densitometry using an underwater weighing								

Table 3. Correlation coefficients between skinfold thickness or girth and body density in pre-season

		Measurment site	Male (n=160)	Female (n=150)
Skinfold thickness		Chest	-0.776	-0.713
		Side Chest	-0.731	-0.668
		Abdomen	-0.789	-0.780
		Side Abdomen	-0.783	-0.741
		Triceps	-0.655	-0.691
		Subscapula	-0.687	-0.690
		Quadriceps	-0.729	-0.673
		Biceps Femoris	-0.705	-0.590
		Medial Calf	-0.585	-0.457
Girth		Chest	-0.618	-0.566
		Waist	-0.747	-0.665
		Minimum Abdomen	-0.708	-0.566
		Hip	-0.678	-0.457
		Arm	-0.423	-0.562
		Thigh	-0.676	-0.447
		Calf	-0.494	-0.603

All correlation coefficients are statistically significant at $P < 0.01$.

Table 4. Changes of weight and body composition through the competitive season

Season		Weight (kg)	Body Density (g/ml)	%Fat (%)	Fat (kg)	LBW (kg)
Male (n=160)	Pre	69.32±8.58	1.0745±0.0087	11.1±3.5	7.91±3.54	61.42±6.03
	Mid	68.70±8.37*	1.0776±0.0079*	9.9±3.1*	6.97±3.06*	61.73±6.22
	Post	68.25±8.37*	1.0802±0.0074*†	8.9±2.9*†	6.23±2.85*†	62.02±6.42*
Female (n=150)	Pre	57.24±5.84	1.0518±0.0087	20.3±3.6	11.71±2.84	45.53±4.27
	Mid	56.37±5.80*	1.0553±0.0085*	18.9±3.5*	10.73±2.74*	45.64±4.23
	Post	56.01±5.92*	1.0576±0.0087*†	17.9±3.6*†	10.15±2.76*†	45.86±4.32

Mean±SD. *: $p < 0.05$: Pre vs Mid, Pre vs Post†: $p < 0.05$: Mid vs Post

Table 5. Changes of skinfold thickness through the competitive season

Season		Chest	Side Chest	Abdomen	Side Abdomen	Triceps	Subscapula	Quadriceps	Biceps Femoris	Medial Calf
Male (n=160)	Pre	8.8±3.4	7.2±3.5	11.7±6.9	13.6±6.8	8.4±2.9	10.7±4.3	9.4±2.9	12.6±5.2	9.0±3.0
	Mid	8.2±3.3	6.7±3.4	10.7±6.4*	12.1±6.2*	7.8±2.8	10.3±4.0	8.6±2.6	11.7±4.7	8.4±2.8
	Post	7.7±2.7*	6.2±3.0*	9.5±6.0*†	11.0±5.6*†	7.4±2.8*	10.3±4.0	7.3±2.4*†	11.4±4.3*	7.4±2.4*
Female (n=150)	Pre	14.1±4.3	11.2±4.2	17.3±6.4	14.8±6.1	14.4±4.0	13.2±4.2	22.1±4.4	26.0±6.3	17.2±4.8
	Mid	13.1±4.2	10.5±4.3	15.9±6.1*	12.9±5.9*	13.1±3.6	11.9±4.1*	20.2±4.5*	24.3±6.7*	15.6±4.3*
	Post	11.7±3.7*	9.7±4.1*	14.6±6.7*†	12.0±5.8*†	12.0±3.6*†	10.9±3.9*	18.8±4.8*†	23.0±6.6*	14.1±4.2*†
Mean±SD.		* : p<0.05 : Pre vs Mid, Pre vs Post † : p<0.05 : Mid vs Post								

D. スポーツ競技者の身体密度推定式

我国のスポーツの現場においても広く利用されている Nagamine and Suzuki の推定式²³⁾に, 本研究のスポーツ競技者の測定値を代入して得られた推定身体密度と水中体重秤量法による身体密度との関係を Fig. 1 に示した. その結果, 推定身体密度と水中体重秤量法による身体密度との間に有意な相関関係が認められたが, 推定身体密度の平均値は水中体重秤量法による身体密度の平均値に比較して, 男女とも有意に過小評価され, 本研究においても Nagamine and Suzuki の推定式はスポーツ競技者の身体組成の推定に不十分であることが分った. そこでスポーツ競技者の身体組成をより適切に推定できる身体密度推定式の作成を行うこととした. 推定式の作成にあたって考慮したのは水中体重秤量法による身体密度との相関関係が高く, かつシーズン中の体脂肪量の変化に対応して変化する皮脂厚および周径囲の部位を測定部位とすることであった. その結果, 各部位の組合せにより得られた身体密度推定式の中から優れた推定精度の推定式を Table 7 に示した. 最も推定精度が優れている推定式の測定部位は, 男子が胸部, 臍部および大腿前部の皮脂厚和と臍位腹囲の周径囲を独立変数に用いた式 ($R=0.851$, $SEE=0.0051$) であった. また, 女子の測定部位は臍部, 上腕背部および肩甲骨下角部の皮脂厚和と臍位腹囲の周径囲を独立変数に用いた式 ($R=0.826$, $SEE=0.0062$) であった.

E. 本研究で作成した身体密度推定式の Cross-validity

本研究で作成した身体密度推定式の妥当性を検討するため, Cross-validation に用いられた標本の測定値を代入して求めた推定身体密度と水中体重秤量法による身体密度との関係を Fig. 2 に示した. 男女とも作成した身体密度推定式から求められた推定身体密度と水中体重秤量法による身体密度との間に, いずれも有意に高い相関関係が認められ, かつそれぞれの方法から得られた身体密度の平均値の間に有意な差は認められなかった. そして, 推定身体密度と水中体重秤量法による身体密度との間に得られた推定精度は身体密度推

Table 6. Changes of girth through the competitive season

		unit : cm						
	Season	Chest	Waist	Minimum Abdomen	Hip	Arm	Thigh	Calf
Male (n=160)	Pre	93.7±5.2	76.5±5.7	75.1±5.6	92.4±4.5	29.5±2.9	56.1±3.7	37.9±1.9
	Mid	93.8±5.8	75.7±5.4	74.1±4.9*	92.2±4.5	29.7±2.5	55.7±3.6	38.1±1.8
	Post	94.2±5.6	74.7±5.4*†	73.6±4.8*	91.4±4.4	29.7±2.6	55.6±4.2	37.7±2.4
Female (n=150)	Pre	86.3±4.6	74.5±5.7	67.3±4.0	91.2±3.6	28.0±1.9	56.0±3.1	35.5±1.7
	Mid	87.0±4.5	73.5±5.1	66.5±3.8	91.4±3.9	27.8±2.0	55.1±3.3	35.6±1.6
	Post	86.4±4.4	72.5±5.4*†	66.0±4.0*	90.8±3.7	27.7±1.9	55.0±3.2	35.7±1.5

Mean±SD. *: p<0.05 : Pre vs Mid, Pre vs Post

†: p<0.05 : Mid vs Post

Fig. 1. Relationships between body density predicted from the equations of Nagamine and Suzuki and measured body density.

Table 7. Equations predicting body density of athletes

Prediction equatios (g/ml)		R	SEE (g/ml)
Male (n=160)			
(1) $BD = 1.11104 - 0.00053 \text{ (Chest + Abdomen + Quadriceps)} - 0.00027 \text{ (Waist)}$		0.851	0.0051
(2) $BD = 1.11215 - 0.00043 \text{ (Chest + Abdomen + Subscapula)} - 0.00032 \text{ (Waist)}$		0.842	0.0054
(3) $BD = 1.12224 - 0.00055 \text{ (Abdomen + Triceps + Quadriceps)} - 0.00041 \text{ (Waist)}$		0.831	0.0056
Female (n=150)			
(1) $BD = 1.11861 - 0.00054 \text{ (Abdomen + Triceps + Subscapula)} - 0.00054 \text{ (Waist)}$		0.826	0.0062
(2) $BD = 1.11441 - 0.00063 \text{ (Abdomen + Triceps + Quadriceps)} - 0.00037 \text{ (Waist)}$		0.815	0.0065
(3) $BD = 1.11397 - 0.00066 \text{ (Abdomen + Subscapula + Quadriceps)} - 0.00036 \text{ (Waist)}$		0.809	0.0068

R=Multiple correlation coefficient

SEE=Standard error of estimation

Fig. 2. Cross-validity of the prediction equations in this study.

定式作成時とほぼ同様な結果 (男子 $r=0.832$, $SEE=0.0053$, 女子 $r=0.812$, $SEE=0.0062$) が得られた。

IV. 考 察

皮脂厚からの身体密度推定式を1951年に Brožek and Keys¹⁾ が考案して以来, 現在に至るまで, 特にアメリカでは思春期¹⁸⁾, 青年期^{3,9,10,30)} および中年期^{16,25,26)} といった様々な年齢層やスポーツ競技者^{8,17,22,28,29)} についての推定式が数多く報告されてきている。それに対して我国では1964年に報告された Nagamine and Suzuki の推定式²³⁾ が, その適用限界を無視され, 唯一といってよいほど広汎な年齢層に用いられているばかりでなく, スポーツ競技者に対しても広く用いられている。そこで, Nagamine and Suzuki の推定式がスポーツ競技者の身体組成を十分に推定することが可能であるのかを検討するため, Nagamine and Suzuki の推定式に, 本研究のスポーツ競技者の測定値を代入して水中体重秤量法による身体密度と比較してみた。その結果, 推定身体密度の平均値は水中体重秤量法による身体密度の平均値に比較して男女とも有意に過小評価され,

Nagamine and Suzuki の推定式はスポーツ競技者の身体組成を高い精度で推定することには適していないと考えられた。そもそも Nagamine and Suzuki の推定式はスポーツを特に行っていない一般青年を対象に作成されている。スポーツ競技者は一般青年に比較して体脂肪率が小さいこと^{11,13)}, そして皮脂厚は加齢や身体鍛練度の影響を受けること¹⁴⁾ から, Nagamine and Suzuki の推定式でのスポーツ競技者の推定は精度を低下させることになったと考えられる。

このような競技者の身体的特徴から, 本研究ではスポーツ競技者の身体組成を高い精度で推定するための身体密度推定式の作成条件として, 水中体重秤量法による身体密度と相関関係が高い部位, かつシーズン中の体脂肪量の変化に対応して変化する皮脂厚および骨径の部位を測定部位とした。本研究の結果より, 作成条件を満たすには主に腹部を中心とした部位を選択することが適切であると考えられた。このような点に関して, 福永と金久⁶⁾ の相撲選手と一般人肥満者を対象とした超音波皮下脂肪厚計による皮下脂肪厚を測定した報告がある。それによると, 体幹に近位な部位ほど皮下脂肪厚の沈着が著しく体脂肪量の増大に

伴う皮下脂肪厚の沈着は腹部を中心として生じることである。したがって、腹部は高い推定精度を求めるうえでは欠くことのできない部位と考えられる。また、作成した身体密度推定式はできるだけ推定精度を高めるために、Nagamine and Suzuki の推定式で用いられているような単一変量による回帰方程式を用いず、複数の独立変量による重回帰方程式により求めた。その理由は、直線回帰方程式においても重回帰方程式においても相関係数の大きさに違いがほとんどみられなかったものの、SEE に大きな違いがみられたためである。そして、各部位の組み合わせにより作成した身体密度推定式の中からRが高く、SEEが小さく、かつ身体組成の変化を反映する測定部位を含む推定式を選択することとした。その結果、Table 7に示した式が適切と考えられたが、なかでも男子、女子の各(1)式が最適の式と考えた。

なお、本研究はさまざまな競技種目の競技者を対象として行われたが、全競技者をまとめて身体密度推定式を作成した。その点について、Malina¹⁹⁾の報告を参考にした。すなわち Malina らはオリンピック選手の皮下脂肪の分布状態について、専門とする競技種目やトレーニング内容が皮下脂肪の厚みそのものと関連付けられるが、身体における皮下脂肪の分布状態には影響をもたないと報告している。したがって、本研究は男女各々、全競技者の測定値をまとめて統計処理を行なった。

一方、本研究では作成した身体密度推定式の妥当性を確認するために、推定式の決定に用いた標本とは異なる標本を用いて検討したところ、男女とも Table 7に示した推定式とほぼ同様な推定精度が得られた (Fig. 2)。このことから、スポーツ競技者の身体組成を推定する場合、これまでに広く利用されてきた Nagamine and Suzuki の推定式に比較するとかなり高い精度で身体組成を推定できるものと考えられる。

なお、作成した身体密度推定式の推定精度は、女子が男子に比較して低い結果であった。これは身体密度推定式を男女別にみた研究に共通してみられる傾向である^{23, 25, 26)}。この要因として、丸山

たち²⁰⁾は日本人青年男女を対象に超音波法による皮下脂肪の分布の性差について検討しており、女子は男子に比較して、皮下脂肪分布の部位による差が大きいことを報告している。そのため、女子の推定精度は男子に比較して低いのではないかと考えている。

V. 要約と結論

本研究は、スポーツ競技者を対象として身体密度推定式を作成し、かつ作成した身体密度推定式の妥当性について検討した。その結果、身体密度推定式の作成条件として水中体重秤量法による身体密度と相関関係が高く、かつシーズン中の体脂肪量の変化に対応して変化する皮脂厚および周径囲の部位を測定部位とした。その結果、

男子には

$$\text{身体密度} = 1.11104 - 0.00053 X_1 - 0.00027 X_3 \\ (R = 0.851, \text{SEE} = 0.0051)$$

女子には

$$\text{身体密度} = 1.11861 - 0.00054 X_2 - 0.00054 X_3 \\ (R = 0.826, \text{SEE} = 0.0062)$$

X_1 : 胸部, 臍部, 大腿前部の皮脂厚和

X_2 : 臍部, 上腕背部, 肩甲骨下角部の皮脂厚和

X_3 : 臍位腹囲

がスポーツ競技者の身体密度推定式としてもっとも適切と考えられた。また、この身体密度推定式の妥当性については Cross-validation に用いられた標本により検討したところ、より精度の高い推定ができたことを確認した。以上のことから、スポーツ競技者を対象として、形態計測値から身体組成を推定する場合、本研究で作成した身体密度推定式を利用することが有用であると考えられる。

(受付 平成6年3月28日)

参考文献

- 1) Brožek, J. and A. Keys (1951): The evaluation of leanness-fatness in man: Norms and Interrelationships. Br. J. Nutr., 5, 194-206.
- 2) Brožek, J., F. Grande, J. T. Anderson and A. Keys

- (1963) : Densitometric analysis of body composition : Revision of some quantitative assumptions. *Ann. N. Y. Acad. Sci.*, **110**, 113-140.
- 3) Bulbulian, R.(1984) : The influence of somatotype on anthropometric prediction of body composition in young women. *Med. Sci. Sports Exerc.*, **16**, 389-397.
 - 4) Foster, C., M. Pollock, P. Farrell, M. Maksud, J. Anholm and J. Hare (1982) : Training responses of speed skaters during a competitive season. *Res. Quart. Exer. Sports.*, **53**, 243-246.
 - 5) 福永哲夫(1985) : 女子競技選手の皮下脂肪の特徴. *体育の科学*, **3**, 297-301.
 - 6) 福永哲夫, 金久博昭(1990) : 日本人の体組成. 初版, 朝倉書店, 東京, 1-73.
 - 7) Hanson, J. S. (1975) : Changes in body composition and physique of nordic skiers during a competitive season. *Med. Sci. Sports Exerc.*, **7**, 213-216.
 - 8) Henry, N. W., J. F. Smith, E. D. Mansfield, M. D. Conerly and P. A. Bishop (1986) : Validation of body composition models for high school wrestler. *Med. Sci. Sports Exerc.*, **18**, 216-224.
 - 9) Katch, F. I. and E. D. Michael, Jr. (1968) : Prediction of body density from skinfold and girth measurements of college females. *J. Appl. Physiol.*, **25**, 92-94.
 - 10) Keys, A. and J. Brožek (1953) : Body fat in adult man. *Physiol. Review.*, **33**, 245-325.
 - 11) 北川 薫(1987) : スポーツにおける栄養と体づくり. *臨床スポーツ医学*, **4**, 1331-1337.
 - 12) 北川 薫(1988) : 皮下脂肪厚測定. *保健の科学*, **30**, 342-348.
 - 13) 北川 薫(1991) : 身体組成とウェイトコントロール. 初版, 杏林書院, 東京, 26-160.
 - 14) 北川 薫(1993) : 身体組成を計る. *体育の科学*, **43**, 252-256.
 - 15) 北川 薫, 船越 謙, 菅嶋康浩, 松岡弘記(1984) : 皮脂厚からの脂肪量推定の検討. *体力科学*, **33**, 494.
 - 16) Lewis, S., W. L. Haskell, H. Klein, J. Halpern and P. D. Wood (1975) : Prediction of body composition in habitually active middle-aged men. *J. Appl. Physiol.*, **39**, 221-225.
 - 17) Lohman, T. G., M. L. Pollock, M. H. Slaughter, L. J. Brandon and R. A. Boileau (1984) : Methodological factors and the prediction of body fat in female athletes. *Med. Sci. Sports Exerc.*, **16**, 92-96.
 - 18) Lohman, T. G., M. H. Slaughter, R. A. Boileau, J. Bunt and L. Lussier(1984) : Bone mineral measurements and their relation to body density in children, youth and adults. *Human Biol.*, **50**, 667-679.
 - 19) Malina, R. M., W. H. Mueller, C. Bouchard, R. F. Shoup and G. Lariviere (1982) : Fatness and fat patterning among athletes at the Montreal Olympic Game 1976. *Med. Sci. Sports Exerc.*, **14**, 445-452.
 - 20) 丸山康子, 飯塚幸子, 吉田敬一(1991) : 超音波法による日本人青年の皮下脂肪分布の性差. *Ann. Physiol. Anthropol.*, **10**, 61-70.
 - 21) Meleski, B. W. and R. M. Malina(1985) : Changes in body composition and physique of elite university-level female swimmers during a competitive season. *J. Sports Sci.*, **3**, 33-40.
 - 22) Mayhew, J. L., F. C. Piper, J. A. Kossand and D. H. Montaldi (1983) : Prediction of body composition in female athletes. *J. Sports Med. and Physical Fitness*, **23**, 333-340.
 - 23) Nagamine, S. and S. Suzuki (1964) : Anthropometry and body composition of Japanese young men and women. *Human Biol.*, **36**, 8-15.
 - 24) Parr, R. B., R. Hoover, J. H. Willmore, D. Bachmann and R. K. Kerlan (1978) : Professional basketball players : Athletic profiles. *Phys. Sportsmed.*, **6**, 77-84.
 - 25) Pollock, M. L., E. E. Laughridge, B. Coleman, A. C. Linnerud and A. Jackson (1975) : Prediction of body density in young and middle-aged women. *J. Appl. Physiol.*, **38**, 745-748.
 - 26) Pollock, M. L., T. Hickman, Z. Kendrick, A. Jackson, A. C. Linnerud and G. Dawson (1976) : Prediction of body density in young and middle-aged men. *J. Appl. Physiol.*, **40**, 300-304.
 - 27) Rahn, H., W. O. Fenn and A. B. Otis(1949) : Daily variations of vital capacity, residual air, and expiratory reserve including a study of the residual air method. *J. Appl. Physiol.*, **1**, 725-736.

- 28) Sinning, W. E. (1978) : Anthropometric estimation of body density, fat, and lean body weight in women gymnasts. *Med. Sci. Sports Exerc.*, **10**, 243-249.
- 29) Thorland, W. G., G. O. Johnson, G. D. Tharp, T. G. Fagot and R. W. Hammer (1984) : Validity of anthropometric equations for the estimation of body density in adolescent athletes. *Med. Sci. Sports Exerc.*, **16**, 77-81.
- 30) Wilmore, J. H. and A. R. Behnke (1970) : An anthropometric estimation of body density and lean body weight in young women. *Am. J. Clin. Nutr.*, **23**, 267-274.
- 31) Wright, G. R., T. Bompa and R. J. Shephard : Physiological evaluation of winter training programme for oarsmen. *J. Sports Med. Physical Fitness*, **16**, 22-37.