

原著論文

部位別生体電気インピーダンス法を用いた 大学競技者の身体組成の検討 —異なる競技特性に注目して—

村松愛梨奈¹⁾, 乙木幸道²⁾, 井川正治³⁾

¹⁾ 日本体育大学大学院, ²⁾ 株式会社ファインライズジャパン, ³⁾ 日本体育大学

Assessment of body composition by segmental bioelectrical impedance method in Japanese college athletes —Focus on the different characteristic of sports—

Erina Muramatsu, Kodo Otoki, Shoji Igawa

Abstract: The purpose of this study was to clarify a characteristic of body composition of limbs in Japanese athletes by the segmental bioelectric impedance analysis (S-BIA) method.

The subjects were 131 college athletes (baseball, volleyball, handball, combined competition, wrestling, soft tennis, swimming; athletes group) and 107 healthy college students (control group). The items of measurement were body height, body weight, BMI, percent of body fat (%FAT), skeletal muscle mass (SMM). We measured %FAT and SMM using the S-BIA method and evaluated SMM of segmental body (upper limb, upper arm, forearm, lower limb, femoral, lower thigh) and right and left SMM balance (RL balance) of upper limb and lower limb calculated by dividing the right SMM by left SMM. The results of this study were as follows.

- 1) The athlete groups had higher SMM in whole body and RL balance in upper limbs than control groups.
- 2) All athlete groups except the soft tennis group showed significantly larger values than control group in the SMM of whole body. In the upper limbs, all athlete groups except the soft tennis group have significantly more SMM value than control group. The development of SMM in upper limbs was the different part by each athlete group. And competition properties influenced development in the SMM of lower limbs, but there is no specific development of SMM in the lower thigh all athlete groups except the volleyball group. Therefore, there is possibility suggested that competition properties do not influenced to SMM of lower thigh.

(Received: January 30, 2013 Accepted: April 2, 2013)

Key words: body composition, college athlete, segmental bioelectrical impedance method

I. 緒 言

競技者の身体組成は、トレーニング効果を反映する指標であることから、コンディションチェック項目の1つとされている。競技特性によりトレーニング内容は大きく異なり、長期間の専門的トレーニングが骨格筋の形態に及ぼす影響は大きい。競技種目により身体組成は異なると考えられている¹⁾。

また、身体組成はパフォーマンスとの関連性が大きく、例えば陸上長距離選手における体脂肪率と3,000 m走の記録の関連性²⁾や、大学サッカー選手の上・下肢の筋肉量とキックスピードの関連性³⁾などが報告されている。このように、適切な身体組成は競技

種目により異なるだけでなく、パフォーマンスとの関連性も強いことから、競技別の身体組成を明らかにすることは重要であると考えられる。競技種目はサッカー競技のように下肢を主体とした種目や、バスケットボール競技や水泳競技のように上肢と下肢の両方を使用する全身運動種目など様々な競技特性があり、種目によって主として使用する部位も異なる。また、陸上短距離競技や水泳競技のように全身を左右対象に動作を行う種目や、投擲競技や各種球技のように左右非対称に動作を行う種目などがあり、競技種目は全身の身体組成だけでなく、部位別および左右別の身体組成にも影響を及ぼすことが推察される。

現在までに身体組成の評価法として様々な手法が開

発されており, 精度が高くゴールドスタンダード法とされる水中体重秤量法^{4,5)}や二重エネルギーX線吸収 (Dual energy X-ray absorptiometry: DEXA) 法⁶⁾, その他には重水希釈法⁷⁾, 核磁気共鳴画像 (Magnetic resonance imaging: MRI) 法⁸⁾などがある. これらの方法は, 高価な測定機器や高度な技術を必要とし, 短時間での測定が難しいためフィールド研究には不適切であるものが多い. 特に, 競技者はトレーニングの計画やその評価を行う上で継続的な身体組成評価が必要であり, 現場では簡易的に測定できる評価法が求められている. 近年では身体組成の簡易的な評価法として, 生体電気インピーダンス (Bioelectrical impedance analysis: BIA) 法が注目されている. この方法はゴールドスタンダードとされている水中体重秤量法やDEXA法との関連性も高く^{9,10)}, 迅速性や運搬性, 非侵襲性の点で優れているために, フィールド研究において多く用いられている. BIA法は, 従来までの全身のデータのみを評価可能とするBIA (Whole BIA: W-BIA) 法に加えて, 左右部位別に身体組成を推定できるBIA (Segmental BIA: S-BIA) 法が開発されており, 部位別の筋量の評価が可能だけでなく, W-BIA法よりも全身の身体組成の評価に有効であることが報告されている¹¹⁾. 日本人競技者を対象とした研究では, S-BIA法における陸上投擲選手の体幹部筋量評価の有効性や¹²⁾, 陸上短距離選手の部位別身体組成評価の有効性¹³⁾が報告されていることから, 競技者の身体組成を簡易的に評価する方法としてはS-BIA法が有効な方法であると考えられる.

また, 身体組成には人種差が存在し, 例えば日本人成人の身長あたりの除脂肪量 (Fat Free Mass: FFM) は白色人種よりも有意に小さい値を示すことが明らかにされており¹⁴⁾, 身体組成は遺伝的な要因に影響されると考えられる. また, ネパール人と日本人の身体組成を検討した先行研究¹⁵⁾でも同様に身体組成の人種差が明らかにされており, 食生活等の環境的要因が身体組成に影響している可能性を示唆している. このことから, 身体組成を検討する上では遺伝的かつ環境的要因による人種差を考慮することは重要であり, 競技者においても日本人独自の研究が必要であると考えられる. しかしながら, S-BIA法を用いた日本人競技者の四肢の筋肉量やその特徴を種目別に明らかにした報告は少ないのが現状である⁶⁾. そこで本研究では, S-BIA法を用いて日本人大学競技者の身体組成および四肢筋量の特徴を, 一般学生と比較することで種目別に明らかにすることを目的とした.

II. 方 法

1. 被験者

被験者は日常的にトレーニングを継続している大学男子競技者131名 (運動群) および対象群として運動習慣を有さない健康な大学生107名 (コントロール群) を対象とした. 競技種目は野球 ($n=15$), バレーボール ($n=16$), ハンドボール ($n=20$), 陸上混成競技 ($n=13$), レスリング ($n=42$), ソフトテニス ($n=12$), 水泳 ($n=13$) の7種目であった. 本研究の対象者は, 関東1部リーグ所属以上のレベルを有するものを対象とした. また, あらかじめ対象者には本実験の目的を十分に説明し, 同意を得た上で実験を行った.

2. 測定項目および測定方法

身体特性の測定に先立って, 年齢, 身長および体重をアンケート形式で記入させ, その後S-BIA法を用いて身体組成の測定を行った.

(1) S-BIA法を用いた身体組成の測定

S-BIA法による身体組成の測定は, 50 kHzの周波数, 500 μ Aの定電流を発生するように設計されている12電極方式の身体組成測定器 (Physion MD, Physion社製) を用いて実施した. この機器は, 仰臥位で簡便に部位別の身体組成を測定することができ, 筋肉量も正確に測定可能であるため, 多くの研究で身体組成の評価に用いられている^{16,17,18,19)}. 測定部位は全身, 左右別の上下肢であり, 測定項目は筋肉量 (skeletal muscle mass: SMM) および体脂肪率 (%FAT) であった. SMMのみ, 四肢の左右別に測定が可能であり, 上腕, 前腕, 上肢 (上腕+前腕), 大腿, 下腿, 下肢 (大腿+下腿) のSMMを左右別に算出した. 全身のSMMにおいては, 上肢と下肢の筋量の総量とした. また, 北川ら²⁰⁾は脂肪量およびFFMが身長と有意な正の相関があることを明らかとし, 身体組成は身長あたりの値で算出している. このことから, 本研究も同様にSMMは全て身長1mあたりの値を算出した. また, 上肢および下肢のSMMの左右バランス (SMM左右比) は, 右のSMMを左のSMMで除すことで算出した.

S-BIA法を用いた測定における電極貼付位置は, 電流印加電極を第2中手骨と第3中手骨の中間および第2中足骨と第3中足骨の中間に, 電圧計測電極を遠位部は橈骨茎状突起と尺骨茎状突起の中間および内果と外果の中間に, 近位部は腕橈間接外側および膝部外側腓骨頭上とした. 測定中は仰臥位姿勢を保持し, 両手両足を軽く開いた状態で手首足首, 肘膝をアルコールで十分に清拭した後, 電極を貼付けた.

Table 1. Physical characteristic of subject (athletes vs controls).

	Athlete (n=131)	Control (n=107)	<i>p</i>
Age (year)	20.0 ± 1.3	21.2 ± 2.4	**
Height (cm)	173.4 ± 7.8	172.7 ± 5.6	
Weight (kg)	70.2 ± 8.4	65.3 ± 7.7	**
%FAT (%)	10.8 ± 5.4	11.5 ± 4.5	
BMI (kg/m ²)	23.3 ± 2.3	21.9 ± 2.1	**

Values are mean ± S.D. BMI: body mass index
** *p* < 0.01 compared with control.

Table 2. Skeletal muscle mass of subject (athletes vs controls).

SMM		Athlete (n=131)	Control (n=107)	<i>p</i>
Whole SMM (kg/m)	L	9.36 ± 1.17	8.41 ± 0.98	**
	R	0.86 ± 0.20	0.76 ± 0.12	**
Upper limb SMM (kg/m)	L	0.94 ± 0.23	0.77 ± 0.11	**
	R	0.50 ± 0.16	0.44 ± 0.08	**
Upper arm SMM (kg/m)	L	0.50 ± 0.16	0.44 ± 0.08	**
	R	0.56 ± 0.19	0.44 ± 0.08	**
Forearm SMM (kg/m)	L	0.36 ± 0.07	0.32 ± 0.05	**
	R	0.38 ± 0.06	0.33 ± 0.05	**
Lower limb SMM (kg/m)	L	3.75 ± 0.49	3.45 ± 0.45	**
	R	3.81 ± 0.65	3.43 ± 0.45	**
Femoral SMM (kg/m)	L	2.83 ± 0.47	2.53 ± 0.39	**
	R	2.88 ± 0.65	2.49 ± 0.39	**
Lower thigh SMM (kg/m)	L	0.92 ± 0.14	0.92 ± 0.17	
	R	0.93 ± 0.14	0.94 ± 0.19	

Values are mean ± S.D.
SMM: skeletal muscle mass L: left, R: right
** *p* < 0.01 compared with control.

Table 3. Physical characteristic and skeletal muscle mass of subject (athletes vs controls).

	Baseball	Volleyball	Handball	Combined events	Wrestling	Soft tennis	Swimming	
<i>n</i>	15	16	20	13	42	12	13	
Age (year)	20.7 ± 1.4	19.5 ± 1.2**	20.0 ± 1.4*	20.8 ± 1.1	20.0 ± 1.3**	20.1 ± 0.8	19.2 ± 0.6**	
Height (cm)	173.6 ± 4.3	181.5 ± 9.0**	176.1 ± 7.2*	175.2 ± 4.1	168.3 ± 6.6**	172.1 ± 6.7	175.4 ± 6.9	
Weight (kg)	69.9 ± 6.5*	73.5 ± 7.4**	73.0 ± 10.1**	66.4 ± 4.6	70.3 ± 9.7**	64.7 ± 4.8	70.3 ± 6.0*	
%FAT	12.9 ± 4.1	13.2 ± 6.1	13.3 ± 5.9	10.3 ± 3.5	7.6 ± 5.3**	12.2 ± 2.5	11.1 ± 4.0	
BMI (kg/m ²)	23.2 ± 1.8*	22.3 ± 1.6	23.5 ± 2.7**	21.6 ± 1.0	24.7 ± 2.3**	21.9 ± 1.3	22.9 ± 1.6	
Whole SMM (kg/m)	8.98 ± 0.79*	9.42 ± 1.16**	9.34 ± 0.90**	9.02 ± 0.53*	9.65 ± 1.35**	8.75 ± 1.38	9.76 ± 1.31**	
Upper limb SMM (kg/m)	L	0.87 ± 0.42*	0.81 ± 0.09	0.79 ± 0.07	0.80 ± 0.06	0.98 ± 0.17**	0.71 ± 0.10	0.85 ± 0.14
	R	0.94 ± 0.38**	0.89 ± 0.16**	0.81 ± 0.09	0.84 ± 0.12	1.11 ± 0.21**	0.76 ± 0.10	0.93 ± 0.15**
Upper arm SMM (kg/m)	L	0.54 ± 0.36*	0.45 ± 0.05	0.48 ± 0.05*	0.47 ± 0.05	0.57 ± 0.13**	0.39 ± 0.07*	0.47 ± 0.11
	R	0.58 ± 0.33**	0.52 ± 0.14**	0.47 ± 0.07	0.48 ± 0.07	0.67 ± 0.18**	0.42 ± 0.07	0.55 ± 0.14**
Forearm SMM (kg/m)	L	0.33 ± 0.06	0.35 ± 0.05**	0.31 ± 0.03	0.33 ± 0.02	0.41 ± 0.05**	0.32 ± 0.04	0.38 ± 0.12**
	R	0.35 ± 0.06	0.37 ± 0.06**	0.34 ± 0.03	0.36 ± 0.06*	0.43 ± 0.06**	0.34 ± 0.04	0.38 ± 0.06**
Lower limb SMM (kg/m)	L	3.65 ± 0.42	3.76 ± 0.53**	3.75 ± 0.38**	3.64 ± 0.34	3.78 ± 0.47**	3.55 ± 0.31	4.04 ± 0.83**
	R	3.53 ± 0.35	3.96 ± 0.59*	3.98 ± 0.51**	3.74 ± 0.26*	3.78 ± 0.79**	3.73 ± 1.07	3.94 ± 0.41**
Femoral SMM (kg/m)	L	2.70 ± 0.44	2.71 ± 0.56	2.85 ± 0.33**	2.71 ± 0.30	2.91 ± 0.39**	2.64 ± 0.23	3.15 ± 0.87**
	R	2.56 ± 0.41	2.94 ± 0.50**	3.04 ± 0.45**	2.84 ± 0.26**	2.85 ± 0.81**	2.89 ± 1.10*	3.02 ± 0.36**
Lower thigh SMM (kg/m)	L	0.95 ± 0.06	1.06 ± 0.16**	0.91 ± 0.09	0.92 ± 0.16	0.88 ± 0.13	0.91 ± 0.16	0.89 ± 0.12
	R	0.97 ± 0.11	1.02 ± 0.16	0.94 ± 0.14	0.90 ± 0.13	0.93 ± 0.15	0.84 ± 0.14	0.92 ± 0.11

Values are mean ± S.D.
SM: skeletal muscle mass L: left, R: right
** *p* < 0.01, * *p* < 0.05 compared with control.

4. 統計処理

各項目の測定結果は、平均値 ± 標準偏差で示した。運動群とコントロール群および各種目群とコントロール群の身体組成の平均値の差の比較には、対応のない *t* 検定を用いた。有意水準はいずれも 5% 未満とした。

III. 結果

1. 運動群の身体組成

運動群とコントロール群の身体特性を Table 1 に示した。運動群はコントロール群と比較して、体重および BMI で有意に高い値を示したが (*p* < 0.01), %FAT では有意な差はみられなかった。また、全身および各部位の左右別 SMM を Table 2 に示した。全身の SMM はコントロール群と比較して有意に高い値を示し (*p* < 0.01), 四肢の SMM は下腿部以外の部位で左右ともに運動群が有意に高い値を示した (*p* < 0.01)。上肢の SMM 左右比については、運動群 (1.10 ± 0.27) がコントロール群 (1.03 ± 0.10) と比較して有意に高い値を示したが (*p* < 0.01), 下肢の SMM 左右比においては運動群 (1.02 ± 0.13) とコントロール群 (1.00 ± 0.09) で有意な差はみられなかった。

2. 競技種目別の身体組成

各種目群とコントロール群の年齢、身長、体重、%FAT、BMI、部位別 SMM を Table 3 に示した。競技種目別に身体組成をコントロール群と比較した結果、野球群は体重と BMI で有意に高い値を示し (*p* <

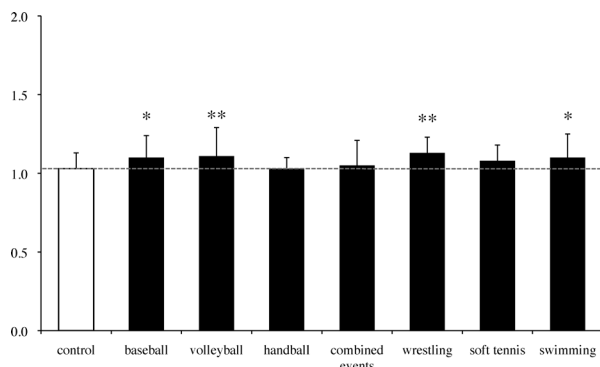


Fig. 1. The ratio of the right and left skeletal muscle mass in the upper limbs in each group. (right skeletal muscle mass/left skeletal muscle mass)
** p<math>< 0.01</math>, * p<math>< 0.05</math> compared with control group. Dashed line denote control value.

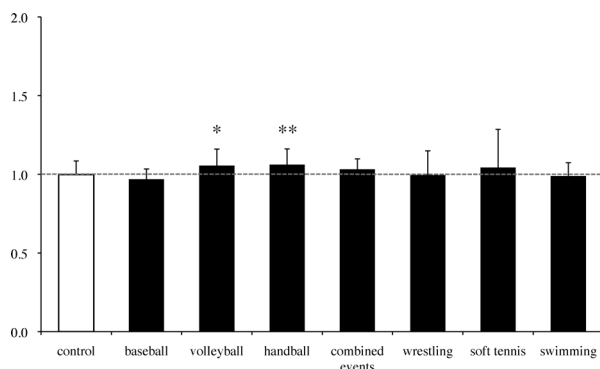


Fig. 2. The ratio of the right and left skeletal muscle mass in the lower limbs in each group. (right skeletal muscle mass/left skeletal muscle mass)
** p<math>< 0.01</math>, * p<math>< 0.05</math> compared with control group. Dashed line denote control value.

0.05), 全身のSMMも同様に有意に高い値を示した ($p<0.05$). また, 上肢左右のSMMは有意に高い値を示し (上肢左: $p<0.05$, 上肢右: $p<0.01$), 部位別では上腕の左右で有意に高い値を示した (上腕左: $p<0.05$, 上腕右: $p<0.01$). 競技種目別のSMM左右比については, 上肢をFig. 1, 下肢をFig. 2に示した. 野球群は, 上肢のSMM左右比がコントロール群と比較して有意に高い値を示し ($p<0.05$), 野球選手は上肢右側のSMMが多い特徴を有することが明らかとなった.

バレーボール群は身長や体重がコントロール群と比較して有意に高い値を示し ($p<0.01$), BMIについては有意差がみられなかった. バレーボール群は, 全身のSMMに加えて, 上肢の右側および下肢の左右ともに有意にSMMが高い値を示した ($p<0.01$). 部位別のSMMについては上腕左部以外の全ての項目で有意に高値を示した ($p<0.01$). また, 上肢および下肢の

SMM左右比は有意に高い値を示し (上肢: $p<0.01$, 下肢: $p<0.05$), 上肢下肢ともに右側のSMMが多い特徴を有することが明らかとなった.

ハンドボール群についてはコントロール群と比較して, 身長および体重, BMIが有意に高い値を示した (身長: $p<0.05$, 体重・BMI: $p<0.01$). 全身のSMMおよび下肢のSMMはコントロール群よりも有意に高い値を示し ($p<0.01$), 上肢のSMMにおいては有意差がみられなかった. しかしながら, 上肢の部位別SMMでは上腕左側のSMMにおいてハンドボール群が有意に高い値を示した ($p<0.05$). 下肢の部位別SMMでは, 下腿には差がみられないが, 大腿では左右ともに有意に高い値を示した ($p<0.01$). 下肢のSMM左右比はコントロール群と比較して高い値を示したことから ($p<0.01$), ハンドボール群の下肢は右側のSMMが多い特徴を有することが明らかとなった.

陸上混成競技群についてはコントロール群と比較して, 身長, 体重, %FATおよびBMIには有意な差はみられず, 全身のSMMにおいて有意に高い値を示した ($p<0.05$). 上肢左右および下肢左側には有意差はみられず, 下肢の右側のみSMMが有意に高い値を示した ($p<0.05$). 上肢の部位別SMMでは, 前腕の右側が有意に高い値を示し ($p<0.05$), 下肢では大腿の右側で有意に高い値を示した ($p<0.01$). しかしながら, SMM左右比については有意な差はみられず, コントロール群と同様の値であった.

レスリング群についてはコントロール群と比較して, 身長が有意に低い値を示した ($p<0.01$) 一方で, 体重およびBMIは高い値を示した ($p<0.01$). また, %FATは有意に低い値を示した ($p<0.01$). 全身のSMMについては有意に高い値を示し ($p<0.01$), 部位別および左右別のSMMについては, 下腿右側以外の全ての部位で有意に高い値を示した ($p<0.01$). 上肢のSMM左右比については有意に高い値を示したことから ($p<0.01$), レスリング群は上肢右側のSMMが多い特徴を有することが明らかとなった.

ソフトテニス群については, コントロール群と比較して身長, 体重, %FAT, BMIおよび全身のSMMに有意な差はみられなかった. 部位別のSMMでは, 前腕の左側のSMMが有意に低い値を示し ($p<0.05$), 大腿部右側のSMMは有意に高い値を示した ($p<0.05$). また, 上肢と下肢のSMM左右比には有意差はみられなかった.

水泳群においてはコントロール群と比較して, 体重が有意に高い値を示し ($p<0.05$), 全身のSMMも有意に高い値を示した ($p<0.01$). 部位別の左右SMMについては, 上肢の右側および下肢の左右で有意に高

い値を示し ($p < 0.01$)、上肢の部位では上腕部左側以外の部位においてSMMが有意に高い値を示した ($p < 0.01$)。下肢の部位では、大腿左右のSMMは水泳群が有意に高い値を示し ($p < 0.01$)、下腿においては有意な差はみられなかった。上肢のSMM左右比は有意に高い値を示し、水泳群は上肢の右側のSMMが多い特徴を有することが明らかとなった。

IV. 考 察

競技特性は身体組成に大きな影響を及ぼすと考えられており、全身だけでなく部位別および左右別の身体組成にも影響を及ぼすことが推察される。そのため、種目特性別に左右部位別の詳細な身体組成を検討することが重要である。現在までの競技者を対象とした身体組成の研究は、特定の部位に着目した報告²¹⁻²²⁾や、特定の競技種目のみに着目する場合が多い²³⁻²⁶⁾。そこで、本研究ではS-BIA法を用いて様々な種目特性を有する7種目を対象とし、コントロール群と比較する事で各種目における競技者の全身および部位別、左右別の身体組成やSMMの分布の特徴を明らかにする。

まず、野球、バレーボール、ハンドボール、陸上混成競技、レスリング、ソフトテニス、水泳の7種目を含む運動群は、コントロール群と比較して体重やBMI、四肢のSMMにおいて高い値を示しており、一般大学生よりも大きな体格を有する特徴があるといえる。羽田ほか²⁷⁾は競技者が一般大学生と比べて、全身のSMMや上肢のSMMが一般大学生と比較して大きいことを報告しており、本研究も同様の結果であった。また、競技者の%FATは低値を示すという報告がされているが²⁷⁾、本研究では%FATがコントロール群と同じ値を示した。これらの結果は、本研究で対象とした種目特性が影響している可能性が考えられる。また競技者の左右バランスについて、高橋ほか²⁸⁾は多くの競技選手が上肢右側のSMMが多く、下肢におけるSMMの左右差は少なかったと報告しており、本研究も同様の結果を示した。このことから、競技者の身体特性は一般学生と比較して、上肢におけるSMMの左右バランスに大きな影響を及ぼし、特に右側のSMMが多い特徴を有することが明らかとなった。

種目別の身体組成においては、野球群は体重とBMIともにコントロール群と比較して有意に高い値を示しており、これは全身のSMMが有意に高い値を示したことが体重やBMIに影響していると考えられる。先行研究では、野球選手の投球速度と全身のSMMは有意な相関関係があることが報告されており²⁹⁾、全身のSMMを多く有することは野球選手の競技力向上において重要であり、理想的な身体組成であると考えられる。また、上肢ではSMMおよびSMM左右比において高

い値を示した。先行研究では、投球側の棘下筋厚が非投球側に比べて有意に厚いという報告³⁰⁾や、上腕の筋厚において左右差がみられたことが報告³¹⁾されており、このことから野球選手は上肢のSMMが多いだけでなく、上肢右側のSMMが左側よりも多いという特異的な発達が見られることが明らかとなった。このような上肢のSMM分布の特徴は、繰り返しの非対称な投運動を行う競技特性による影響である可能性が考えられる。したがって、野球選手は投球側と考えられる右上肢の筋の発達が顕著にみられ、上肢に特異的な筋の発達がみられることが明らかとなった。

バレーボール群は身長や体重、全身のSMMがコントロール群と比較して有意に高い値を示した。バレーボール選手は、一般人と比較して身長が高いことが報告されており³²⁾、本研究も同様の結果を示した。バレーボール選手の身長はジャンプによる最高到達高と有意な相関関係が報告されており³³⁾、競技力に関わる重要な項目である。そのため、高い身長を有することはバレーボール選手の種目特性であるといえる。また、右上肢のSMMはコントロール群よりも多く、上肢のSMM左右比も有意に高い値を示したことから、バレーボール選手は上肢右側のSMMが多いという特異的な発達が見られることが明らかとなった。これは野球選手と同様に、バレーボール競技におけるアタック動作のような非対称な動作を行う競技特性が影響していると考えられる。また、下肢では、コントロール群と比較して左右ともにSMMが有意に高く、大腿右側だけでなく下腿左側のSMMも高い値を示したことから、バレーボール選手は下肢においてもSMMが多いという特徴を有することが明らかとなった。角田ほか¹⁾は、バレーボール選手の大腿筋断面積を構成する大腿直筋、外側広筋、内側広筋、中間広筋の角断面積が一般人と比較して大きいことを報告しており、バレーボール選手は大腿のSMMが多い種目であることが明らかにされている。また、下肢筋量も一般人と比較して多い³⁴⁾ことも報告されており、本研究も同様の結果であった。このようなバレーボール選手の下肢の特異的なSMMの発達は、膝を伸展させるジャンプ動作が影響している可能性が考えられる。

ハンドボール群については身長および体重、BMI、全身SMMにおいて有意に高い値を示し、コントロール群と比較して大きな体格を有することが示された。ハンドボール選手において、レベルの高い選手は低い選手と比較して全身のFFMが多く、ハンドボール投げの距離も高値を示すことが報告されており³⁵⁾、全身SMMが多いことが競技力に影響すると推察される。このことから、全身のSMMはハンドボール選手において重要な項目であると考えられ、全身のSMMを増

やすことが競技力向上において重要であると考えられる。また、上肢については、上腕右側で有意にSMMが高い値を示す傾向が示され、下肢は左右ともにSMMが有意に高い値を示した。この結果は、野球選手やバレーボール選手と同様に上肢の投動作や、下肢のジャンプ動作が非対称な動作であることがSMMの特異的な発達に関係している可能性が考えられる。

陸上混成競技群については、身長や体重に特徴はみられなかったが、全身のSMMがコントロール群と比較して有意に多い結果であった。陸上競技における投擲選手や短距離選手はFFMと最大無酸素性パワーの関係性が報告されており³¹⁾、両競技特性を含む混成競技はFMMに含まれるSMMを増やすことが望まれるため、全身SMMが多い特徴を示したと考えられる。また、SMM左右比もコントロール群と同様である一方で、前腕右側のSMMが有意に多い結果を示した。これは混成競技には投動作が含まれており、左右非対称な投動作が前腕のSMMに特異的な発達がみられたと考えられる。しかしながら、混成競技は投動作以外に、左右対称的な動作である走運動も多く含まれているため、上肢および下肢のSMM左右比において特異的な発達がみられなかったと推察される。

レスリング群については、コントロール群と比較して身長が有意に低い値を示した一方で、体重が高い値を示し、%FATは有意に低い値を示した。体重が高値を示した要因として、全身のSMMが多く、部位別のSMMにおいても下腿部右側以外の部位でコントロール群よりも高い値を示したことが影響していると考えられる。先行研究では、一流レスリング選手は%FATが低いことが報告されており³⁶⁾、対人競技および計量を伴う階級制の競技であるために%FATが低く、SMMが多いことは理想であると考えられている²⁶⁾。また、先行研究ではレスリング選手の筋厚が下腿以外の部位で一般人よりも高値を示すことが報告されており³⁷⁾、本研究も同様の結果であった。このことから、本研究のレスリング選手は%FATやSMMともに競技に理想的な体型であり、レスリング選手の身体組成は%FATが低いこと、下腿以外のSMMが特異的な発達を示すことが特徴であることが明らかとなった。また、上肢の左右比はコントロール群と比較して高値を示しており、上肢を用いる動作が多い競技特性が上肢のみの左右比に影響した可能性が考えられる。

ソフトテニス群については、身長と体重はコントロール群と有意な差はみられなかった。先行研究においてジュニアテニス選手の形態に競技特性が影響しないことが報告されており³⁸⁾、本研究でも同様に全身の身体組成では特徴的なSMMの発達が認められなかった。このことから、テニスの種目特性はジュニア選手

だけでなく大学選手の形態にも影響しない可能性が示唆された。また、前腕左側のSMMがコントロール群と比較して有意に低い値を示し、左上肢と右上肢のSMMをテニス群内で比較したところ、右上肢のSMMが左上肢のSMMよりも有意に高い値を示した($p < 0.05$)。これはラケットを用いて上肢の片側を繰り返し使用する競技特性により左右のSMM発達の違いに影響を及ぼした可能性が考えられる。奥村ほか²²⁾はテニス競技の継続は利き手側の肩腱板筋群の筋肥大をもたらすことを報告しており、このことからテニス選手は右上肢のSMMが左上肢よりも大きい結果を示したと考えられる。しかしながら、コントロール群と比較した場合、テニス選手は全身および各部の身体組成には大きな特徴はみられず、コントロール群と類似した身体組成を示すことが明らかとなった。

水泳群においてはコントロール群と比較して、体重および全身のSMMが高い値を示した。SMMは全身のSMMだけでなく、上腕左側以外の上肢の部位および大腿左右のSMMで有意に高い値を示し、多くの部位でSMMが多い結果を示した。これは水泳競技が上・下肢の両方を使う全身運動であることが影響している可能性が考えられる。また、左右対称な動きが特徴的な種目であるが、上肢においては右側のSMMのみ高値を示し、SMM左右比においても高値を示した。このように左右対称な動作を行う種目であるが、呼吸動作等のわずかな左右非対称動作が片側のSMMの発達に影響を及ぼしている可能性が考えられた。また、仲ほか⁶⁾は、競泳選手は一般人と比べて%FATが少ないことを報告しているが、本研究では%FATはコントロール群と同様の結果であった。これは、水中という特殊環境で競技を行うため、浮力が必要とされるという種目特性が一般学生と同様の%FAT値に影響していると考えられる。このように、水泳選手は上肢および下肢の両方のSMMに特異的な発達がみられ、上肢では右側のSMMが多いバランスを有することが明らかとなった。

これらの競技種目に共通する競技特異性にSMMの発達をみると、上半身において投動作や打動作を繰り返す球技種目の野球群、バレーボール群、ハンドボール群およびソフトテニス群では、ソフトテニス群を除く3種目において上腕のSMMに特異的な発達が認められた。上腕のSMMはバレーボール群およびハンドボール群は上腕の片側のみがコントロール群と比較して高い値を示し、野球群は両側のSMMがともに高い値を示した。また、野球群は左上腕のSMMと比較して右上腕のSMMが有意に高い値を示し、上腕部右側のSMMが左側よりも特異的に発達していることが明らかとなった。このことから、上肢の左右非対称

な動作を繰り返し行う競技特性は上腕においてSMMの特異的な発達に大きく影響することが明らかとなった。また、下半身においてジャンプ動作を繰り返し行う球技種目のバレーボール群およびハンドボール群では、下肢や大腿に共通して特異的な発達が認められており、特に下肢のSMMは左右ともにコントロール群よりも高い値を示した。このことから、繰り返しのジャンプ動作を行う競技特性は、下肢のSMMに大きな影響を及ぼすことが明らかとなった。一方で混成種目群は、上肢を用いた投動作および下肢を用いた跳躍動作を繰り返し行う競技特性を有するが、上記に挙げた種目特性による特異的なSMM発達はみられなかった。このような特異的なSMMの発達がみられなかった要因として、混成種目には左右非対称な投動作に加えて、左右対称な走動作も競技特性に含まれており、混成種目に含まれる多数の競技特性により、1つの競技特性がSMMに及ぼす影響が顕著に現れなかった可能性が考えられる。

以上の結果から、本研究では競技種目別および競技特性別の全身および部位別の身体組成の特徴が明らかとなった。全身のSMMについては、ソフトテニス群を除く全ての種目群において、コントロール群よりも多い量を有する一方で、各部位のSMMの分布は各種目特性により異なる特徴がみられた。特に上肢のSMMでは、部位は異なるもののソフトテニス群を除く全ての群で特異的な発達がみられており、競技種目は上肢のSMM分布に大きく影響することが明らかとなった。下肢においても、部位は異なるものの野球群を除く全ての群において、特異的な発達がみられた。しかしながら、下腿においてはバレーボール群以外では特異的なSMMの発達がみられず、競技種目が下腿のSMMの発達に及ぼす影響が少ない可能性が考えられた。このように、身体組成は競技種目や競技特性により特異的な発達がみられるとともに、パフォーマンスの向上において重要な項目である。一方で、選手のレベルが上がれば上がるほどパフォーマンスは動作効率による影響が大きくなるため、今後は身体組成だけでなく基礎的な動作や体力も同時に評価することが課題として挙げられる。

V. 結 論

1. 大学競技選手は一般大学生と比較してSMMが多く、上肢においては右側のSMMが多い特徴がみられた。
2. 各競技選手と一般大学生を比較したところ、ソフトテニス群を除く全ての競技群において全身のSMMは多く、上肢でのSMMの発達も同様に特異的な発達がみられた。しかしながら、これ

らのSMMの発達部位は競技種目により異なる発達部位であった。下肢のSMMの発達も競技種目により異なるが、下腿においてはバレーボール群以外では特異的な発達がみられず、下腿のSMMには競技特性が及ぼす影響は少ない可能性が考えられた。

文 献

- 1) 角田直也・金久博昭・福永哲夫・近藤正勝・池川繁樹 (1986) 大腿四頭筋断面積における各種競技選手の特徴. 体力科学, 35: 192-199.
- 2) 森田修一・石井隆士・上田 大・黄 仁官・関口 脩 (2004) 大学女子長距離ランナーの身体組成に関する研究. NITTAI Sports Training Journal, 1: 1-5.
- 3) 鉄口宗広・福井哲史・入口 豊・三村寛一 (2009) 大学サッカー選手におけるキックスピードと身体特性との関連について. 大阪教育大学紀要, 58(1): 119-128.
- 4) Gnaedinger RH, Reineke EP, Pearson AM, Vanhuss WD, Wessel JA, and Montoye HJ (1963) Determination of body density by air displacement, helium dilution, and underwater weighting. Ann. N. Y. Acad. Sci, 110: 96-108.
- 5) Wilmore JH (1969) The use of actual predicted and constant residual volumes in the assessment of body composition by underwater weighing. Med. Sci. Sports, 1: 87-90.
- 6) 仲 立貴・韓 一榮・大野 誠 (2008) 女子バスケットボール選手と水泳選手の部位別左右別身体組成. 日本体育大学紀要, 38(1): 1-8.
- 7) 彭 雪英・齊藤慎一・引原有輝・海老根直之・吉武裕 (2005) 長期の運動習慣を有する中年女性におけるエネルギー消費量, 体組成および最大酸素摂取量. 体力科学, 54(3): 237-248.
- 8) 渡邊耕太・高尾良英・向井直樹・飛田格子・油井直子・村上成道・片寄正樹・山下敏彦・奥脇 透・本間俊行・柳澤 修・高橋英幸 (2007) MRIを用いたコンディショニングの指標—スピードスケート選手を対象とした身体組成の分析—. 臨床スポーツ医学, 24(2): 173-178.
- 9) Pietrobelli A, Morini P, Battistini N, Chiumello G, Nuñez C, and Heymsfield SB (1998) Appendicular skeletal muscle mass: prediction from multiple frequency segmental bioimpedance analysis. Eur J Clin Nutr, 52(7): 507-511.
- 10) 勝野久美子・西山久美子・浦田秀子・福山由美子・大塚健作・田原靖昭・綱分憲明 (1993) インピーダンス法の水中毒法による体脂肪率の比較. 長崎大学医療技術短期大学部紀要, 6: 95-98.
- 11) Tanaka NI, Miyatani M, Masuo Y, Fukunaga T, and Kanehisa H (2007) Applicability of a segmental bioelectrical impedance analysis for predicting the whole body skeletal muscle volume. J Appl Physiol, 103: 1688-1695.
- 12) 石黒憲子・角田直也 (2006) セグメント別生体電気イン

- ピーダンス法による競技スポーツ選手の体幹部骨格筋体積の推定. *The Annual Reports of Health, Physical Education and Sport Science*, 25: 63-69.
- 13) 水野増彦・村松愛梨奈・石井隆士・井川正治 (2013) 競技者の身体組成評価における部位別生体インピーダンス法の妥当性の検討. *日本体育大学スポーツ科学研究*, 印刷中.
 - 14) 小宮秀一・中尾武平 (2002) 身体組成学. 技報堂出版: 東京, 78-79.
 - 15) 大柿哲朗・今野道勝・安永 誠 (1982) ネパール人 (中部山岳民) の身長, 体重および身体組成. *健康科学*, 4: 19-24.
 - 16) Yonei Y, Miwa Y, Hibino S, Takahashi Y, Miyazaki R, Yhoshikawa T, Moriwaki H, Hasegawa T, Hiraishi T, and Torii K (2008) Japanese anthropometric reference data-special emphasis on bioelectrical impedance analysis of muscle mass. *Anti-Aging Medicine*, 5(6): 63-72.
 - 17) Yoshimura N, Oka H, Muraki S, Akune T, Hirabayashi N, Matsuda S, Nojiri T, Hatanaka K, Ishimoto Y, Nagata K, Yoshida M, Tokimura F, Kawaguchi H, and Nakamura K (2011) Reference values for hand grip strength, muscle mass, walking time, and one-leg standing time as indices for locomotive syndrome and associated disability: the second survey of the ROAD study. *J Orthop Sci*. 16: 768-777.
 - 18) Ishiguro N, Kanehisa H, Miyatani M, Masuo Y, and Fukunaga T (2005) A comparison of three bioelectrical impedance analyses for predicting lean body mass in a population with a large difference in muscularity. *Eur J Appl Physiol*, 94: 25-35.
 - 19) Tamari K, Kawamura K, Sato M, and Harada K (2012) Health education programs may be as effective as exercise intervention on improving health-related quality of life among Japanese people over 65 years. *Australas J Ageing*, 31(3): 152-158.
 - 20) 北川 薫 (2006) 競技者の望ましい身体組成とその評価法. *臨床スポーツ医学*, 23(4): 341-348.
 - 21) 熊川大介・角田直也 (2010) 男子ジュニアスピードスケート選手における下肢筋群の筋厚発達の左右差. *国士館大学体育研究所報*, 29: 63-68.
 - 22) 奥村幸治・柳澤 修・鳥居 俊 (2010) 大学テニス選手における肩胛板筋群の形態および肩関節筋力に関する評価. *日本臨床スポーツ医学会誌*, 18(2): 329-333.
 - 23) 斉藤一雄・桑森真介・近藤正勝 (2002) 学生相撲選手における競技力と身体組成, 体脂組成, および四肢筋力との関係. *武道学研究*, 35(1): 25-33.
 - 24) 松島佳子・北川 薫 (2007) ポジション別にみた大学ラグビー選手の身体組成, 形態, 筋機能, 栄養素摂取量の特徴. *中京大学体育学論叢*, 48(1): 7-16.
 - 25) 仲 立貴・中島節子・韓 一榮・今野廣隆・呉 泰雄 (2010) 肥満アメリカンフットボール選手の身体組成と体力特性に関する研究. *日本体育大学紀要*, 39(2): 93-99.
 - 26) 佐藤 満・久木留毅・久保潤二朗 (2005) レスリングジュニアトップ選手の身体組成に関する研究 (1). *専修大学社会体育研究所報*, 53: 35-39.
 - 27) 羽田匡伸・成田崇矢・奥脇正己・平林一憲 (2012) 本大学準硬式野球部員・サッカー部員の身体特性. *健康科学大学紀要*, 8: 97-106.
 - 28) 高橋一平・梅田 孝・鈴川一宏・小山内弘和・古賀稔彦・矢野智彦・野村忠宏・谷本歩実・瀬尾京子・田辺勝・中路重之 (2009) 大学運動選手の身体組成と競技特性について. *臨床スポーツ医学*, 26(11): 1455-1464.
 - 29) 勝亦陽一・長谷川伸・川上泰雄・福永哲夫 (2006) 投球速度と筋力および筋量の関係. *スポーツ科学研究*, 3: 1-7.
 - 30) 長谷川伸・館 俊樹・佐々木宏・加藤清忠 (2002) 大学生野球選手のrotator cuff筋群 (棘上筋, 棘下筋) における形態および筋力特性. *ヒューマンサイエンスリサーチ*, 11: 111-123.
 - 31) 角田直也・青山利春・田中重陽・熊川大介 (2006) 骨格筋の形態および機能的特性に及ぼすスポーツ活動の影響を探る. *国士館大学体育研究所報*, 25: 71-74.
 - 32) 明石正和・横内靖典・武藤幸政・畠山栄子・永都久典 (1994) スポーツ選手の形態および最大無酸素パワーに関する事例的研究. *城西大学研究年報 自然科学編*, 18: 37-50.
 - 33) 濱野光之・小山桂史・勝俣康之 (2008) 身長および跳躍能力がバレーボールプレイヤーの最高到達高に及ぼす影響. *順天堂大学スポーツ健康科学研究*, 12: 22-28.
 - 34) 古泉一久・明石正和 (2003) 大学男子バレーボール選手における栄養素等摂取状況が筋量に与える影響. *城西大学研究年報 自然科学編*, 27: 59-68.
 - 35) 松井幸嗣・宮本奈芳美・藤原 侑・津山 薫・榎本静香・角 清一・金 相勲・菅田真理・清田 寛 (2004) 大学ハンドボール選手の肩関節における等速性筋力とハンドボール投げとの関係. *日本体育大学紀要*, 34(1): 67-74.
 - 36) Horswill CA (1992) Applied physiology of amateur wrestling. *Sports Med*, 14(2): 114-143.
 - 37) Kanehisa H, and Fukunaga T (1999) Profiles of musculoskeletal development in limbs of college Olympic weightlifters and wrestlers. *Eur J Appl Physiol*, 79: 414-420.
 - 38) 勝田 茂・大森 肇・野田達也・萩原直樹・高松 薫・高井省三 (1999) 日本の一流ジュニアテニス選手の形態・体力的特性とその経年変化. *筑波大学体育科学系紀要*, 22: 43-53.

(連絡先)

著者名: 村松愛梨奈

住 所: 東京都世田谷区深沢7-1-1

所 属: 日本体育大学大学院

E-mail アドレス: erina.arena@gmail.com