

原著論文

## 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

水野増彦<sup>1)</sup>, 村松愛梨奈<sup>2)</sup>, 石井隆士<sup>1)</sup>, 井川正治<sup>1)</sup>

<sup>1)</sup> 日本体育大学

<sup>2)</sup> 日本体育大学大学院

### Validity of segmental bioelectrical impedance method for body composition assessment in Japanese athletes

Masuhiko Mizuno, Erina Muramatsu, Takashi Ishii, Shoji Igawa

**Abstract:** The purpose of this study was to investigate the validation of body composition assessment method using segmental bioelectrical impedance (S-BIA) method compared with dual energy X-ray absorptiometry (DEXA) method as gold standard method in college athletes.

This study used S-BIA (Physion MD, Physion Co. Ltd., Japan) and DEXA (DPX-L, Lunar Co. Ltd., USA). The subjects were 16 athletes (men: 11, women: 5) belonging to the university track and field club. We measured the body composition in a supine state using S-BIA method. The measurement by S-BIA method was fat mass (FM), percent of body fat (%FAT), fat free mass (FFM) in whole body, and skeletal muscle mass (SM) in arms, legs and trunk. In addition, using the DEXA method, we evaluated FM, %Fat, FFM, and SM in the right and left of limbs and trunk. The LTM by the DEXA method was as an index of the SM.

The result was as follows. The FFM, FM and %FAT in whole body by S-BIA method were high correlated with the values measured by DXA ( $p < 0.001-0.05$ ). In FFM, FM and %FAT there is no systematic error by examination of the validity by the Bland-Altman method, and there are all data in 95% limits of agreement.

The SM of each segment by S-BIA method was significantly correlated with the value by DEXA method, and possibility to be able to perform the evaluation of the SM in athletes.

Therefore it was suggested that S-BIA method was effective for an evaluation of the whole and segmental body composition in athletes.

(Received: January 28, 2013 Accepted: February 15, 2013)

**Key words:** body composition, athletes, segmental bioelectrical impedance, dual energy X-ray absorptiometry

### I. 緒 言

スポーツ選手のコンディショニングにおいて身体組成は重要であり、特に筋量や脂肪量の変化はパフォーマンスに大きく影響を与える要因の一つである。競技特性により適切な身体組成は異なり、エリート陸上競技選手においては皮下脂肪厚がパフォーマンスの予測に有益であるという報告<sup>1)</sup>や、陸上長距離選手における体脂肪量 (Fat mass: FM) とパフォーマンスの相関関係が認められた報告<sup>2)</sup>など、身体組成とパフォーマンスの関係が明らかにされている。このことから、パフォーマンス向上において、身体組成の評価は重要であると考えられている。

身体組成の評価法は、数多くの方法が開発されており、精度が高くゴールドスタンダードとされている水

中体重秤量法<sup>3,4)</sup>や二重エネルギーX線吸収 (Dual energy X-ray absorptiometry: DEXA) 法<sup>5)</sup>、その他にも重水希釈法<sup>6)</sup>、皮下脂肪厚法<sup>7)</sup>、超音波法<sup>8)</sup>、核磁気共鳴画像 (Magnetic resonance imaging: MRI) 法<sup>9)</sup>などが現在用いられており、これらの測定法のどれを選択するかは、その精度、測定法の難易度、およびコストなどを考慮して、その有効性を判断すべきである<sup>10)</sup>。スポーツ選手の場合は、トレーニング期に合わせて、継続的に身体組成を評価する必要があるため、現場において簡易的に評価可能な方法が適切であると考えられる。

近年、身体組成の簡易的な評価法として注目されている方法として、生体電気インピーダンス (Bioelectrical impedance analysis: BIA) 法がある。この方法は、現在までに幼児から高齢者まで多くの年代の身体組成評価に用いられており<sup>11~14)</sup>、ゴールドスタンダードと

される水中体重秤量法とDEXA法との関連性も高いことが報告されている<sup>15,16)</sup>。

また、近年BIA法においては、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<sup>17)</sup>、従来までの全身のデータのみを示すBIA (Whole body BIA: W-BIA) 法よりもS-BIA法が、全身の身体組成の評価にも有効であることを報告している<sup>18)</sup>。スポーツ選手においても、全身の身体組成だけでなく、種目特性により異なると考えられる部位別の身体組成の評価は重要であるため、身体組成の評価はS-BIA法を用いることが有効であることが考えられる。しかし、現在までに一般人におけるS-BIA法の妥当性は検討されているが<sup>19)</sup>、スポーツ選手を対象としたS-BIAの身体組成評価の妥当性は十分に検討されていない。特に日本人スポーツ選手では、陸上投擲選手の体幹部筋量の評価において有効であるという報告のみであることから<sup>20)</sup>、日本人スポーツ選手におけるS-BIA法が身体組成評価に有効かどうかについては明らかとされていない。

そこで大学陸上選手を対象に、身体組成評価のゴールドスタンダードとされているDEXA法を用いて、S-BIA法による身体組成評価の妥当性を検証することを目的とした。

## II. 方 法

### 1. 被験者

被験者は大学陸上競技部に所属し、日常的にトレーニングを継続している健康な陸上短距離選手16名(男/女=11/5名, 平均年齢 $20.0 \pm 0.9$ 歳, BMI  $20.9 \pm 1.2$  kg/m<sup>2</sup>)を対象とした。被験者の身体特性をTable 1に示した。あらかじめ被験者には、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。なお、本研究は日本体育大学倫理委員会で承諾を得て実施した(承認番号: 第012-H17号)。

### 2. 測定項目および測定方法

身体組成の測定に先立って、身長は0.1 cm, 体重は0.05 kg単位で測定した。DEXA法およびS-BIA法による身体組成評価の詳細は以下に記した。

**Table 1.** Physical characteristic of subjects ( $n = 16$ ).

	mean $\pm$ S.D.
Age (year)	20.0 $\pm$ 0.9
Body height (cm)	169.8 $\pm$ 7.4
Body weight (kg)	60.33 $\pm$ 6.07
BMI (kg/m <sup>2</sup> )	20.9 $\pm$ 1.2

BMI: body mass index

### 2-1. DEXA 法による身体組成測定

DEXA法による身体組成測定には、DPX-L (Lunar社製)を用いた。本研究で使用したDPX-Lは、2種類のエネルギーのX線(40~50 keV, 80~100 keV)を使用し、各組織のX線吸収率が異なることを利用することで、各組織量を評価するものである。測定には測定MODE: Fastを用いて、仰臥位姿勢で測定を行った。測定時間は約15分間であり、被験者には身につけている金属類を全て外させた。

全身のスキャンデータは頭部、上肢、下肢、体幹の4部位に分け、本研究は頭部を除く3部位を使用した。部位のカット位置は、DPX-Lのauto analysisを用いて、先行研究を参考に<sup>6)</sup>、上肢は左右の上腕骨頭と腋窩を通るラインに合わせ、下肢は左右の骨盤の両端と大腿骨頸部を通るラインに合わせて決定し、左右別に解析した。測定項目は、FM, 体脂肪率(%FAT), 骨塩量(Bone mineral content: BMC), FMとBMCを除いた組織量(Lean tissue mass: LTM)であり、LTM+BMCを除脂肪量(Fat free mass: FFM)として算出した。LTMは骨格筋、平滑筋、各種器官の組織など身体を構成する実質組織にあたり、DEXA法によるLTMとMRI法による筋量(Skeletal muscle mass: SM)には有意な正の相関関係( $r = 0.986, p < 0.001$ )が認められたと報告されている<sup>19)</sup>。また、LTMとSMの相関関係が極めて高いため、LTMをSMとみなす報告もみられる<sup>21)</sup>。このことから、本研究においてはDEXA法におけるLTMをSMの指標とした。

### 2-2. 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  $\mu$ 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、仰臥位で簡単に部位別の身体組成を測定することができ、単周波で筋量を正確に測定できるとされており、多くの研究で身体組成の評価に用いられている<sup>12,13,22,23)</sup>。測定部位は全身、左右上下肢、体幹で、測定項目はFM, %FAT, FFM, SMであり、SMのみ左右上下肢、体幹の部位別に測定が可能である。

BIA法においては、体液分布の日内変動による測定誤差が報告されており<sup>24)</sup>、本研究では体液バランスの変動を取り除くために、先行研究を参考に<sup>12,25)</sup>仰臥位姿勢にて5分以上の安静を保った後、測定を実施した。また、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、近位部は腕関節外側および膝部外側腓骨頭上とした。測定中も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、電極を貼付けて測定を実施した。測定時間は約2分間である。

### 3. 統計処理

各項目の測定結果は、平均値±標準偏差で示した。DEXA法とS-BIA法から求めた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。また、両測定法の結果の関連性はPearsonの積率相関係数( $r$ )により検討した。さらに、S-BIA法の妥当性についてはBland-Altman法<sup>26)</sup>より、系統誤差の有無を確認した。統計的有意水準はいずれも5%未満とした。

## III. 結 果

### 1. DEXA法とS-BIA法による身体組成

DEXA法とS-BIA法による全身の身体組成 (whole body) および両測定法による身体組成評価の有意差の有無をTable 2に示した。DEXA法とS-BIA法によるwhole bodyのFFM, FM, %FATにおいては、有意な差はみられなかった。一方で、SMについては、両測定法間に有意な差がみられた ( $p < 0.05$ )。また、両測定法による身体組成評価は、FFMおよびSM, FM, %FATの全ての項目において有意な相関関係がみられた ( $p < 0.01$ , Fig. 1-4)。

S-BIA法とDEXA法による部位別 (Segmental-Body)

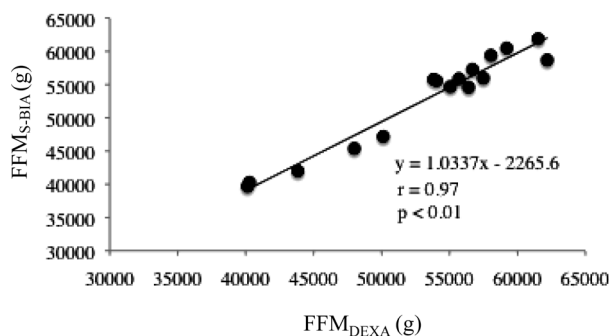
**Table 2.** Body composition in whole body by the S-BIA and DEXA method.

	DEXA	S-BIA	$p$
FFM (g)	53,282 ± 6,941	52,813 ± 7,371	n.s
SM (g)	50,302 ± 6,669	25,463 ± 4,548	*
FM (g)	7,022 ± 2,005	7,425 ± 2,179	n.s
% Fat (%)	11.9 ± 4.0	12.1 ± 4.2	n.s

Values are mean ± S.D. ( $n = 16$ )

FFM: Fat-free mass, SM: Skeletal muscle mass, FM: Fat mass

\*:  $p < 0.005$ . n.s.: No significant differences

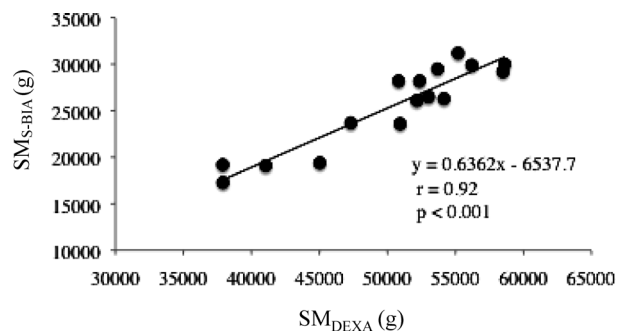


**Fig. 1.** Relationship between the fat-free mass (FFM) obtained with BIA and DEXA in the whole body.

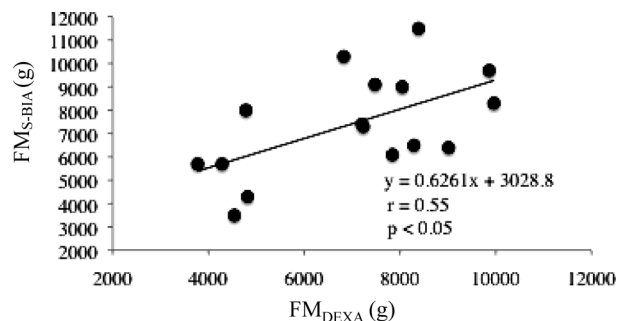
のSMをTable 3に示した。SMは左右上下肢の全ての項目において両測定法間に有意な相関関係がみられ ( $p < 0.01$ )、左上肢、上肢、左下肢、左右体幹、体幹においてより高い相関関係を示した ( $p < 0.001$ )。

### 2. DEXA法とS-BIA法による whole body の FFM と FM, および %FAT の妥当性

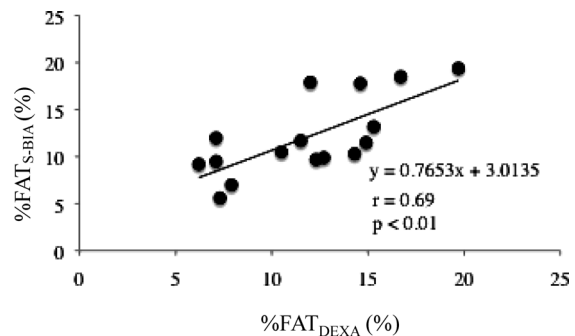
DEXA法とS-BIA法によるFFM ( $FFM_{DEXA}$ ,  $FFM_{S-BIA}$ ) とFM ( $FM_{DEXA}$ ,  $FM_{S-BIA}$ )、および%FAT ( $\%FAT_{DEXA}$ ,  $\%FAT_{S-BIA}$ ) の一致度をBland-Altman法を用いてFig. 5-7に示した。



**Fig. 2.** Relationship between the skeletal muscle mass (SM) obtained with BIA and DEXA in the whole body.



**Fig. 3.** Relationship between the fat mass (FM) obtained with BIA and DEXA in the whole body.



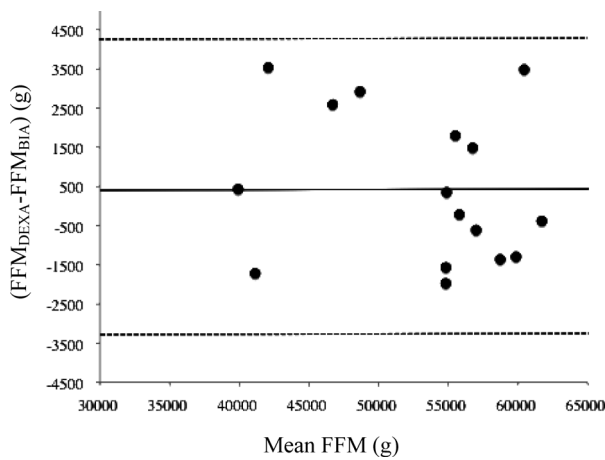
**Fig. 4.** Relationship between the %FAT obtained with BIA and DEXA in the whole body.

**Table 3.** Body composition in segmental body by the S-BIA and DEXA method.

Segmental SM (g)	DEXA	S-BIA	r	p
Left ARM	2,353 ± 469	1,211 ± 238	0.76	***
Right ARM	2,629 ± 515	1,231 ± 246	0.70	**
ARM	4,984 ± 963	2,442 ± 476	0.76	***
Left LEG	9,168 ± 1,232	5,522 ± 1,043	0.87	***
Right LEG	9,141 ± 1,347	5,277 ± 1,273	0.65	**
LEG	18,870 ± 3,678	10,799 ± 2,180	0.67	**
Left TRUNK	11,814 ± 1,590	5,952 ± 1,131	0.76	***
Right TRUNK	11,493 ± 1,627	6,099 ± 1,316	0.74	***
TRUNK	23,307 ± 3,095	12,051 ± 2,335	0.80	***

Values are mean ± S.D. (n = 16)

\*\* : p < 0.01, \*\*\* : p < 0.001: Relationship between DEXA and S-BIA method

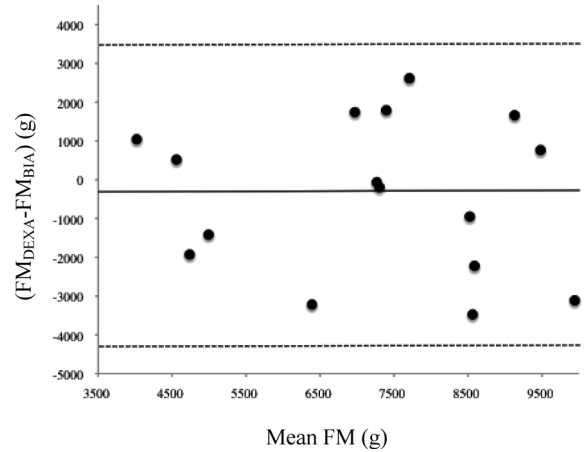


**Fig. 5.** Relationship between the residual (difference between  $FFM_{DEXA}$  and  $FFM_{BIA}$ ) and the mean FFM determined by two methods. The solid line denotes bias (mean of difference) and the two dashed lines denote 95% limits of agreement (2SD of difference).

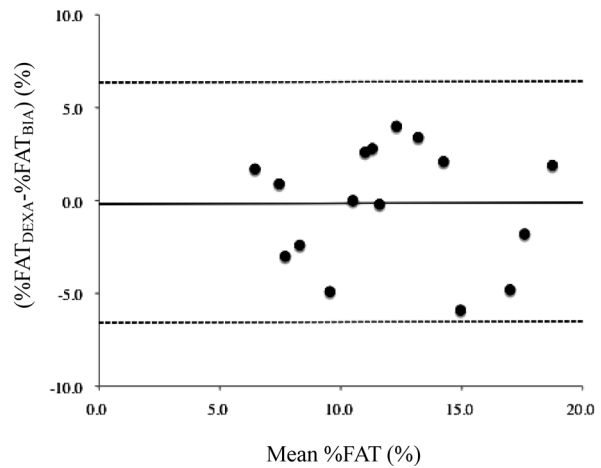
$FFM_{DEXA}$  と  $FFM_{S-BIA}$  の誤差量は  $470 \pm 1,924$  g であり, 95%一致限界 (95% limits of agreement: LOA) は  $-3,377$  g ~  $4,317$  g であった (Fig. 5).  $FM_{DEXA}$  と  $FM_{S-BIA}$  の誤差量は  $-403 \pm 1,981$  g であり, LOA は  $-4,366$  ~  $3,560$  g であった (Fig. 6).  $\%FAT_{DEXA}$  と  $\%FAT_{S-BIA}$  の誤差量は  $-0.23 \pm 3.19\%$  であり, LOA は  $-6.6$  ~  $6.2\%$  であった (Fig. 7). 全ての項目において, 加算誤差および比例誤差のいずれの系統誤差は認められなかった。

#### IV. 考 察

スポーツ選手にとって, 身体組成を正確に評価することは非常に重要であるものの, ゴールドスタンダードと言われている水中体重秤量法やDEXA法は高価な機器であり, 日常的に多くの人数を測定するのは非常に難しい。そこで, スポーツ現場においては, 簡易



**Fig. 6.** Relationship between the residual (difference between  $FM_{DEXA}$  and  $FM_{BIA}$ ) and the mean FM determined by two methods. The solid line denotes bias (mean of difference) and the two dashed lines denote 95% limits of agreement (2SD of difference).



**Fig. 7.** Relationship between the residual (difference between  $\%FAT_{DEXA}$  and  $\%FAT_{BIA}$ ) and the mean %FAT determined by two methods. The solid line denotes bias (mean of difference) and the two dashed lines denote 95% limits of agreement (2SD of difference).

的な測定法が望まれ, 特に最近では部位別で筋量を評価できるS-BIA法が開発されている<sup>18)</sup>。スポーツ選手におけるS-BIA法の妥当性の検討については, 十分な報告は寡聞にして知らない。

従来までの全身の身体組成のみを評価するW-BIA法については, スポーツ選手におけるW-BIA法と水中体重秤量法による%FATの相関は0.741と高く<sup>16)</sup>、現在までに多くの身体組成評価に用いられていた。また, W-BIA法と水中体重秤量法との比較において, W-BIA法のFMは過大評価され, FFMは過小評価されるという報告もみられており<sup>27)</sup>、一致した見解は得られていない。

一方で、S-BIA法については、競技者と一般人を含めた被験者における全身のFFMの推定は、W-BIA法よりも正確である<sup>22)</sup>との報告があることから、S-BIA法は部位別の評価が可能だけでなく、正確性も評価されており、近年注目されている測定法である。また、日本人スポーツ選手を対象に、MRI法を基準として体幹骨格筋体積を評価した場合、非競技者と同等の精度で推定が可能であることも報告されており<sup>20)</sup>、スポーツ選手を対象とした部位別身体組成の評価も体幹部では有効であるとされている。しかし、現在までに日本人スポーツ選手のみを対象に、S-BIA法の全身および部位別の身体組成評価の両方の妥当性の検討を行った研究は非常に少ない。そこで、本研究ではS-BIA法を用いた全身のおよび部位別の身体組成評価における妥当性の検討を行った。

本研究では、両測定法によるwhole bodyの身体組成評価の関連性はFFM, SM, FMおよび%FATにおいて有意な相関関係がみられており( $p < 0.001 \sim 0.05$ )、SM以外の項目で両測定法間の評価において有意な差がみられなかったことから、FFM, FMおよび%FATの評価に有効である可能性が示唆された。一方でSMのみ、両測定法間に有意な差がみられた。本研究で用いたDEXA法によるSMは、筋量以外に各種器官の組織など身体を構成する実質組織の量であるLTMを指標として用いており、筋量以外の組織の重量も含むことから、S-BIA法のSMはDEXA法によるLTMと有意な差がみられたと考えられる。しかしながら、DEXA法のLTMはMRI法によるSMと相関関係が強いことが報告されているため<sup>19)</sup>、本研究でS-BIA法のSMがDEXA法のLTMと有意な相関関係がみられたことは、S-BIA法を用いたwhole bodyのSMの評価がSMの評価指標となる可能性が示唆されたといえる。また、両測定法間における身体組成評価の相関関係r値の性差を検討したところ、全ての項目において有意な差がみられなかったことから、S-BIA法のwhole bodyの身体組成の評価は性別に関わらず有効であると考えられる。

また、相関関係や差の検定のみでは、測定値の差あるいはばらつきを明示的に評価することが難しいため、Bland-Altman法を用いて<sup>26)</sup>、S-BIA法によるwhole bodyのFFM, FMおよび%FATの評価の妥当性を検討した。全ての項目において、加算誤差および比例誤差のいずれの系統誤差も認められず、全ての測定値がLOA内であったことから、S-BIA法におけるwhole bodyの身体組成評価の妥当性は十分であると考えられる。また、大河原ほか<sup>25)</sup>は、DEXA法およびBIA法によるFFMの誤差量の標準偏差は、1,670~2,130gであったことを報告しており、本研究の誤差量のSDは1,924gであったことから、同程度の誤差量の

ばらつきであったと考えられる。誤差量の平均値は1,000~3,500gと報告されており<sup>25)</sup>、本研究は470gであったことから、本研究のS-BIA法とDEXA法との一致度は良好な結果であったと考えられる。また、田中・金ほか<sup>28)</sup>はDEXA法とBIA法のFFMを比較した結果、誤差量の標準偏差は、男女ともに3,900g以内で収まっており、本研究も残差は3,600g以内であることから、同程度のばらつきを示しており良好な結果であったと考えられる。このことから、全身の身体組成を推定するにはS-BIA法が有効であることが示された。

segmental bodyのSMの評価については、両測定法による値と有意な差が認められているが、S-BIA法によるSMがDEXA法のSMと高い相関関係を示しており、segmental bodyのSMの評価指標となる可能性が示唆された。S-BIA法によるsegmental bodyのSMの評価は、体幹部骨格筋体積では十分な関連性がみられたと報告されており<sup>20)</sup>、本研究の結果と合わせて、部位別の筋量の評価は十分可能であると考えられる。しかしながら、DEXA法においてはLTMをSMの指標として採用しており、S-BIA法のSMは筋量のみとの関連性を評価できていないため、今後はスポーツ選手を対象に、MRI法を基準法として、S-BIA法を用いたsegmental bodyの筋量の評価の妥当性の検討も行う必要がある。

## V. 結 論

本研究では、DEXA法による測定値を妥当基準とし、S-BIA法を用いたwhole bodyのFFM, SM, FM, %FATの評価、およびsegmental bodyのSMの評価について検討した。S-BIA法によるwhole bodyのFFM, SM, FM, %FATはDEXA法による値と有意な相関関係はみられた。また、FFM, FM, %FATにおいては、Bland-Altman法による妥当性の検討により、系統誤差はみられず、全ての値がLOA内であったことから、S-BIA法は全身の身体組成の評価に有効であることが示された。segmental bodyのSMの評価も、DEXA法によるSMと有意な相関関係を示しており、スポーツ選手におけるSMの評価も十分に行える可能性が示唆された。

## 文 献

- 1) Legas A and Eston R (2005) Changes in performance, skinfold thicknesses, and fat patterning after three years of intense athletic conditioning in high level runners. *Br J Sports Med*, **39**: 851-856.
- 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) Gnaedinger RH, Reineke EP, Pearson AM, Vanhuss

- WD, Wessel JA, Montoye HJ (1963) Determination of body density by air displacement, helium dilution, and underwater weighting. *Ann. N. Y. A. Acad. Sci.*, **110**: 96–108.
- 4) 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.
- 5) 仲立 貴・韓 一栄・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.
- 6) 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.
- 7) 金 憲経・松浦義行・田中喜代次・中塘二三生 (1993) 児童・生徒の身体組成評価における生体電気抵抗法と皮下脂肪厚法の妥当性の検討. **38**(1): 13–24.
- 8) 石田良恵・角田直也・金久博昭・福永哲夫 (1985) 超音波皮脂肪厚計の検討. 体力科学, **34**: 91–97.
- 9) 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ンの指標—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.
- 10) 小宮秀一・中尾武平 (2002) 身体組成学. 技報堂出版: 東京, pp. 41–42.
- 11) 中尾武平・寺本圭輔・村松愛梨奈・齊藤篤司・大柿哲朗・小宮秀一 (2010) 身長と除 脂肪量の相対発育からみた幼児 (2–5 歳) の運動能力の性差. 愛知教育大学保健体育講座研究紀要, **35**: 39–47.
- 12) Yonei Y, Miwa Y, Hibino S, Takahashi Y, Miyazaki R, Yoshikawa 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.
- 13) 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.
- 14) 中尾武平・大柿哲郎・齊藤篤司・小宮秀一 (2008) 日本人小児 (3–11 歳) の身体組成指数の検討. 健康科学, **30**: 19–25.
- 15) 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.
- 16) 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心体重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.
- 17) Miyatani M, Kanehisa H, Masuo Y, Ito M, and Fukunaga T (2001) Validity of estimating limb muscle volume by bioelectrical impedance. *J. Appl. Physiol.*, **91** (1): 386–394.
- 18) 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.
- 19) 仲立 貴・韓 一栄・慶伊孝亮・笠原靖弘・西澤美幸・三好 努・佐藤 等・大野 誠 (2005) 部位別生体電気インピーダンス法による身体組成分析—健康人に対する検討—. 東京慈恵会医科大学雑誌, **120**: 35–44.
- 20) 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.
- 21) 中田由夫・田中喜代次・金 憲経・天貝 均・重松良祐・中塘二三生 (2003) 減量に伴う四肢・体幹部にみた身体組成の変化: 中年肥満女性の骨量に着目して. 体育学研究, **48**: 27–35.
- 22) 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.
- 23) 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.
- 24) 田中喜代次・中塘二三生・大河原一憲・増尾善久 (2001) 生体電気インピーダンス (BI) 方の有用性と利用限界. バイオメカニクス研究, **5**: 91–101.
- 25) 大河原一憲・田中喜代次・中田由夫・李 東俊・魏 丞完・中塘二三生 (2003) 単周波数および多周波数 BI 法における身体組成評価の比較検討. 体力科学, **52**: 443–454.
- 26) Bland JM and Altman DG (1986) Statistical methods for assessing agreement between two methods of clinical measurement. *Lancet*, **1**: 307–310.
- 27) Oppliger RA, Nielsen DH, Shetler AC, Crowley ET, and Albright JP (1992) Body composition of collegiate football players: bioelectrical impedance and skinfolds compared to hydrostatic weighing. *J. Orthop. Sports Phys. Ther.* **15**(4): 187–192.
- 28) 田中喜代次・金 憲経・中西とも子・天貝 均 (1999) 多周波数インピーダンス法による日本成人の身体組成の評価. 日本運動生理学雑誌, **6**(1): 37–45.

〈連絡先〉

著者名: 水野増彦

住 所: 横浜市青葉区鴨志田町 1221-1

所 属: 日本体育大学陸上競技研究室

E-mail アドレス: mizuno.m@nittai.ac.jp