

## 日本人小児（3-11歳）の身体組成指数の検討

中尾, 武平  
九州大学大学院人間環境学府

大柿, 哲朗  
九州大学健康科学センター

齊藤, 篤司  
九州大学健康科学センター

小宮, 秀一  
九州共立大学スポーツ学部

<https://doi.org/10.15017/10778>

---

出版情報：健康科学. 30, pp.19-25, 2008-04-15. 九州大学健康科学センター  
バージョン：  
権利関係：

—原著—

## 日本人小児（3-11歳）の身体組成指数の検討

中尾 武平<sup>1)</sup>, 大柿 哲朗<sup>2)</sup>

斎藤 篤司<sup>2)</sup>, 小宮 秀一<sup>3)</sup>

### A Deliberation of the Body Composition Index of Japanese Children from 3 to 11 Years Old

Takehira NAKAO<sup>1)</sup>, Tetsuro OGAKI<sup>2)</sup>,  
Atsushi SAITO<sup>2)</sup> and Shuichi KOMIYA<sup>3)</sup>

#### Abstract

Recently, a dramatic increase in the obesity of children has been reported in both developed and under-developed countries. Body Mass Index (BMI) is widely used to assess childhood weight gain and loss. However, the BMI has a few limitations to its assessment of the development of children. The Fat-free mass index (FFMI) and Fat mass index (FMI) are known to redeem the faulty results of the BMI. The aims of this study were to determine the FFMI and FMI of healthy children from 3 to 11 years old in Japan. Five hundred and ninety-nine boys and seven hundred and forty-seven girls with wide spectrums of stature, body mass and body composition underwent bioelectrical impedance analysis (BIA) for the determination of fat-free mass (FFM) and fat mass (FM). Both FFM and FM were divided by stature<sup>2</sup> to give accurate results, as described previously. The FFMI (in children 3-11 yrs) was 12.6-14.4 kg/m<sup>2</sup> in boys and 11.8-13.7 kg/m<sup>2</sup> in girls. The FMI was 2.8-4.0kg/m<sup>2</sup> in boys and 3.2-4.5kg/m<sup>2</sup> in girls. The FFMI of boys was consistently higher than that of girls throughout childhood. The FMI of girls was higher than that of boys. The body composition indices provide more detailed information on body composition that is not necessarily clear in traditional analytical procedures. The development of the body composition chart makes it possible to evaluate the details of the body composition of the children.

*Key words:* Body composition, Fat-free mass index, Fat mass index, BMI

(Journal of Health Science, Kyushu University, 30: 19-25 , 2008)

1) 九州大学大学院人間環境学府行動システム専攻 Graduate School of Human-Environment Studies, Kyushu University

2) 九州大学健康科学センター Institute of Health Science, Kyushu University

3) 九州共立大学スポーツ学部 Faculty of Sports Science, Kyushu Kyoritsu University

\*連絡先: 九州大学健康科学センター 〒816-8580 福岡県春日市春日公園 6-1 Tel/fax: 092-583-7853

Correspondence to: Institute of Health Science, Kyushu University, Kasuga-koen 6-1, Kasuga, Fukuoka, 816-8580, Japan

Tel/fax: +81-92-583-7853 E-mail: ogaki@ihs.kyushu-u.ac.jp

## 緒 言

近年、肥満や痩せの評価法として Body mass index (BMI) や体脂肪率が広く用いられている。しかし、BMI は身長と体重から構成される指数であり身体組成を考慮した指数ではない<sup>1)</sup>。BMI は、身長が一つの構成成分であるため、BMI は少なくともある年齢範囲では身長に依存する可能性がある。また、分母に身長を用いるため相対的な脚長や座高の影響を受ける。すなわち相対的に体幹の長い人は BMI を高く評価することになる。一方、分子には体重を用いるため BMI は除脂肪量 (Fat-free mass; FFM) や体脂肪量 (Fat mass; FM) の影響を受けるという短所がある。また、BMI は理論的に身長とは無相関であるとされているが、身長が異なる同一体重の個体間でも体脂肪レベルが異なり、身長の二乗による補正で身長の影響を完全に除去できるとは言い難い。特に、小児の BMI と身長との相関は成人よりも高いため<sup>2)</sup>、BMI が身長とは無相関であるという仮定は、小児では必ずしも適切ではない。このように、小児期では発育という要因が BMI による評価を複雑なものにしている。

一方、体脂肪率 (Percentage of Fat mass; %FM) は、体重を構成する FM の体重に占める割合であるが、もう一方の構成成分である FFM の体重に占める割合 (Percentage of Fat-free mass; %FFM) の影響を受ける。つまり、%FM と %FFM は、和として体重を構成するため、身体組成を縦断的に評価する場合、一方が他方以上に増加すれば、もう一方は相対的に減少することになる。小児期における体重の増加は、FM の増加に依存するだけでなく、FFM の増加にも影響されるため、身体組成を個人間や集団間、あるいは長期間にわたる個人内や集団内で比較する場合、FFM や FM の測定値はボディサイズで調整される必要がある<sup>3, 4)</sup>。

近年、BMI や %FM に関する上記の問題を解決するために、FFM や FM を身長<sup>2</sup>で除した除脂肪量指数 (Fat-free mass index; FFMI) と体脂肪量指数 (Fat mass index; FMI) という概念が提案されてきた<sup>5)</sup>。これらの指数は、身長<sup>2</sup>の異なる被験者の FFM や FM に関する臨床学的な解釈にとって有効であり、個人の FFMI と FMI の追跡は、栄養学的な評価に有効な指標となり得ることが報告されている<sup>5, 6)</sup>。

これまでに、健康な成人の FFMI や FMI についてはある程度明らかにされている。しかし、小児、特に日本人小児の FFMI と FMI については未だ殆ど検討されていない。発育の旺盛な小児期の身体組成を正確に評価するためには、FFMI と FMI といった指数の詳細な検討が重要となってくると考えられる。このため、著者らは、先に日本人小児の FFMI と FMI の標準値とそれらの年齢比較を明らかにするため、3-5 歳、6-8 歳、9-11 歳の年齢群に分けて検討した<sup>6)</sup>。しかし、この年齢群の検討では加齢変化等が明らかでなかった。そこで、本研究では、両指数を有効なものとするために新たに追加測定を行い、また、皮下脂肪厚のデータを加えて日本人小児の身体組成指数を明らかとすることを目的とした。

## 方 法

### 1. 被験者

被験者は、福岡市と延岡市の 4 幼稚園、太宰府市の 1 小学校に在籍している 3 歳から 11 歳までの健康な男児と女児であった。被験者数は、男子の 3 歳児 38 名、4 歳児 86 名、5 歳児 109 名、6 歳児 91 名、7 歳児 35 名、8 歳児 61 名、9 歳児 87 名、10 歳児 62 名、11 歳児 30 名の合計 599 名、また女子は、3 歳児 32 名、4 歳児 93 名、5 歳児 128 名、6 歳児 91 名、7 歳児 59 名、8 歳児 72 名、9 歳児 124 名、10 歳児 92 名、11 歳児 56 名の合計 747 名であった。測定は、各幼稚園と小学校で実施した。この測定に先立ち、各所属機関の先生を通して各被験者の保護者に対して研究目的と測定内容の説明を依頼した。そして、保護者から同意の得られた小児のみを被験者とした。

### 2. 形態計測

形態計測は、指定のランニングシャツとパンツを着用させた状態で実施した。身長はスチール製のスタンド型身長計 (ツツミ社製 HD) を用いて 0.1cm 単位、体重はデジタル体重計 (エー・アンド・ディ社製 AD-6205) を用いて 0.02kg 単位で測定した。BMI は、体重/身長<sup>2</sup> (kg/m<sup>2</sup>) から算出した。皮下脂肪厚の測定は、Harpenden 皮下脂肪厚計を用いて 0.2mm 単位で測定した。測定部位は、Komiyara<sup>7)</sup>の方法に基づき、身体 14 部位 (頬骨下縁、舌骨部、胸部、側胸部、腰部、腹部、上腕背側部、肩甲骨下部、背中上

部, 背中下部, 膝蓋部, 前大腿部, 後大腿部, 下腿部) とした。皮下脂肪厚計は, キャリパーの接点に  $10\text{g}/\text{mm}^2$  の一定圧がかかるようにキャリブレーションした。これら身長, 体重および皮下脂肪厚の測定は, それぞれの測定に熟練した同一験者が朝食の 2-3 時間後に実施した。

### 3. 身体組成測定

#### 1) インピーダンスの測定

身体組成の測定は, 生体電気インピーダンス法 (Bioelectrical Impedance Analysis : BIA) によって実施した。インピーダンスの測定は,  $10\text{Vp-p}$ ,  $50\text{kHz}$ ,  $500\ \mu\text{A}$  の定電流を発生するように設計されている測定器 (トーヨーフィジカル社製 TP-95K) を用いて, 朝食の 2-3 時間後に行った。被験者は, 通電しないベッド上に仰臥位をとり, 上肢を体幹から離し, 素足で両足首の内果を  $20\text{cm}$  以上離れた状態の姿勢を保った。被験者の右手背と右足背の第 1・第 2 の中手骨および中足骨間の 2 カ所をアルコールで拭き, その部位が乾燥した後に検出電極および印加電極 (3M 社製 Red Dot<sup>TM</sup>-2330) を貼付した。検出電極と印加電極の距離は少なくとも  $5\text{cm}$  以上離れた。測定器は, 測定前に  $400\ \Omega$  の標準抵抗によってキャリブレーションした。測定は, 室温  $23\pm 1^\circ\text{C}$  で実施した。

#### 2) 除脂肪量 (FFM) と体脂肪量 (FM) の算出

FFM は, 本測定器と同様に,  $50\text{kHz}$ ,  $500\ \mu\text{A}$  の定電流の測定器を用いて作成された Goran ら<sup>8)</sup>の次の推定式より算出した。

$$\text{FFM}(\text{kg}) = [(\text{身長}^2 / \text{インピーダンス値}) \times 0.59 + (\text{体重} \times 0.065) + 0.04] / [0.769 - (0.0025 \times \text{年齢}) - (0.019 \times \text{性})]$$

ここで FFM は kg, 身長は cm, 体重は kg, 性は男子=1, 女子=0 である。この推定式は, 体水分量 (Total body water : TBW) を単独で予測する因子とされている身長<sup>2</sup>/インピーダンス値を基に Kushuner ら<sup>9)</sup>が開発した総体水分量推定式 (TBW =  $0.59 \times (\text{身長}^2 / \text{インピーダンス値}) + 0.065 \times \text{体重} + 0.04$ ) に, Fomon ら<sup>10)</sup>が開発した FFM の水和式 (=  $76.9 - 0.25 \times \text{年齢} - 1.9 \times \text{性}$ ) を加えて開発されたものである。この式の妥当性は,  $\text{H}_2^{18}\text{O}$  希釈法によって確認されている<sup>8)</sup>。また, FM(kg)は, 体重と FFM の差とした。

#### 3) 除脂肪量指数 (FFMI) と体脂肪量指数 (FMI) の算出

FFMI と FMI は, BMI と同様の概念<sup>5)</sup>であるため以下の式から算出した。

$$\text{FFMI} = \text{FFM}(\text{kg}) / \text{身長}(\text{m})^2$$

$$\text{FMI} = \text{FM}(\text{kg}) / \text{身長}(\text{m})^2$$

#### 4. 統計

結果は, 全て Microsoft Excel vol.X for mac および統計分析プログラム Statview version J 4.5 を用いて処理し, 平均値と標準偏差で示した。各項目における年齢変化の有意性検定には Fisher の PLSD による分散分析 (ANOVA) を用いた。また, 性差の有意差検定には対応のない Student-*t* 検定を用いた。有意水準はいずれも 5% 以下 ( $p < 0.05$ ) とした。

## 結 果

#### 1) 形態・身体組成

表 1 に, 形態計測値および身体組成変数の平均値と標準偏差を性別・年齢別に示した。男女とも全ての項目で有意な年齢変化が認められた。身長, 体重, BMI における 3-11 歳の年齢別平均値は, 5 歳児の BMI を除いて有意な性差は認められなかった。FFM は全年齢を通して男子の値が高く, 3 歳から 9 歳までの性差は有意 ( $p < 0.05$ ) であった。FM は全年齢を通して女子の値が高く, 4 歳児, 6 歳児, 7 歳児では有意であった。%FM は全年齢を通して女子の値が有意に高かった ( $p < 0.05$ )。

表 2 に, 皮下脂肪厚の平均値と標準偏差を性別・年齢別に示した。女子の頬骨下縁部の皮下脂肪厚を除く全てで有意な年齢変化が認められた。有意な性差 ( $p < 0.05$ ) は, 3 歳児の腰部, 腹部, 背中下部, 前大腿部, 4 歳児の腰部, 腹部, 上腕背側部, 肩甲骨下部, 前大腿部, 5 歳児の腰部, 背中下部, 膝蓋部, 前大腿部, 6 歳児の腰部, 背中下部, 膝蓋部, 前大腿部, 7 歳児の膝蓋部, 前大腿部, 後大腿部, 8 歳児と 9 歳児の頬骨下縁部, 10 歳児の頬骨下縁部, 背中下部, 前大腿部, 11 歳児の背中下部, 前大腿部, 後大腿部, 下腿部に認められた。

Table 1. Anthropometric and body composition characteristics of Japanese children by age and gender.

	3yr	4yr	5yr	6yr	7yr	8yr	9yr	10yr	11yr	ANOVA
Boys										
n	38	86	109	91	35	61	87	62	30	599
Stature, cm	98.1 ± 3.4	102.9 ± 5.1	108.9 ± 4.9	114.3 ± 5.0	121.5 ± 4.1	128.7 ± 5.5	134.5 ± 5.7	140.2 ± 6.7	148.0 ± 7.2	<i>p</i> <0.001
Body mass, kg	15.23 ± 1.6	16.70 ± 2.3	18.47 ± 2.9	20.41 ± 3.1	23.79 ± 2.9	28.19 ± 5.6	31.29 ± 5.8	34.81 ± 6.2	40.35 ± 7.0	<i>p</i> <0.001
BMI, kg/m <sup>2</sup>	15.8 ± 1.3	15.7 ± 1.3	15.5 ± 1.5	15.6 ± 1.5	16.1 ± 1.6	16.9 ± 2.3	17.2 ± 2.3	17.6 ± 2.4	18.4 ± 2.9	<i>p</i> <0.001
Fat-Free Mass, kg	12.2 ± 1.4	13.6 ± 1.9	15.0 ± 2.1	16.7 ± 2.4	19.3 ± 2.3	22.1 ± 3.3	24.0 ± 3.4	27.1 ± 4.4	31.7 ± 5.3	<i>p</i> <0.001
Fat Mass, kg	3.1 ± 1.0	3.1 ± 1.0	3.5 ± 1.4	3.7 ± 1.4	4.5 ± 1.4	6.1 ± 2.9	7.3 ± 3.4	7.8 ± 3.3	8.6 ± 3.9	<i>p</i> <0.001
%Fat Mass	19.9 ± 5.7	18.7 ± 5.2	18.6 ± 4.9	17.9 ± 4.8	18.6 ± 4.5	20.7 ± 5.9	22.5 ± 6.8	21.8 ± 6.4	21.0 ± 7.2	<i>p</i> <0.001
Girls										
n	32	93	128	91	59	72	124	92	56	747
Stature, cm	97.3 ± 4.5	102.6 ± 4.8	109.2 ± 4.0	114.8 ± 4.8	122.1 ± 4.7	128.1 ± 5.6	134.0 ± 6.3	140.9 ± 6.2	147.4 ± 6.2	<i>p</i> <0.001
Body mass, kg	14.88 ± 1.5	16.36 ± 1.8	18.01 ± 2.1	20.14 ± 3.5	23.46 ± 3.7	27.28 ± 5.8	30.37 ± 6.1	34.39 ± 6.8	39.8 ± 6.4	<i>p</i> <0.001
BMI, kg/m <sup>2</sup>	15.7 ± 1.1	15.5 ± 1.3	15.1 ± 1.2*	15.2 ± 1.7	15.7 ± 1.8	16.5 ± 2.6	16.8 ± 2.4	17.2 ± 2.6	18.2 ± 2.2	<i>p</i> <0.001
Fat-Free Mass, kg	11.4 ± 1.4*	12.9 ± 1.5*	14.2 ± 1.6*	15.6 ± 2.2*	18.0 ± 2.4*	20.4 ± 2.9*	22.7 ± 3.4*	25.9 ± 3.8	30.0 ± 4.1	<i>p</i> <0.001
Fat Mass, kg	3.5 ± 1.0	3.5 ± 1.0*	3.8 ± 1.2	4.5 ± 2.0*	5.5 ± 1.9*	6.9 ± 3.6	7.7 ± 3.5	8.5 ± 3.9	9.8 ± 3.4	<i>p</i> <0.001
%Fat Mass	23.2 ± 6.2*	21.3 ± 5.4**	20.9 ± 5.2***	22.0 ± 5.5***	22.9 ± 4.7***	24.2 ± 7.1**	24.4 ± 6.3*	24.0 ± 6.2*	24.2 ± 5.9*	<i>p</i> <0.001

Gender difference \**p*<0.05, \*\**p*<0.01, \*\*\**p*<0.001

Table 2. Descriptive statistics for skinfold thickness by age and gender.

	3yr	4yr	5yr	6yr	7yr	8yr	9yr	10yr	11yr	ANOVA
Boys										
Chest, mm	15.0 ± 2.7	14.4 ± 2.5	13.6 ± 2.1	13.8 ± 2.4	13.5 ± 1.6	14.6 ± 2.6	14.5 ± 2.6	14.7 ± 2.7	15.3 ± 2.8	<i>p</i> <0.001
Chin, mm	6.0 ± 1.6	6.0 ± 2.6	5.3 ± 1.6	5.3 ± 1.8	5.6 ± 1.9	7.0 ± 2.8	6.8 ± 2.8	6.7 ± 3.2	7.5 ± 2.7	<i>p</i> <0.001
Chest 1, mm	6.1 ± 1.6	6.5 ± 2.1	6.6 ± 2.8	6.6 ± 3.2	6.9 ± 3.7	9.5 ± 5.9	10.3 ± 6.1	10.4 ± 5.7	11.8 ± 6.7	<i>p</i> <0.001
Chest 2, mm	4.9 ± 1.0	5.0 ± 1.5	5.0 ± 1.9	5.1 ± 2.3	5.0 ± 1.7	7.1 ± 4.6	7.3 ± 3.7	7.7 ± 4.5	9.1 ± 5.6	<i>p</i> <0.001
Suprailiac, mm	6.6 ± 1.9	6.9 ± 3.0	7.0 ± 3.9	7.5 ± 4.8	8.1 ± 4.3	12.7 ± 9.0	13.4 ± 8.3	14.2 ± 9.5	16.4 ± 9.7	<i>p</i> <0.001
Abdomen, mm	7.0 ± 1.5	7.1 ± 2.6	7.0 ± 3.4	7.4 ± 4.3	7.8 ± 3.8	11.2 ± 7.5	12.5 ± 8.0	12.2 ± 7.9	14.5 ± 8.2	<i>p</i> <0.001
Triceps, mm	11.6 ± 2.5	11.1 ± 2.3	10.8 ± 2.8	10.9 ± 3.0	11.2 ± 3.6	12.8 ± 4.8	12.8 ± 4.9	12.5 ± 4.8	13.2 ± 5.3	<i>p</i> <0.001
Subscapular, mm	6.7 ± 1.4	6.6 ± 1.9	6.7 ± 2.6	7.0 ± 3.1	7.2 ± 2.6	9.6 ± 5.4	10.2 ± 5.9	9.8 ± 5.8	12.0 ± 8.5	<i>p</i> <0.001
Back 1, mm	7.9 ± 1.5	8.3 ± 1.9	8.0 ± 2.2	7.7 ± 2.9	7.4 ± 2.4	10.3 ± 4.8	10.6 ± 4.9	10.7 ± 4.8	11.9 ± 5.9	<i>p</i> <0.001
Back 2, mm	6.1 ± 1.3	6.3 ± 1.8	6.0 ± 2	6.2 ± 2.5	6.2 ± 1.8	8.0 ± 4.0	8.5 ± 3.8	8.3 ± 3.6	9.3 ± 5.5	<i>p</i> <0.001
Knee, mm	11.0 ± 2.7	10.5 ± 2.8	9.5 ± 2.9	9.6 ± 3.5	9.9 ± 3.3	12.6 ± 4.7	13.0 ± 4.5	12.5 ± 5.3	13.1 ± 5.5	<i>p</i> <0.001
Thigh 1, mm	12.7 ± 2.9	12.9 ± 3.7	12.9 ± 4	13.1 ± 4.3	14.3 ± 5.0	17.4 ± 6.4	17.8 ± 6.6	17.5 ± 7.3	18.5 ± 7.6	<i>p</i> <0.001
Thigh 2, mm	13.1 ± 4.1	13.5 ± 4.1	13.1 ± 4.1	12.8 ± 5.2	12.9 ± 4.8	15.9 ± 7.4	18.6 ± 7.8	19.9 ± 8.5	22.6 ± 8.7	<i>p</i> <0.001
Calf, mm	12.0 ± 2.7	13.3 ± 3.5	13.9 ± 3.6	13.2 ± 3.9	14.6 ± 4.3	17.5 ± 5.7	18.0 ± 5.4	18.5 ± 6.5	18.3 ± 5.8	<i>p</i> <0.001
Girls										
Chest, mm	14.3 ± 1.8	14.3 ± 2.1	13.7 ± 1.7	13.8 ± 2.3	13.7 ± 2.6	13.5 ± 2.6*	13.8 ± 2.4*	13.7 ± 2.8*	14.8 ± 2.2	<i>ns</i>
Chin, mm	6.3 ± 1.9	5.7 ± 1.8	5.4 ± 1.6	5.8 ± 1.7	6.2 ± 1.8	6.8 ± 2.6	6.7 ± 2.6	6.9 ± 2.4	7.0 ± 2.3	<i>p</i> <0.001
Chest 1, mm	6.4 ± 1.6	7.0 ± 2.7	7.1 ± 3	7.1 ± 3.5	7.5 ± 3.9	9.6 ± 5.9	10.4 ± 5.8	11.4 ± 6.1	13.4 ± 5.3	<i>p</i> <0.001
Chest 2, mm	5.0 ± 0.8	5.4 ± 1.5	5.4 ± 1.9	5.6 ± 2.9	5.6 ± 2.6	7.6 ± 4.9	7.5 ± 5.2	7.5 ± 4.2	8.2 ± 3.0	<i>p</i> <0.001
Suprailiac, mm	8.1 ± 2.7**	8.0 ± 2.9*	8.3 ± 3.8*	9.0 ± 4.1*	9.7 ± 5.6	13.0 ± 7.8	12.7 ± 7.5	13.3 ± 7.6	15.2 ± 6.5	<i>p</i> <0.001
Abdomen, mm	7.9 ± 1.5*	7.9 ± 2.2*	7.8 ± 2.9	8.4 ± 3.8	8.9 ± 4.9	11.3 ± 6.7	12.0 ± 7.1	12.9 ± 7.6	15.5 ± 6.5	<i>p</i> <0.001
Triceps, mm	12.3 ± 1.9	11.8 ± 2.2*	11.5 ± 2.3	11.6 ± 3.2	11.7 ± 3.7	13.0 ± 5.1	12.8 ± 4.7	12.9 ± 5.1	13.8 ± 4.0	<i>p</i> <0.001
Subscapular, mm	7.2 ± 1.6	7.3 ± 2.5*	7.3 ± 2.5	7.8 ± 4.5	8.0 ± 3.9	10.2 ± 6.8	9.8 ± 6.3	10.0 ± 5.6	11.5 ± 4.8	<i>p</i> <0.001
Back 1, mm	8.8 ± 2.2	8.5 ± 2.0	8.3 ± 2.3	8.3 ± 2.9	8.4 ± 3.4	10.4 ± 4.8	10.3 ± 4.6	10.4 ± 4.3	11.9 ± 4.2	<i>p</i> <0.001
Back 2, mm	7.2 ± 1.7**	6.8 ± 2.1	6.8 ± 2.2**	7.2 ± 4.1*	7.2 ± 3.3	8.9 ± 5.0	9.7 ± 5.4	10.0 ± 4.8*	11.8 ± 3.9*	<i>p</i> <0.001
Knee, mm	11.7 ± 2.7	11.4 ± 3.4	10.5 ± 3.4*	11.0 ± 4.6*	11.8 ± 3.8*	13.4 ± 4.7	12.8 ± 4.6	13.1 ± 5.1	13.9 ± 4.5	<i>p</i> <0.001
Thigh 1, mm	14.2 ± 2.5*	14.7 ± 3.0***	14.7 ± 3.4***	15.5 ± 4.8***	16.7 ± 5.1*	19.3 ± 7.3	19.6 ± 6.9	20.9 ± 7.2**	23.1 ± 6.3**	<i>p</i> <0.001
Thigh 2, mm	13.2 ± 3.5	13.4 ± 4.0	13.7 ± 3.8	14.1 ± 5.2	15.1 ± 5.4*	16.3 ± 6.0	19.0 ± 7.5	21.5 ± 8.8	27.0 ± 8.3*	<i>p</i> <0.001
Calf, mm	13.3 ± 3.3	13.2 ± 3.0	13.6 ± 3.1	13.8 ± 3.6	14.8 ± 4.8	17.7 ± 5.9	18.3 ± 5.7	19.9 ± 6.2	22.9 ± 5.2***	<i>p</i> <0.001

Chest 1; Diagonal fold just superior and lateral to the nipple, Chest 2; Vertical fold on the midaxillary line at the level of the xiphoid process, Back 1; Vertical fold just adjacent to and level with the vertebra prominens, Back 2; Vertical fold just adjacent to the spinal column and level with and just below the arcus costalis, Thigh 1; Vertical fold on the anterior aspect of the thigh midway between the superior aspect of the patella and anterior superior iliac spine, Thigh 2; Vertical fold on the posterior aspect of the thigh. Gender difference \**p*<0.05, \*\**p*<0.01, \*\*\**p*<0.001

## 2) FFMI と FMI

図1に、BMI, FFMI, FMIの発育現量値曲線の平均値と標準偏差値を示した。FFMIの平均値は、男子の3歳児が12.6±1.1 kg/m<sup>2</sup>, 4歳児が12.8±1.0 kg/m<sup>2</sup>, 5歳児が12.6±1.0 kg/m<sup>2</sup>, 6歳児が12.7±1.1 kg/m<sup>2</sup>, 7歳児が13.2±1.3 kg/m<sup>2</sup>, 8歳児が13.3±1.1 kg/m<sup>2</sup>, 9歳児が13.1±1.2 kg/m<sup>2</sup>, 10歳児が13.7±1.5 kg/m<sup>2</sup>, 11歳児が14.4±1.7 kg/m<sup>2</sup>であった。女子の

3歳児が12.0±1.0 kg/m<sup>2</sup>, 4歳児で12.2±0.9 kg/m<sup>2</sup>, 5歳児で11.9±0.9 kg/m<sup>2</sup>, 6歳児で11.8±1.1 kg/m<sup>2</sup>, 7歳児で12.0±1.1 kg/m<sup>2</sup>, 8歳児で12.4±1.1 kg/m<sup>2</sup>, 9歳児で12.6±1.2 kg/m<sup>2</sup>, 10歳児で13.0±1.4 kg/m<sup>2</sup>, 11歳児で13.7±1.2 kg/m<sup>2</sup>であった。一方、FMIでは、男子の3歳児が3.2±1.0 kg/m<sup>2</sup>, 4歳児で3.0±1.0 kg/m<sup>2</sup>, 5歳児で2.9±1.0 kg/m<sup>2</sup>, 6歳児で2.8±0.9 kg/m<sup>2</sup>, 7歳児で3.1±1.0 kg/m<sup>2</sup>, 8歳児で3.7±1.6 kg/m<sup>2</sup>, 9歳児で

4.0±1.7 kg/m<sup>2</sup>, 10歳児で3.9±1.6 kg/m<sup>2</sup>, 11歳児で4.0±1.9 kg/m<sup>2</sup>であった。女子の3歳児が3.7±1.1 kg/m<sup>2</sup>, 4歳児で3.3±1.0 kg/m<sup>2</sup>, 5歳児で3.2±1.0 kg/m<sup>2</sup>, 6歳児で3.4±1.2 kg/m<sup>2</sup>,

7歳児で3.6±1.2 kg/m<sup>2</sup>, 8歳児で4.1±1.9 kg/m<sup>2</sup>, 9歳児で4.2±1.7 kg/m<sup>2</sup>, 10歳児で4.2±1.8 kg/m<sup>2</sup>, 11歳児で4.5±1.5 kg/m<sup>2</sup>であった。FFMIは全年齢でいずれも男子が有意に高く、FMIは4歳から7歳まで女子が有意に高い値を示した。また、BMIでは、5歳児を最下点とする Adiposity rebound と呼ばれる変化も認められた。

表3は、身長とBMI, FFMI, FMIとのそれぞれの相関関係を性・年齢別に示した。身長と残り3変数との相関係数を見ると、3歳児は男女とも身長とBMI, FFMI, FMI間には有意な相関は認められなかった。4歳児では男子の身長とFFMI間、女子の身長とBMIおよびFMI間に有意な相関が認められた。5歳児では男子の身長とBMI, FFMIおよびFMI間に有意な相関が認められたが、女子では認められなかった。6歳児では、男子の身長とBMIおよびFFMI, 女子の身長とBMIおよびFMI間に有意な相関が認められた。7歳児では女子の身長とBMIおよびFFMI間に有意な相関が認められたが、男子では認められなかった。8歳児は男女とも全ての項目において相関が認められた。9歳児は男子の身長とBMIおよびFMI, 女子ではBMI, FFMIおよびFMIに有意な相関が認められた。10歳児は男子の身長とFFMI, 女子の身長とBMIおよびFMI間に有意な相関が認められた。11歳児は女子のFFMIを除いて有意な相関は認められなかった。

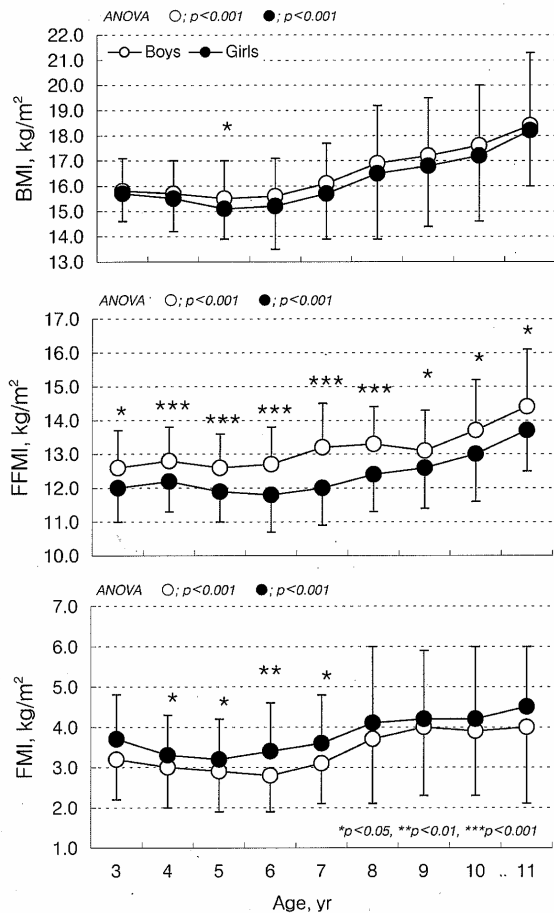


Fig 1. Changes in BMI, FFMI and FMI of boys and girls.

Table 3. Coefficient of correlation (r) between stature and BMI, FFMI and FMI by age and gender.

	Stature vs BMI	Stature vs FFMI	Stature vs FMI
Boys			
3yr	0.012	0.164	-0.15
4yr	0.174	0.317	*
5yr	0.344	0.319	**
6yr	0.368	0.354	**
7yr	0.064	0.146	-0.197
8yr	0.462	0.425	**
9yr	0.315	0.074	0.266
10yr	0.112	0.254	*
11yr	-0.114	0.198	-0.336
Girls			
3yr	-0.276	-0.042	-0.233
4yr	-0.24	-0.035	-0.26
5yr	0.138	0.064	0.118
6yr	0.33	0.204	0.271
7yr	0.279	0.272	0.201
8yr	0.408	0.251	0.406
9yr	0.321	0.237	0.292
10yr	0.248	0.174	0.235
11yr	0.259	0.361	0.105

Gender difference \*p<0.05, \*\*p<0.01, \*\*\*p<0.001

## 考 察

身体組成の2成分モデルでは、体重はFFMとFMから構成されている。伝統的に、FMは体重に対する割合(%FM)、FFMは絶対量(kg)で表現される場合が多い<sup>11,12)</sup>。%FMと%FFMは和として体重(100%)を構成するため、一方が増加すれば他方は減少することになる。つまり、%FMといった相対的な評価は、肥満者におけるFMの絶対量を過小評価し、FFMにおける絶対量の変化を反映しない可能性がある。一方、BMIは、体重を身長<sup>2</sup>で除した体重の指数であり、過体重や肥満の判定に広く用いられている。しかし、BMIを構成する身長と体重の相対的な重み付けによって評価が異なる<sup>2)</sup>。

BMIや%FMに関する上記の問題点を解決するために、FFMIとFMIという概念が提案された<sup>5)</sup>。これまで、健康な成人のFFMIやFMI標準値はある程度明らかにされてはいるが、小児の身体組成が正確に測定できないという理由から、小児に関するFFMIやFMIに関する検討は少ない。発育の旺盛な小児期こそFFMIとFMIといった指数を用いた身体組成の詳細な検討が重要といえる。本研究は、3-11歳の男子599名と女子747名の計1346名を対象として日本人小児の身体組成指数を明らかにしている。

本研究の被験者は、身長、体重、BMIなどの発育曲線が性別・年齢別の日本人標準値<sup>13,14)</sup>と近似していた。従って、被験者は特異な集団でなく現代の日本人小児を代表すると考えて良いと考えられる。

日本人の体力標準値2000<sup>14)</sup>によると、FFMIとFMIの合成変数であるBMIは、出生後の1年間で男子17.1 kg/m<sup>2</sup>、女子16.3 kg/m<sup>2</sup>まで急激に大きくなり、5歳で最低値(男子15.9 kg/m<sup>2</sup>、女子15.3 kg/m<sup>2</sup>)に達し、その後徐々に増加しながら成人の20-25 kg/m<sup>2</sup>に達する。BMIが1歳以後5歳まで低下し、5歳から上昇に転じる変化は、脂肪蓄積リバウンド(Adiposity rebound)と呼ばれている<sup>15)</sup>。しかし、この時期のBMIの変化が、FFMの変化に起因するのか、FMの変化に起因するのかは判断できない。FFMIやFMIは、身長<sup>2</sup>でFFMとFMを除いた指数であるため、 $BMI=FFMI+FMI$ という式が成り立つ<sup>5)</sup>。したがって、これらの指数を求めることによって、同一単位(kg/m<sup>2</sup>)でBMIの変化をFFMとFMの2成分から検討することができる。

本研究では、3-11歳までの性別・年齢別のFFMIとFMI

の値を明らかにし、日本人小児の身体組成を検討した。その結果、FFMIの3-11歳までの平均値は、男児が12.6-14.4 kg/m<sup>2</sup>、女児が11.8-13.7 kg/m<sup>2</sup>の範囲にあった。一方、FMIの平均値の範囲は、男児2.8-4.0 kg/m<sup>2</sup>、女児が3.2-4.5 kg/m<sup>2</sup>であった。FFMI値とFMI値は、健康な小児の栄養状態が評価でき、臨床学的な解釈に有効な情報を提供できる<sup>16)</sup>。しかし、たとえFFMIとFMIが栄養状態の有効な評価指数であっても、BMIと同様に、これらの指数は概念上身長と無相関でなければならないため、BMIと同様に、FFMIとFMIの使用もある年齢範囲に限定される可能性がある。すなわち、FFMIとFMIが有効な指数であるためには、それぞれが身長と高い相関を示さないことが重要である。しかし、本研究の結果、身長とBMIあるいは身体組成指数間の相関で有意な相関が多数認められた。従って、これらの身体組成指数を小児に適用する際は注意が必要となる。また、年齢別の性差をみると、FFMIの平均値は全年齢で男児が高値を示し、全ての年齢で有意な性差が認められた。一方、FMIの平均値は全年齢で女児が高値を示し、4歳から7歳の年齢において有意な性差が認められた。このことは、FFMの絶対量が男子に多く、FMの絶対量が女子に多いという一般的な傾向が本研究のように身長で調整してもいえることになる。

Schutzら<sup>17)</sup>は、18-98歳の白人成人を対象としてFFMIとFMIに関する標準値を報告している。18-34歳における標準値は、男性のFFMIが18.9 kg/m<sup>2</sup>、女性が15.5 kg/m<sup>2</sup>、男性のFMIが4.2 kg/m<sup>2</sup>、女性が5.8 kg/m<sup>2</sup>、35-54歳は、男性のFFMIが19.3 kg/m<sup>2</sup>、女性が16.1 kg/m<sup>2</sup>、男性のFMIが4.9 kg/m<sup>2</sup>、女性が6.2 kg/m<sup>2</sup>と報告している。本研究における小児のFFMIとFMIとSchutzら<sup>17)</sup>のFFMIとFMIの加齢変化を比較すると、本研究の小児のFMIの増大は小さく、FFMIの増大が大きい。このことから、小児期におけるFFMの加齢変化は身長で調整してもかなり大きく、FMの加齢変化は身長で調整すると比較的小さいことがわかる。

本研究では、FFMIやFMIに関する健康な日本人小児の値を明らかにすることができた。一方、これらの指数を有効に利用するためには、FFMIとFMIという基準を用いた評価法を検討していく必要がある。この新しい評価法の妥当性が認められれば、FFMIとFMIの組み合わせによる身体組成チャート図の作成によって小児の身体組成をスクリーニングすることが可能となると思われる<sup>18),19)</sup>。

## 引用文献

- 1) Kyle UG, Schutz Y, Dupertuis YM, Pichard C (2003): Contributions of the fat-free mass index and the body fat mass index. *Nutrition*, 19, 597-604.
- 2) Garn SM, Leonard WR, Hawthorne VM (1986): Three limitations of the body mass index. *Am J Clin Nutr*, 44, 996-997.
- 3) Griffiths M, Payne PR, Stunkard AJ, Rivers JPW, Cox M (1990): Metabolic rate and physical development in children at risk of obesity. *Lancet*, 336, 76-78.
- 4) Wells JCK, Cole TJ, ALSPAC study team (2002): Adjustment of fat-free mass and fat mass for height in children aged 8y. *Int J Obes*, 26, 947-952.
- 5) VanItallie TB, Yang M, Heymsfield SB, Funk RC, Boileau RA (1990): Height-normalized indices of the body's fat-free and fat mass: potentially useful indicators of nutritional status. *Am J Clin Nutr* 52, 953-959.
- 6) Nakao T, Komiya S (2003): Reference Norms for a Fat-free Mass Index and Fat Mass index in the Japanese child population. *J Physiol Anthropol Appl Human Sci* 22(6), 293-298.
- 7) Komiya S, Muraoka Y, Zhang F-S, Masuda T (1992): Age-related changes in body fat distribution in middle-aged and elderly Japanese. *J Anthropol Soc Nippon* 100, 161-169.
- 8) Goran MI, Kaskoun MC, Carpenter WH, Poehlman ET, Ravussin E, Fontvieille A-M (1993): Estimating body composition of young children by using bioelectrical resistance. *J Appl Physiol* 75, 1776-1780.
- 9) Kushner RF, Schoeller DA, Fjeld CR, Danford L (1992): Is the impedance index ( $ht^2/R$ ) significant in predicting total body water? *Am J Clin Nutr* 56, 835-839.
- 10) Fomon SJ, Haschke F, Ziegler EE, Nelson SE (1982): Body composition of reference children from birth to age 10 years. *Am J Clin Nutr* 35, 1169-1175.
- 11) Wells JCK (2001): A critique of the expression of paediatric body composition data. *Arch Dis Child* 85, 67-72.
- 12) Kyle UG, Genton L and Pichard C (2002): Body composition; what's new? *Curr Opin Clin Nutr Metab Care* 5, 427.
- 13) 文部科学省スポーツ・青少年局 (2006) : 体力・運動能力調査報告書.
- 14) 東京都立大学体力標準値研究会 (2000) : 日本人の体力標準値 2000, 143-145, 不昧堂出版 (東京) .
- 15) Rolland-Cachera MF, Deheeger M, Bellisle F, Sempe M, Guilloud-Bataille M, Patois E (1984): Adiposity rebound in children; a simple indicator for predicting obesity. *Am J Clin Nutr*, 39, 129-135.
- 16) Pichard C, Kyle UG, Bracco D, Slosman DO, Morabia A, Schutz Y (2000): Reference values of fat-free and fat masses by bioelectrical impedance analysis in 3393 healthy subjects. *Nutrition*, 16, 245-254.
- 17) Schutz Y, Kyle UUG, Pichard C (2002): Fat-free mass index and fat mass index percentiles in Caucasians aged 18-98y. *Int J Obes*, 26, 953-960.
- 18) Hattori K (1991): Body composition and lean body mass index for Japanese college students. *J Anthropol Soc Nippon*, 99, 141-148.
- 19) Wells JCK (2000): A Hattori chart analysis of body mass index in infants and children. *Int J Obes*, 24, 325-329.