

# 幼児の標準体重から導かれる肥瘦度判定に対する 体脂肪率評価の妥当性

—男子の場合—

## Validity Regarding Fat Percentage Evaluation toward Fatty-Slim Judgment Derived from Standard Weight in Preschool Boys

酒井 俊郎\* 藤井 勝紀\*\* 出村 慎一\*\*\*  
富田 寿人\*\*\*\* 杉山 康司\*\*\*\*\* 佐藤 敏郎\*\*\*\*\*

### I. 緒 言

我が国では1980年代半ばから継続的に児童・生徒の体力・運動能力が低下傾向を示している。この状況に対して文部科学省は各年齢段階におけるさまざまな対応策を講じてきた。その効果が現れたのか平成21年度の体力・運動能力調査結果報告（2010）では、小学生（低学年）は依然として低迷しているものの、小学生高学年以上と中学生は運動能力が上向くという結果が報告された。詳細については今後の推移をみなければ明確にはならないが、学校保健統計調査（2011）を併せてみると、体格は向上を示しているのに身体機能面の発達が伴わないという不自然なバランスは依然として浮かび上がったままである（穂丸，2003；藤井ら，2005a，2005b；近藤ら，1987a，1987b）。このようなアンバランスは幼児期からすでに始まっており、幼児期では成熟度が早くなっているために体力・運動能力の低下が表面に出てこない（藤井，2006a；藤井ら，2006b）。一方、幼児の身体のサイズが大きくなることにより肥満との関わりが問題視され、さらに生活習慣病との関連が顕在化している。これらの問題を検証するには日本人小児に関する詳細な情報が必要であるが、日本人小児の身体組成に関する研究は少なく、さらに小児の身体組成の加齢変化を扱った研究はほとんどない。限られた情報の中で、乙木ら（1999）、衛藤ら（2002）による日本人幼児の体脂肪分布に関する研究は、貴重な報告と言える。福永（2003）、杉山（2003）は皮下脂肪量、体脂肪量、体脂肪率の加齢変化について報告しているが、幼児期については触れていない。幼児期における身体組成の加齢に伴う変化が顕著でないために報告が少

\* 浜松学院大学（発育発達学）

\*\* 愛知工業大学大学院（発育発達学）

\*\*\* 金沢大学大学院（測定評価学）

\*\*\*\* 静岡理科大学（運動生理学）

\*\*\*\*\* 静岡大学（運動生理学）

\*\*\*\*\* 新潟医療福祉大学（健康科学）

ないとも考えられるが、そのような状況にあってTeramoto et al (1999) は幼児について年齢と身体組成との相関を導いている。しかし、最小二乗法による回帰係数が有効であるか否かを検証しない限り加齢変化は検証できない。また、幼児期の身体組成に関する研究が少ない原因のひとつに測定機器の問題がある。すなわち、現在の身体組成計測機の多くは生体インピーダンス法 (BI法: Bio-electric Impedance Analysis: 人体組織の電気抵抗値から形質の異なる組成を推定する方式) を採用しており、BI法により幼児の身体組成を正確に推定する推定式は未だ確立されていないのである。したがって、BI法を用いた身体組成測定器で測定して得られた幼児のデータは基本的に参考資料のような扱いになってしまう。

そこで本研究はこのような状況を十分把握し、測定対象年齢が6-99歳の多周波数方式BI法体組成測定器を用いて3歳から就学前までの男子幼児について身体組成測定を行う。最初に、データ数の関係から一括したデータとして扱うために加齢変化を検討する。次に、体脂肪量、体脂肪率、BMIなどは幼児期では加齢変化は示されていないという境田ら (2007) の知見を踏まえ、身体組成の加齢変化を検討する。一方、幼児教育や保育現場で幼児の肥満判定に用いられている伊藤ら (1996) により構築された幼児の標準身長体重曲線に、我々の測定で得られた幼児のデータをあてはめ、身長に対する体重の回帰多項式を構成し、妥当な次数の多項式を決定して回帰評価を構築する。そして、その身長に対する体重の回帰評価から肥満判定を行い、さらに、本研究で得られた体脂肪率による肥満判定とを比較し、幼児の身体組成測定の妥当性を検討した。

本研究は、幼児における身体組成測定に関する基礎的な情報を提供し、幼児における体脂肪率測定、および肥満判定の精度を高めるための資料として、検証を試みるものである。

## Ⅱ. 方 法

### 1. 対象

被験者は、東海地方の幼稚園に在籍する男子幼児97名である。被験者の保護者、および保育者には事前に調査および測定の内容を説明し、これに対し納得頂き承諾を得た。被験者は急性および慢性の疾患を患っている者はいなかった。男児97名の内訳は、3歳 (31名)、4歳 (27名)、5歳 (39名) であった。各幼児について生年月日の調査も行い、測定日での厳密な年齢を算出した。

### 2. 体格と身体組成

身体組成は、MC-190EM (マルチ周波数8電極法体組成計、タニタ社製) を用いて測定を行った。この機器により体重、体脂肪量 (Fat mass: FM)、体脂肪率 (Fat percentage: %Fat)、除脂肪量、筋肉量 (Soft lean mass: SLM)、および体水分量が自動的に算出される。被験者は食後2時間以上経過した状態で、排尿後測定に臨み、裸足で測定機に乗り両手でハンドグリップを握った状態で体組成を測定した。なお、この機器の対象年齢は6-

99歳であり、6歳未満の体組成測定は基準年齢外となるため、入力年齢を全て6歳とした。現在のところ、日本人幼児に適用できるインピーダンス法の推定計算式は確立されていない。そのため幼児の体脂肪推定計算値は推定計算式から外れ、得られた値は参考値となる。全ての測定は20℃前後の環境で熟練した測定者により午前中に行われた。身長は、デジタル身長計（タニタ社製）を使用した。BMIは体重（kg）を身長（m）の2乗で除して算出した。

### 3. 解析手法

測定によって得られた男女幼児の身長、体重、BMI、体脂肪量、体脂肪率、筋肉量、骨量について、それぞれ3歳児（年少組）、4歳児（年中組）、5歳児（年長組）での統計値を算出した。そして、データ数の関係で各年齢を一括して扱うために、体格・身体組成の加齢変化を検証した。その理由は、幼児期には月齢単位で各身体要素の発育・発達状況が顕著な違いをみせるために、歴年齢から判断して1年間の幅で区切ることが困難であり、幼児期全般を通して加齢変化の認められる要素とそうでない要素を分けるためである。境田ら（2007）の報告では、身長、体重、筋量、骨量については、生年月日から導いた厳密な年齢に対して最小二乗法を適用した結果、1次の回帰多項式において回帰の有意性が認められ、さらに2次、3次の回帰多項式が適用した結果、身長、体重は3次、筋量、骨量は2次の回帰多項式の妥当性が認められ、加齢変化の妥当性が確認されている。しかし、BMI、体脂肪量、体脂肪率について加齢変化は認められなかった。本研究においては、先ず身長、体重の加齢変化を検討し、加齢制御に必要な情報として最小二乗近似多項式の妥当な次数を決定する。次に、標準体重による肥瘦度の判定基準を構築するために、身長に対する体重の回帰多項式を構成する。そして、妥当な次数の回帰多項式チャートを導き、幼児の肥満判定のための標準身長体重曲線を構築して、その標準体重の15%以上を肥満と設定した方法（伊藤ら1996）を利用して肥満判定し、その判定によって導かれた肥満者と体脂肪計で測定された脂肪率から判断された肥満者を比較することにより、本研究の体組成計で測定された体脂肪率評価の妥当性を検証する。

### 4. 回帰多項式の次数の妥当性について

回帰多項式は、一般的には2変量における回帰分析による回帰直線が適用される。しかし、2変量における回帰分析でも1次の関係より2次以上の関係の方が妥当と判断される場合もある。そのような場合には2次、3次、4次等の近似多項式が適用されることがある。Matsuura and Kim（1991）は身長、体重発育に対して最小二乗近似多項式を適用し、その発育パターンを検討している。また、Largo et al（1978）もSpline平滑化を適用して身長発育のパターンを検討した。これらの方法はいずれも最小二乗近似多項式を適用して、有効な知見を導き出している。これらの報告から、本研究におけるBMIに対する体脂肪率の回帰多項式における次数決定については、Matsuura and Kim（1991）が採用している残差平方和の検討により妥当な次数を判断する。また、それに加えて赤池情報量基準

(Akaike's Information Criterion : AIC) を適用して次数の妥当性についての確認を行う。AICの算出式は以下に示す。

$$AIC = n \times \log \frac{\sigma}{n} + 2 \times (k+2) + (\log 2\pi + 1)$$

(但し、 $\sigma$  は偏差平方和、 $n$  はデータ数、 $k$  は説明変数の数)

### 5. 加齢変化傾向が認められた項目の加齢による影響の制御

本研究で扱う男子幼児の横断的データについて、身長に対する体重の正確な回帰評価を可能にするためには、加齢による影響を制御しなければならない。そのため、制御方法として男子幼児の平均年齢を算出すると4.67歳であった。この平均年齢に対して、個々の身長、および体重の測定値を最小二乗近似によって導かれた回帰多項式が構成する回帰平面上をスライドさせ、その平均年齢上の推定値を得る必要がある。推定値の算出式を次に示す。

< 1 次の回帰多項式の場合 > :

$$y_0 = a_0 (t_0 - t_1) + y_1$$

< 2 次の回帰多項式の場合 > :

$$y_0 = a_0 (t_0^2 - t_1^2) + b_0 (t_0 - t_1) + y_1$$

$y_0$  : 平均年齢にスライドさせた推定測定値

$y_1$  : 身長、体重の実際の測定値

$t_0$  : 男子平均年齢 (4.67歳)

$t_1$  : 測定日時点での個々に対応する年齢

$a_0, b_0, c_0, d_0$  : 身長、体重において、最小二乗近似によって導かれた加齢変化傾向を示す 1, 2 次の回帰多項式のそれぞれの次数における係数

以上の推定値算出式を各個人の身長、および体重の測定値に適用し、得られた両項目の推定値を適用して身長に対する体重の回帰評価を構築し、標準体重を算出することを可能にした。

## Ⅲ. 結 果

### 1. 最小二乗法による幼児の体格、身体組成の加齢変化の検証

表 1 は、男子幼児の体格、身体組成の年少 (3 歳)、年中 (4 歳)、および年長 (5 歳) 児の統計値を示した。身長と体重は加齢変化による差が示されているが、筋肉量、および骨量については加齢変化の傾向は伺えるものの有意な差は示されていない。また、BMI、体脂肪量、それに体脂肪率については加齢変化が全く認められなかった。解析手法でも述べたが、幼児の場合、暦年齢による影響を無視できず、少ないデータを一括して扱う場合には、1 年というスパンで各形質の加齢変化を判断することは難しいと考えられる。その

ため、全年齢に対して最小二乗近似法により加齢変化を解析した。その結果、男子幼児における年齢と各項目間の決定係数は、身長、体重、骨量、それに筋肉量において高い数値を示し、BMI、体脂肪率、および体脂肪量では低い数値が示された。したがって、身長、体重、骨量、筋肉量で加齢変化傾向の妥当性が示され、BMI、体脂肪量、体脂肪率では加齢変化傾向の妥当性は認められなかったことになる。以上から、標準体重による肥瘦度の判定基準を構築するために、まず身長と体重の加齢の影響を制御し、制御された身長に対する体重の回帰多項式が構成された。

表 1. 男子年齢別統計

		満年齢	身長 (cm)	体重 (kg)	BMI	脂肪量	体脂肪率	筋肉量	推定骨量	
男子	3歳	Mean	3.34	95.02	14.10	15.55	1.47	10.37	11.94	0.40
		SD	0.53	5.48	1.91	1.01	0.59	3.14	1.42	0.09
	4歳	Mean	4.58	104.71	16.78	15.27	1.62	9.65	14.31	0.57
		SD	0.30	4.73	1.89	1.03	0.61	2.90	1.40	0.10
	5歳	Mean	5.78	110.46	17.85	14.58	1.54	8.46	15.38	0.63
		SD	0.47	5.33	2.17	0.90	0.75	3.26	1.64	0.11

## 2. 身長に対する体重の回帰多項式による評価チャートの構築

身長に対する体重の回帰評価を構築する場合、まず、身長と体重の加齢変化の影響を制御する必要がある。そして、身長と体重の加齢変化を最小二乗近似法によって1次から6次式まで構成し、次数の妥当性を決定係数、残差平方和、AICによって検討した。その結果、本研究では身長、体重とも1次式が妥当であったことから、1次の回帰直線から身長と体重の加齢制御による推定値が得られた。さらに、得られた身長と体重の推定値を適用して、身長に対する体重の回帰分析を行った。そして、加齢変化の次数決定と同様な方法で回帰多項式の次数を検討した結果、2次の回帰多項式が妥当と判断され、2次の回帰評価チャートが構築された(図1)。以下に伊藤ら(1996)が作成した評価チャートと同じ標準身長体重曲線を構築した算出式を示す。

$$\text{男児: } y = 1.79 \times 10^{-3} x^2 - 0.01004x - 1.9704$$

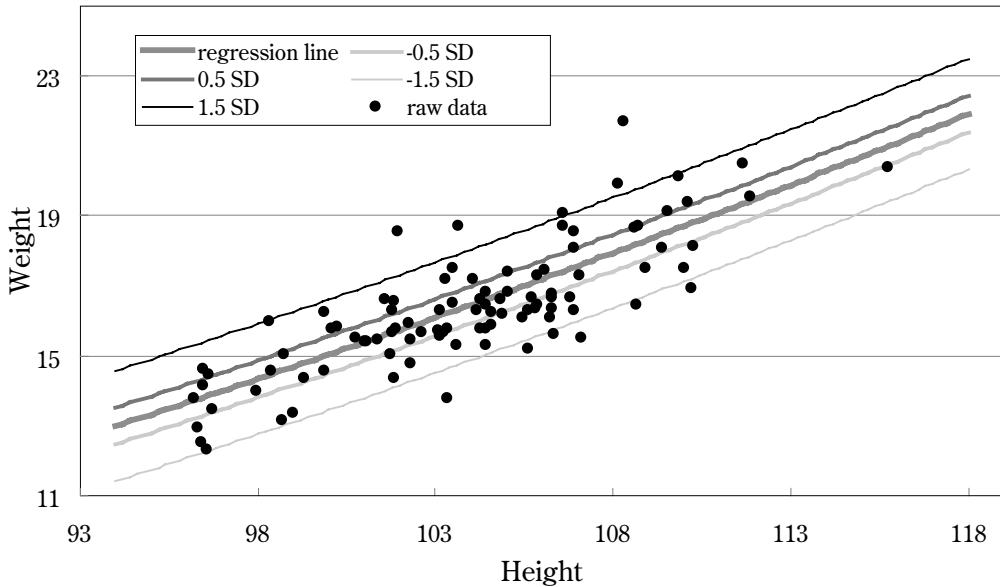


図1. 男児の身長に対する体重の2次回帰多項式評価チャート  
(Evaluation chart for weight against height, a quadratic regression polynomial: Boys)

以上の標準体重算出式を本研究の男児に適用し、伊藤ら（1996）が提唱する標準体重の15%以上として肥満判定を行った結果、ほとんどの幼児は標準と判定され、男児で肥満と判定された者は2名のみであった。これら肥満と判定された幼児の体脂肪率を比較してみると、標準体重よりも15%以上の男児は、17.9%（体脂肪率15.9%）および20.0%（体脂肪率16.2%）であった。

以上のように得られた数値について、標準体重を適用した場合の肥満（標準体重の15%以上）では、2名とも体脂肪率の基準による肥満（体脂肪率30%以上）には当てはまらなかった。そこで、標準体重の15%基準を外し、身長に対する体重の回帰評価チャートからの評価基準に基づいて、標準（平均±0.5SD）、やや肥満、やや痩身（平均±0.5SDから±1.5SDまで）、肥満、痩身（平均±1.5SD以上、以下）を判定することにした。それによって身長と体重から肥瘦度判定された幼児と本研究で測定された体脂肪率の統計値から判定された肥瘦度判定について比較検討を行うことにした。

### 3. 身長に対する体重の回帰評価と体脂肪率測定から判定される肥瘦度判定との比較検討

表2は、本研究で使用したMC-190EMを用いて測定した体脂肪率の統計値について5段階平均値評価法を適用した判定基準である。この判定表から導かれた肥瘦度の分布と身長に対する体重の回帰評価チャートから導かれた肥瘦度の分布を示したものが図2である。

男児では両分布の傾向はほとんど変わらず、 $\chi^2$ 検定を試みた結果、有意な差は認められなかった。

表 2. 男児の体脂肪率の 5 段階平均値  
評価法による肥瘦度判定基準

肥 満	体脂肪率 $\geq 14.2$
やや肥満	$14.20 >$ 体脂肪率 $> 11.00$
標 準	$11.00 \geq$ 体脂肪率 $\geq 7.81$
やや痩身	$7.81 >$ 体脂肪率 $> 4.61$
瘦 身	$4.61 \geq$ 体脂肪率

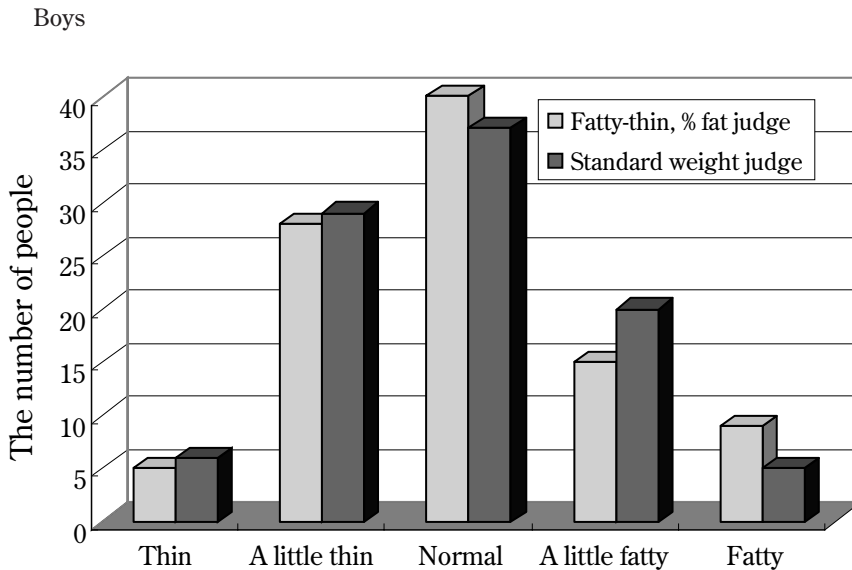


図 2. 男児の体脂肪率、標準体重からの肥瘦度判定による分布  
(The fat-thin distribution derived from fat percentage chart and the fat-thin distribution derived the weight versus height regression evaluation chart: Boys)

#### IV. 考 察

境田ら (2007) は、体格 (身長と体重)、身体組成 (BMI、骨量、筋量、体脂肪量、体脂肪率)、骨密度 (SOS値) の加齢変化を検証した結果、男女幼児において身長、体重、骨量、筋量に加齢変化の妥当性が認められ、BMI、体脂肪量、体脂肪率、骨密度 (SOS値) においては加齢変化の妥当性が認められなかったと報告している。本研究では骨密度については検討していないが、身体組成についてはこの報告を裏付ける結果となった。衛藤ら

(2002) の幼児期における 1 年間の縦断的な結果では、男女幼児のBMIについて大きな変化は示されず、総体脂肪量（体重から除脂肪量を引いた値）、総体脂肪率（%fat）は増加傾向を示したと報告されている。BMIにおける加齢変化の非妥当性については本研究を肯定しているが、体脂肪量、体脂肪率における加齢変化の非妥当性は本研究とは異なる。恐らく本研究での幼児期全般にわたる横断的立場と、衛藤ら（2002）の 1 年間の縦断的立場の手法的な違いが影響したと推測される。

そこで、本研究では身体組成評価に基礎的な情報を提供する意味から、本研究で使用したタニタMC-190EMを用いて測定した身体組成の妥当性を検討するために、伊藤ら（1996）が幼児の肥満判定のために構築した標準身長体重曲線（標準体重の15%以上を肥満と設定）による肥瘦度判定と体脂肪率の統計値から判定された肥瘦度を比較検討した。本研究データの身長と体重においては加齢変化が示されているので、加齢の影響を制御する必要がある。本データの身長、体重の加齢変化は 1 次直線の加齢変化を示しており、一次直線上をスライドさせることによって加齢制御を行った。制御された身長と体重の推定値から二次多項式回帰による標準身長体重曲線が構成され、男子幼児の肥満判定がなされた。その結果から男児 2 名が肥満と判定されたが、体脂肪率から判定された結果を比較すると、両方法で差異がみられた。

そこで、肥満の判定だけでなく、痩身も含めて 5 段階の回帰評価から肥瘦度判定を行うことにした。男児を対象として、標準身長体重曲線から導かれた判定結果と体脂肪率の統計値から導かれた判定結果について両方法による判定の分布を  $\chi^2$  乗検定により検討した結果、有意な差がなかった。以上の結果より、本研究で使用したタニタMC-190EMを用いて測定した身体組成の結果は、少なくとも体脂肪量と体脂肪率に関しては妥当な測定結果と考えられる。伊藤ら（1996）の方法が提唱された経緯は、幼児期におけるBMIの適用が難しいためであり、標準身長体重曲線での判定はあくまでも体型の判定で、身体内部の脂肪を測定しているわけではない。そのため、標準身長体重曲線による肥瘦度判定には限界があると考えられ、やはり身体組成を正確に把握するためにもより多くのデータを解析し、身体組成研究の基礎的資料として提供する必要があると考えられる。

これらの知見は、測定機器の限界もあり日本人幼児に適用できるインピーダンス法による正確な推定計算式が確立されていない状況で得られたものである。今後機器の改良や測定方法の進歩によって、幼児の体組成測定について、より正確な測定法の確立が望まれる。

## 文献

- 文部科学省（2010）平成21年度体力・運動能力調査結果の概要. [http://www.mext.go.jp/b\\_menu/toukei/chousa04/tairyoku/kekka/k\\_detail/1298118.htm](http://www.mext.go.jp/b_menu/toukei/chousa04/tairyoku/kekka/k_detail/1298118.htm)
- 文部科学省（2011）学校保健統計調査-平成22年度結果の概要. [http://www.mext.go.jp/b\\_menu/toukei/chousa05/hoken/kekka/k\\_detail/\\_icsFiles/afieldfile/2011/03/25/1303380\\_2.pdf](http://www.mext.go.jp/b_menu/toukei/chousa05/hoken/kekka/k_detail/_icsFiles/afieldfile/2011/03/25/1303380_2.pdf)
- 穂丸武臣（2003）幼児の体格・運動能力の30年間の推移とその問題. 子どもと発育発達, 1



(2),128-132

- 藤井勝紀, 穂丸武臣, 花井忠征, 村瀬智彦, 春日晃章 (2005a) 幼児の体格と運動能力の経年変化に関する検討—polynomialによる女児の解析—. 教育医学, 50,217-228
- 藤井勝紀, 穂丸武臣, 花井忠征, 村瀬智彦, 酒井俊郎 (2005b) Polynomialによる幼児の体格と運動能力の経年変化に関する検討—男子に関する解析—. 東海保健体育科学, 27, 9-20
- 近藤充夫, 松田岩男, 杉原隆 (1987a) 幼児の運動能力①1986年の全国調査結果から. 体育の科学, 37, 551-554
- 近藤充夫, 松田岩男, 杉原隆 (1987b) 幼児の運動能力②1986年と1973年の調査との比較. 体育の科学37, 624-628
- 藤井勝紀 (2006a) 発育・発達への科学的アプローチ—発育・発達と健康の身体情報科学—. 三恵社
- 藤井勝紀, 穂丸武臣, 花井忠征, 酒井俊郎 (2006b) 幼児の体格・運動能力の発育・発達における年次変化に関する検証—身体成熟度から見たアプローチ—. 体力科学, Vol.55,489-502
- 乙木幸道, 小宮秀一, 寺本圭輔, 増田隆, 宇部一 (1999) 日本人3~6歳児の体脂肪分布に関する性差. 体力科学, 48, 641-650
- 衛藤稚英子, 小宮秀一, 乙木幸道, 寺本圭輔 (2002) 日本人幼児の体脂肪における年間変化. 日本生理人類学会誌, 7(2), 55-61
- 福永哲夫 (2003) 子どもの筋力の発達. 子どもと発育発達, 1, 78-84
- 杉山充宏 (2003) 小中学生の形態的側面および身体組成の発達, 子どもと発育発達, 1, 268-274
- Teramoto, K., Otogi, K., Komiya, S. (1999) Age-related changes body composition of 3-to 6-year-old Japanese children. Appl Human Sci, 18, 153-160
- 境田雅章, 藤井勝紀, 穂丸武臣, 花井忠征, 酒井俊郎 (2007) 幼児の身体組成および骨密度 (SOS値) の加齢変化と身体組成間の関係. 発育発達研究35,1-9
- 伊藤善也, 奥野晃正, 村上優利香, 内山聖, 岡田知雄, 坂本元子, 梁茂雄, 衣笠昭彦, 貴田嘉一, 大関武彦, 本田憲, 村田光範 (1996) 肥満度判定のための幼児標準身長体重曲線. 小児保健研究, 55(6)752-756
- Matsuura, Y. & Kim, M. (1991) Analysis of physical growth by fitting the polynomial to the longitudinal growth distance data of individual ; age 6 to 17. Research Monograph issued by Growth and Development Research Institute of Health and Sport Sciences University of Tsukuba Japan, pp. 1-153
- Largo R H, Gasser T, Prader A, Statzle W, & Huber P J. (1978) Analysis of the adolescent growth spurt using smoothing spline functions. Annals of uman Biology, 5, 421-434