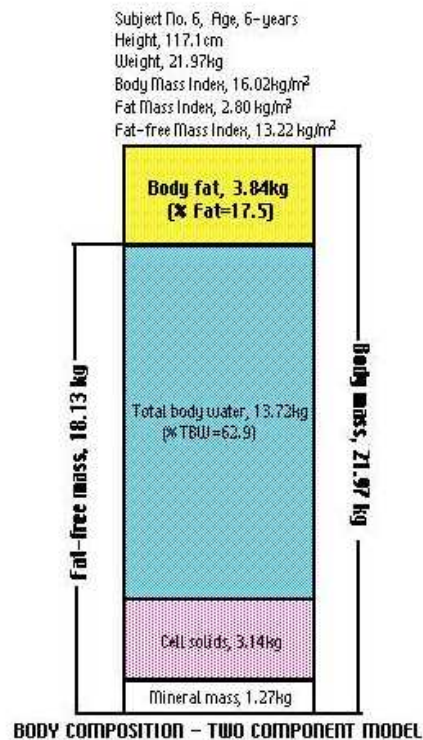


# 体格・体型・体組成

## Physique, Anthropometric somatotype and Body composition

### 短報 - 3

### Age-related changes in the anthropometric indices, skinfold thickness, and body composition based on longitudinal data from 3 to 6 years-Group analysis



九州大学名誉教授  
小宮 秀一

## 目 次

緒言	3
方法	4
1. 対象児	4
2. 人体計測変数の測定と Body Mass Index (BMI) の算出	4
3. 皮下脂肪厚の測定と体幹 (Trunk) /四肢 (Extremity) 比 ; T/E ratio の算出	5
4. 身体組成の推定と身体組成指数の算出	5
5. 統計分析	5
結果と考察	6
1. 人体計測変数の経年変化と性差	6
2. 皮下脂肪厚の経年変化と性差	8
3. 身体組成の経年変化と性差	11
要約と今後の課題	15
1. 要約	15
2. 今後の課題	16
参考文献	16

## 緒 言

発育 (growth) が生理的な現象である以上、健康状態の指標として、身体発育の評価のもつ意味は非常に大きい。幼児期における身体発育は、食生活 (食生活リズムや栄養素バランスなど)、運動、生活リズム、精神的ストレス、養育状況などにより影響を受ける。このように、幼児の身体発育は、影響する多くの諸要因を反映しているため、個々の小児に対する健康教育における課題を探る大きな手がかりとなる。従って、幼児の身体発育状態を総合的に評価し、必要な指導を行うことが必要不可欠である。

乳幼児 (infant)、前思春期 (preadolescence)、思春期 (adolescence) の3つの時期の発育に重要な要素は、それぞれ順に栄養・成長ホルモン・性ホルモンと云われている。特に、乳幼児期の発育は、出生時体重や乳児栄養法 (nutrition in infants) など乳幼児の状態によって変わる。例えば、乳児期に身長や体重の percentile 値 (或いは SD-score) は、大きく変化するが、3歳以降は余り変化しない。従って、6歳頃に低身長と評価される幼児の多くは、3歳時点で既に低身長であることが多い。一方、比較的短期間に percentile curve を下に2つ以上横切る体重増加不良 (failure to thrive: FTT) の幼児も居れば、明確な異常もないのにゆっくりしか体重が増加しない (slow weight gain) 幼児もいる。逆に、身体発育 percentile curve で、体重が急激に増えて50 percentile curve を上向きに横切るような過体重幼児もいる。則ち、幼児の発育には個人差がある。

身体発育研究の多くは、縦断的 (longitudinal) 或いは横断的 (cross-sectional) データを用いて平均値等の代表値の年齢変化、或いは性的変化などを検討している。横断的研究 (cross-sectional study) は、年齢の異なる集団に対して測定を行い、年齢以外の要因をできる限り統制して各年齢群を比較する。しかし、比較的短時間に多くのデータを得ることができ、費用や労力なども少なく済むが、同一対象者の追跡ではないため、発育の連続性や安定性を明らかにすることができない。また、cohort (共通の特性をもつ集団) の違いが結果に関与するため解釈が難しい。それに対して、縦断的研究 (longitudinal study) は、同一の対象者を一定期間継続して追跡し、幾つかの時点で測定し、その変化を検討する。この方法は、発育の連続性や安定性を問題にすることは出来るが、労力や費用が大きく、大きな集団を追跡することが難しく、追跡期間の途中で対象者が減少する可能性がある。また、特定 cohort のみの追跡であるため、結果の一般化 (普遍化) に問題が残る。

発育状態の評価には、個々の小児を追跡測定した発育状態の評価が重要である。集団内での個体差の程度は、データの散布状態から検討する SD-score 法や percentile (%ile)法を用いて検討することは出来るが、相対成長 (allometry) 法 (森下はるみ, 1965; 森下はるみ, 1969; 木村邦彦, 1970; 小宮秀一, 1971; 高石昌弘, 1971; 小宮秀一, 1974; 小宮秀一, 大坂哲郎, 1975) や channel 法 (木田信子ら, 1964; 寺田春水, 保志宏, 1965; 寺田春水, 保志宏, 1965; 服部恒明,

1974; 渡辺隆嗣ら, 1986) による身体発育の pattern に関する個成長研究が行われている。

しかし、それらの研究の多くは、成長ホルモンや性ホルモンの分泌が活発になる前思春期や思春期の小児を対象としており、それ以前の幼児期小児を対象にした縦断的データに基づいた個成長研究は少ない。中でも、身長や体重等の形態発育に関するものは散見されるが、幼児期小児の身体組成を縦断的に追跡した研究はない。

そこで本報告は、3歳から6歳まで、年2回、縦断的に継続測定した男女幼児の形態、皮下脂肪厚、及び身体組成の加齢変化 (aging) を集団分析 (group analysis) し、次回に実施する個体分析 (individual analysis) の基礎資料としている。

## 方 法

### 1. 対象児

本報告の対象児は、北九州市に在住し、私立の某保育園に在籍した幼児で、2006年9月6日(平均35ヶ月、約3歳)から2009年12月9日(平均74ヶ月、約6歳)まで、年2回(図1)計7回の身体計測を縦断的に受診した男児13人と女児27人の計40人である。全ての測定、及び分析内容については保育園の許可を得て、各対象児の保護者から informed consent を得た。

ただし、最終の計測が終了した段階で、データが全て揃い分析可能であった対象児が40人(40人/70人=57.1%)であった。特に、男児のデータ欠落が多く、29人中16人(55.2%)が分析できなかった。

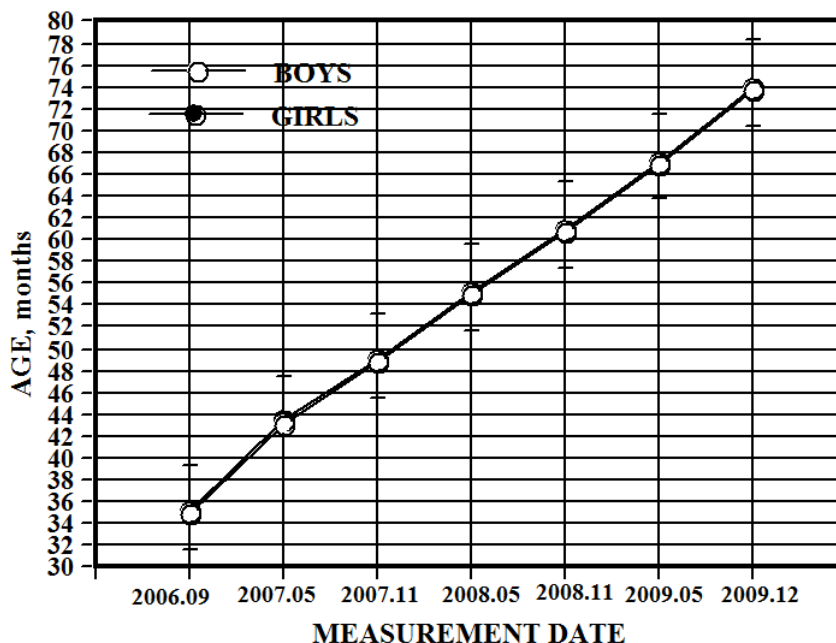


Fig. 1. Age in months at time series measurements

縦断的測定の間隔は、初回（2006.09）と第2回（2007.05）の間隔だけ8ヶ月と長い、その他の間隔はおよそ6ヶ月間である。

## 2. 人体計測変数の測定と Body Mass Index (BMI)の算出

人体計測は、身長 (Height, cm) , 体重 (Weight, kg) , 胸囲 (Chest girth, cm) , 腹囲 (Abdominal girth, cm) , 臀囲 (Hip girth, cm) , 上腕囲 (Upper arm girth, cm) , 大腿囲 (Thigh girth, cm) , 下腿囲 (Calf girth, cm) を Martin 法 (Martin, R., 1928) による一般的な方法で実施した。形態指数である Body Mass Index (BMI)は、身長と体重の測定値より、 $BMI, kg/m^2 = weight, kg / (Height, m * Height, m)$ によって算出した。35ヶ月(3.0歳)から74ヶ月(6.0歳)までの発育割合、% (percent increase) は、 $((6.0歳 - 3.0歳) / 3.0歳) * 100$ で求めた。

## 3. 皮下脂肪厚の測定と体幹 (Trunk)/四肢(Extremity)比 (T/E ratios) の算出

皮下脂肪厚は、身体7部位（上腕二頭筋部；Biceps・上腕三頭筋部；Triceps・肩甲骨下部；Subscapular・腸骨上部；Suprailiac・腹部；Abdomen・前大腿部；Anterior Thigh・下腿部；(Medial Calf)を Harpenden caliper で同一検者が同一部位を3回連続して測定し、その平均値を測定値とした。T/E比は、以下の式によって算出した；

$$T/E = (\text{肩甲骨下部,mm} + \text{腸骨上部,mm}) / (\text{上腕二頭筋部,mm} + \text{上腕三頭筋部,mm}) .$$

## 4. 身体組成の推定と身体組成指数の算出

身体組成は、上腕二頭筋部、上腕三頭筋部、肩甲骨下部、及び腸骨上部の皮下脂肪厚を対数に変換したそれぞれの和から(1)(2)式によって体密度(Body density; D)を推定し、体重を含む Lohman, TG. (1986)の式(3)から総体脂肪量(Total fat mass; FM)を算出した。

$$D, \text{ boys (g/l)} = 1.1690 - 0.0788 * (\log(\text{sum of four skinfolds})) \dots \dots \dots (1)$$

$$D, \text{ girls (g/l)} = 1.2063 - 0.0999 * (\log(\text{sum of four skinfolds})) \dots \dots \dots (2)$$

$$FM \text{ (kg)} = \text{weight} * ((5.28/D) - 4.86) \dots \dots \dots (3)$$

これらの式は、12歳以下の小児に適用できるように開発されている。

次に、除脂肪量 (Fat-free Mass; FFM, kg) は、= 体重,kg - 体脂肪量,kg によって求めた。総体水分量 (Total Body Water; TBW, kg) は、Fomon, S.J ら (1982) によって開発された小児の FFM の水和 (hydration, %) を用いて、= FFM, kg\*(hydration of FFM)によって算出した。また、体重に占める無機質量(Mineral Mass ; MS, %)と細胞内固形物量(Cell Solid ; CS, %)は、Hamwi, G.J. (1953)によって開発された以下の式(4)(5)によって算出した。

$$MS, \% = 0.07 * ((FFM/Wt) * 100) \dots \dots \dots (4)$$

$$CS, \% = \%FFM - (((TBW/Wt) * 100) + \%MS) \dots \dots \dots (5)$$

身体組成指数である除脂肪量指数 (Fat-free Mass Index; FFMI,  $kg/m^2$ ) と体脂肪量指数 (Fat Mass Index; FMI,  $kg/m^2$ ) は、BMI と同一概念として捉え、FFM と FM のそれぞれを身長<sup>2</sup>で除して求めた。

## 5. 統計分析

統計分析の結果は、Mean±SD で表示し、3 歳から 6 歳までの年齢変化の有意性、及び、各年齢における平均値の性差検定は、one-factor ANOVA によって行い、いずれも  $p < 0.05$  未満を有意水準とした。年齢に伴う身長、体重、体脂肪量、及び除脂肪量の各変数の発育傾向は、simple regression analysis によって行った。全ての統計処理は、StatView J-4.5 によって行った。

## 結果と考察

### 1. 人体計測変数の経年変化と性差

表 1 は、身長、体重、及び胸囲の各年齢（月齢）における平均値と標準偏差を男女別に示し、それらの 3 歳から 6 歳までの経年変化の有意性と各年齢別平均値の性差を検定したものである。また、各年齢別平均値とその年齢に該当する日本人幼児の標準値（50 percentile 値；厚生労働省、2010）とを比較している。男女の身長、体重、胸囲における 3 歳から 6 歳までの年齢変化は全て有意な変化を示した ( $p=0.0001$ )。年齢別の平均値は、3 変数とも男児の平均値が女児より大きかったが、体重の性差は全年齢で有意ではなかった。また、各年齢別平均値を該当する日本人幼児の標準値（50%ile 値）と比較すると、どの平均値も 50%ile 値とそれ程大きな違いは示さなかった。しかし、平均値と 50%ile 値の 3 歳から 6 歳までの発育の変化量（6 歳値—3 歳値）を比較すると、女児の胸囲を除いて、男女児の身長と体重、及び男児の胸囲は、いずれも本集団の変化量が標準値の変化量を上回った。

これらのことから、本集団の 3 歳から 6 歳までの形態発育は、ほぼ日本人の標準値に近いが、体重の年齢別平均値に有意な性差がないこと、そして、本集団の 3 歳から 6 歳までの発育量が日本人幼児の標準値より大きいことは、本 cohort の特性であると考えられる。

Table 1. Means and standard deviations for height, weight, and chest girth, and comparison of reference value (50%ile) for Japanese children at various ages

Age, yr (month)	Height, cm					Weight, kg					Chest girth, cm				
	Boys (n=13)		Girls (n=27)		Sex	Boys (n=13)		Girls (n=27)		Sex	Boys (n=13)		Girls (n=27)		Sex
	Mean ±SD	50%ile	Mean ±SD	50%ile		Difference	Mean ±SD	50%ile	Mean ±SD		50%ile	Difference	Mean ±SD	50%ile	
3.0 (35)	93.6±3.6	95.1	90.9±3.5	93.8	$P < 0.05$	13.77±1.10	13.99	13.05±1.34	13.53	ns	51.2±1.6	51.2	50.0±2.5	49.8	ns
3.5 (43)	98.8±3.7	98.6	96.2±3.6	97.4	$P < 0.05$	15.37±1.39	14.90	14.39±1.46	14.56	ns	51.3±1.7	52.0	50.0±1.9	50.7	$P < 0.05$
4.0 (49)	102.2±3.9	101.8	99.7±3.7	100.8	ns	16.20±1.74	15.76	15.19±1.78	15.51	ns	52.4±1.7	52.9	50.9±1.8	51.6	$P < 0.05$
4.5 (55)	106.2±4.3	104.9	103.2±3.9	104.1	$P < 0.05$	17.27±1.61	16.62	16.34±1.95	16.41	ns	54.2±1.7	53.8	52.4±2.2	52.6	$P < 0.05$
5.0 (61)	109.4±4.5	108.0	106.5±4.3	107.3	ns	18.86±2.01	17.56	17.52±2.51	17.32	ns	54.6±1.7	54.8	52.7±2.5	53.6	$P < 0.05$
5.5 (67)	113.1±4.8	111.3	110.1±4.0	110.6	$P < 0.05$	20.00±2.37	18.63	18.62±2.91	18.27	ns	56.3±1.7	55.7	54.5±3.2	54.5	ns
6.0 (74)	117.1±4.8	114.9	113.9±4.4	114.0	$P < 0.05$	21.97±3.02	19.91	19.89±3.19	19.31	ns	57.4±2.8	56.7	55.2±3.7	55.1	ns
Age change	$P = 0.0001$		$P = 0.0001$			$P = 0.0001$		$P = 0.0001$			$P = 0.0001$		$P = 0.0001$		

Ministry of Health, Labour and Welfare; National Growth Survey on Preschool children. 2010.

表 2 は、本集団における周径囲（腹囲; Abdominal girth, 臀囲; Hip girth, 上腕囲; Upper arm girth, 大腿囲; Thigh girth, 下腿囲; Lower leg girth）の発育状態を年齢別の平均値で見たものである。男女の周径囲 5 変数全てにおいて 3 歳から 6 歳まで有意な発育を示したが、全年齢の平均値は男女殆ど同じで、有意な性差は全く認められなかった。これら周径囲 5 変数の中で、この 3 年間に最

も大きな発育を示すのは男女とも臀囲であり、3年間の平均値の差が男児=11.9cm (+24.1%)、女児=9.4cm (+18.8%)で、逆に、最も小さな percent increase を示したのは男児の腹囲で+14.9%、女児では上腕囲で+8.9%であった。

この年齢期における周径囲の標準値として報告されているものは少ないため、東京都立大学体力標準値研究会編(2000)に掲載された値と比較した。本 cohort の平均値がそれらの値より大きく劣る訳ではないが、どの周径囲の平均値も、3歳から5歳までは若干小さいが、6歳の全ての平均値は標準値を上回っている。

Table 2. Means and standard deviations for circumferences at various ages among subjects

	Abdominal girth, cm		Hip girth, cm		Upper arm girth, cm		Thigh girth, cm		Lower leg girth, cm						
	Boys (n=13)	Girls (n=27)	Boys (n=13)	Girls (n=27)	Boys (n=13)	Girls (n=27)	Boys (n=13)	Girls (n=27)	Boys (n=13)	Girls (n=27)					
	Mean ±SD	Mean ±SD	Mean ±SD	Mean ±SD	Mean ±SD	Mean ±SD	Mean ±SD	Mean ±SD	Mean ±SD	Mean ±SD					
3.0 (35)	47.6±1.9	47.4±2.7	ns	49.4±2.4	50.1±2.5	ns	15.4±0.8	15.8±1.2	ns	28.7±1.6	29.5±2.0	ns	20.6±0.9	20.7±1.3	ns
3.5 (43)	47.7±1.8	47.7±2.8	ns	51.0±2.8	51.1±2.7	ns	15.2±0.7	15.2±0.9	ns	28.9±1.7	29.5±2.4	ns	20.9±1.2	20.8±1.1	ns
4.0 (49)	48.6±2.2	48.2±2.9	ns	52.3±3.1	52.0±2.9	ns	15.3±1.0	15.4±0.9	ns	29.8±2.2	30.4±2.4	ns	21.3±1.2	21.3±1.3	ns
4.5 (55)	49.9±2.2	49.5±2.9	ns	54.7±2.7	54.2±3.2	ns	16.3±0.6	16.2±0.9	ns	31.9±2.2	32.2±2.9	ns	22.1±1.0	22.1±1.4	ns
5.0 (61)	49.1±2.6	48.8±3.5	ns	54.5±3.0	54.1±3.6	ns	15.6±0.9	15.4±1.1	ns	31.4±2.3	31.6±3.5	ns	22.1±1.2	22.0±1.5	ns
5.5 (67)	51.5±3.1	50.3±3.1	ns	57.7±3.8	57.0±4.5	ns	17.3±1.3	16.9±1.5	ns	33.8±3.5	33.8±4.3	ns	23.2±1.3	23.0±1.7	ns
6.0 (74)	54.7±4.2	52.6±4.0	ns	61.3±4.3	59.5±4.5	ns	18.1±1.6	17.2±1.5	ns	33.9±3.7	33.3±3.5	ns	24.2±1.8	23.6±1.7	ns
Age change, p	P= 0.0001	P= 0.0001		P= 0.0001	P= 0.0001		P= 0.0001	P= 0.0001		P= 0.0001	P= 0.0001		P= 0.0001	P= 0.0001	

図2は、測定日の月齢に対する身長発育曲線 (distance curve) を一次回帰直線で示し、隣接する測定日の測定値の差をプロットした発育速度曲線 (velocity curve) を示している。上図は、一次回帰直線で示した身長 distance curve である。Distance curve は、男女殆ど同じ勾配 (男児; 0.602cm/month, 女児; 0.588cm/month) で、月齢別の平均身長は男児が大きく、月齢49ヶ月と61ヶ月を除いて、有意な性差を示した ( $p < 0.05$ )。回帰直線は、男女ほぼ平行線を示し、共に有意な発育変化を示した ( $p = 0.0001$ )。下図は、velocity curve であるが、第1回と第2回の測定間隔が8ヶ月、第6回と第7回測定の間隔が7ヶ月、その他の間隔が6ヶ月であるため必ずしも同一期間の発育量ではない。男女の発育量曲線は、3歳 - 3.5歳までの大きな発育量 (8ヶ月間隔) から漸次発育量が低下し、4.5歳 - 5歳でこの期間の最低値まで低下して rebound し、その後、漸次5.5歳 - 6歳の発育量まで増大する。しかし、男児の発育量は、4歳 - 4.5歳の発育量が一時増大した後、低下するという特異な trend を示した。このため、この期間にのみ発育量に有意な性差がみられた ( $p < 0.05$ )。この男児に見られた発育量の特異な trend は、生物学的に説明できないものであるため、対象者数の少ない本 cohort の特性ではないかと考えられる。

図3は、図2と同様に、体重における distance curve と velocity curve を示している。体重の一次回帰で示した distance curve の勾配は、女児に対して男児の勾配が若干大きく、この期間、男児では1ヶ月に0.27kg、女児は1ヶ月に0.18kgずつ体重が増加し、男女の回帰直線は月齢の進行と共に漸次離れて行く傾向にあった。3歳から6歳までの経年変化は有意であった ( $p = 0.0001$ )。しかし、男女の月齢別平均体重間に有意な差は見られなかった。下図は、体重の velocity curve である。男女の発育量の trend は類似し、3.5歳と4歳の間最下点が見られ、その後、変化量は増大に転

じるが、男児では4.5歳 - 5歳と5.5歳 - 6歳では大きな変化量が見られ、特に、5.5歳 - 6歳の

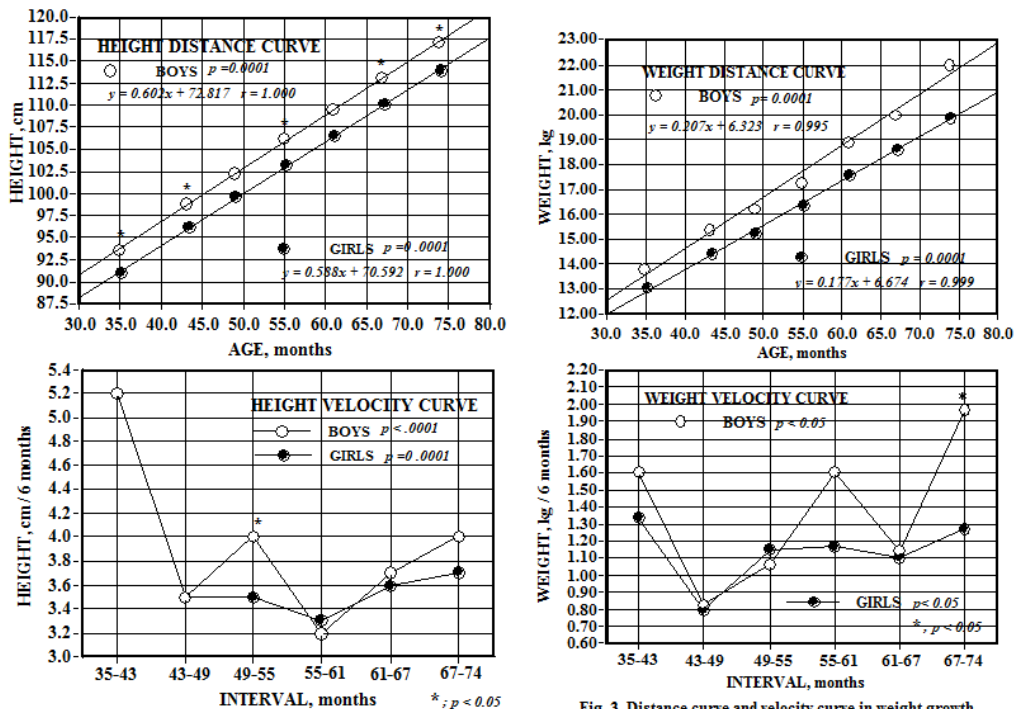


Fig. 2. Distance curve and velocity curve in height growth from 35 months (3 years) to 74 months (6 years).

Fig. 3. Distance curve and velocity curve in weight growth from 35 months (3 years) to 74 months (6 years).

男児の変化量 1.97kg は、女児の 1.27kg より有意に大きかった。また、4.5歳 - 5歳に見られた大きな体重の変化量は、図2に示した身長 velocity curveに見られた4歳 - 4.5歳の大きな変化量と考え合わせると、この特異な現象も本集団における cohort 効果ではないかと考えられる。

## 2. 皮下脂肪厚の経年変化と性差

表3は、身体7部位の皮下脂肪厚における性別・月齢別の平均値と標準偏差を示している。しかし、全国的な規模で測定され、この年齢期の皮下脂肪厚標準値とされているものはない。

身体7部位の皮下脂肪厚の中で男女共に有意な加齢変化 (aging) を示した部位は、上腕二頭筋部と下腿部の2部位のみであった。その他、男児は腹部、女児は上腕三頭筋部が有意な加齢変化を示した。しかし、肩甲骨下部、腸骨上部 (腰部)、及び前大腿部の皮下脂肪厚は男女ともに有意な加齢変化を示さなかった。一方、各月齢別の平均値の性差をみると、殆どの平均値は女児の値の方が大きいものの、有意な性差を示した月齢値は少なかった。しかし、唯一前大腿部だけは、全月齢値で女児が大きく、3.0歳から4.5歳までの性差は系統的に有意 ( $p < 0.05 - p < 0.01$ ) であった。



Table 3. Means and standard deviations for skinfold thickness at various ages among subjects

	Years (months)							Age change <i>p</i>
	3.0 (35) Mean ±SD	3.5 (43) Mean ±SD	4.0 (49) Mean ±SD	4.5 (55) Mean ±SD	5.0 (61) Mean ±SD	5.5 (67) Mean ±SD	6.0 (74) Mean ±SD	
<b>Biceps</b>								
Boys (n=13)	7.2±1.2	6.4±1.2	5.3±0.7	5.8±1.0	5.9±1.2	5.6±1.1	6.2±2.1	<i>p</i> < 0.01
Girls (n=27)	7.6±1.8	7.5±2.1	6.2±1.6	6.7±1.8	6.1±1.7	5.7±1.9	5.9±2.2	<i>p</i> < 0.001
Sex difference, <i>p</i>	<i>ns</i>	<i>ns</i>	<i>ns</i>	<i>ns</i>	<i>ns</i>	<i>ns</i>	<i>ns</i>	
<b>Triceps</b>								
Boys (n=13)	10.9±1.7	11.7±2.3	9.7±1.4	11.0±1.7	10.1±2.1	11.8±2.7	11.0±3.7	<i>ns</i>
Girls (n=27)	12.4±2.3	12.5±2.3	10.6±2.2	12.4±2.2	10.8±2.5	12.3±3.2	10.9±3.4	<i>p</i> < 0.01
Sex difference, <i>p</i>	<i>P</i> < 0.05	<i>ns</i>	<i>ns</i>	<i>P</i> < 0.05	<i>ns</i>	<i>ns</i>	<i>ns</i>	
<b>Subscapular</b>								
Boys (n=13)	6.5±1.1	6.3±1.3	5.7±1.2	5.5±0.9	6.3±1.0	6.9±1.9	6.8±2.2	<i>ns</i>
Girls (n=27)	7.1±1.5	6.7±1.8	6.3±1.4	6.2±1.3	6.6±1.7	7.4±2.6	6.8±2.5	<i>ns</i>
Sex difference, <i>p</i>	<i>ns</i>	<i>ns</i>	<i>ns</i>	<i>ns</i>	<i>ns</i>	<i>ns</i>	<i>ns</i>	
<b>Suprailiac</b>								
Boys (n=13)	7.5±2.3	7.7±1.7	6.6±2.0	6.5±2.1	8.0±2.3	8.3±4.2	10.3±5.3	<i>ns</i>
Girls (n=27)	9.2±2.7	9.8±3.0	8.3±2.7	8.4±3.0	9.0±3.4	9.6±4.9	9.8±5.2	<i>ns</i>
Sex difference, <i>p</i>	<i>ns</i>	<i>P</i> < 0.05	<i>ns</i>	<i>P</i> < 0.05	<i>ns</i>	<i>ns</i>	<i>ns</i>	
<b>Abdomen</b>								
Boys (n=13)	6.3±1.1	6.5±1.4	6.6±1.4	6.4±1.3	7.5±1.7	10.4±8.9	9.3±4.4	<i>p</i> < 0.05
Girls (n=27)	7.5±1.9	7.5±2.1	7.6±2.1	7.5±2.3	8.1±3.0	8.8±4.1	8.6±4.4	<i>ns</i>
Sex difference, <i>p</i>	<i>P</i> < 0.05	<i>ns</i>	<i>ns</i>	<i>ns</i>	<i>ns</i>	<i>ns</i>	<i>ns</i>	
<b>Anterior Thigh</b>								
Boys (n=13)	13.1±3.0	13.0±2.6	11.4±1.9	12.8±1.7	13.1±1.8	13.9±2.9	14.0±4.1	<i>ns</i>
Girls (n=27)	15.4±2.9	16.0±3.6	14.9±3.3	15.9±3.2	15.4±4.6	16.2±5.3	15.3±4.8	<i>ns</i>
Sex difference, <i>p</i>	<i>P</i> < 0.05	<i>P</i> < 0.05	<i>P</i> < 0.01	<i>P</i> < 0.01	<i>ns</i>	<i>ns</i>	<i>ns</i>	
<b>Calf</b>								
Boys (n=13)	13.9±2.3	13.0±2.9	12.5±2.3	13.7±2.3	17.4±4.4	10.0±2.7	14.4±3.9	<i>P</i> = 0.0001
Girls (n=27)	14.4±2.3	14.0±2.4	14.2±2.1	14.7±2.5	18.5±6.8	10.9±3.3	14.2±3.8	<i>p</i> < 0.001
Sex difference, <i>p</i>	<i>ns</i>	<i>ns</i>	<i>P</i> < 0.05	<i>ns</i>	<i>ns</i>	<i>ns</i>	<i>ns</i>	

図4は、上肢2部位（上腕二頭筋部、上腕三頭筋部）、体幹3部位（肩甲骨下部、腰部、腹部）、及び下肢2部位（前大腿部、下腿部）の3歳から6歳までの月齢別平均値をプロットして月齢変化の pattern をみている。各部位の aging pattern は、男児（上図）と女児（下図）で類似していた。女児の pattern は、月齢別平均値が若干男児より大きいため、多くの部位の pattern が男児より右（皮下脂肪厚の厚い方）に shift していた。

図5は、個別部位の皮下脂肪厚ではなく、今回測定した身体7部位の平均皮下脂肪厚の月齢変化を上図に、下図には、身体を体幹部と四肢部とに分け、肩甲骨下部+腸骨上部を体幹部皮下脂肪厚（Trunk）とし、上腕二頭筋部+上腕三頭筋部を四肢部皮下脂肪厚（Extremity）として、それらの比（T/E ratio）の月齢別平均値を図示したものである。7部位の平均皮下脂肪厚は、3歳から5.5歳まで女児の平均値が有意に大きく（\**p* < 0.05）、男女とも4歳で平均皮下脂肪厚が最下点

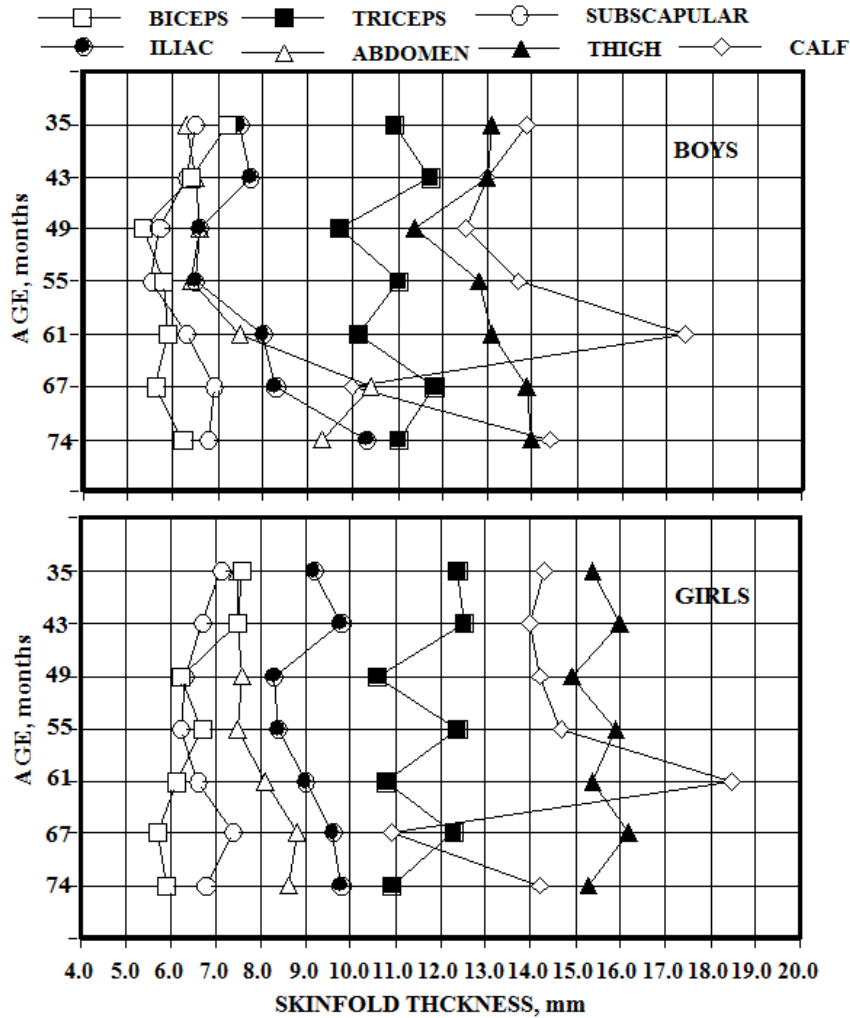


Fig.4. Aging of skinfold thickness (biceps, triceps, subscapular, suprailiac, abdomen, anterior thigh, calf) in boys and girls.

を示した。その後、男女児の平均値は rebound する変化 pattern を示し、6 歳では男児の平均値が catch-up して男女同じ値になった。T/E 比の月齢別平均値は、有意な性差を示さないが 3 歳から 5.5 歳まで女児の T/E 比が高く、女児の体幹部皮下脂肪厚の占める割合が男児より若干高いことがわかる。しかし、T/E 比の aging pattern は、男女で殆ど同じであり、T/E 比の最下点は 4.5 歳に見られ、その後 rebound して 6 歳では平均皮下脂肪厚と同様に男児の比が catch-up して女児と同一比になっている。

このように、部位別の皮下脂肪厚に大きな性差はないものの、全身の平均的な皮下脂肪厚は、5 歳頃まで女児の皮厚が厚く、4 歳で皮下脂肪厚は男女とも一時的に最低値に達し、その後徐々に増大していく。また、女児の皮厚は男児より体幹部皮厚の占める割合が高い。T/E 比も平均皮厚の rebound に 6 ヶ月遅れて 4.5 歳で男女児とも rebound し、体幹部位の皮厚の占める割合が高まる。平均皮厚と同様に T/E 比も男児の値が 6 歳で女児の値に catch up する。

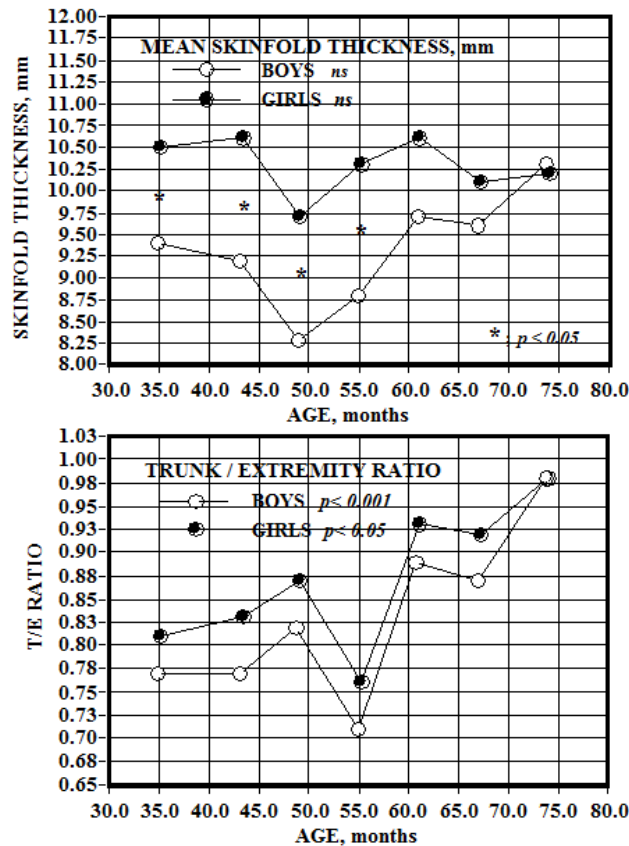


Fig. 5. Distance curve in mean skinfolds ( 7 sites ) and trunk / extremity [ (subscapular + suprailliac) / (triceps + biceps skinfold thickness)] growth from 35 months (3 years) to 74 month (6 years).

### 3. 身体組成の経年変化と性差

表 4 は、身体 4 部位の皮下脂肪厚対数値の和から算出した体密度 (D) を使って予測した体脂肪量 (FM) を基礎に算出した除脂肪量 (FFM) , 及びそれから求めた体水分量 (TBW) , そしてそれらから予測した細胞内固形物量(CS)と無機質量(MS)の平均値と標準偏差を示したものである。ここに示した体組成変数 5 項目は、全て有意な aging を示した。この期間、全ての月齢別平均値間に有意な性差が認められたのは、cell solid ( $p < 0.05 - p < 0.001$ ) であり、3 歳から 6 歳まで男児が大きな平均値を示した。逆に、fat mass と total body water は、全ての平均値において若干男児の方が大きかったが、統計的な有意差には至らなかった。また、fat-free mass と mineral mass では、3.5 歳と 6 歳に有意な性差 ( $p < 0.05$ ) が認められたただけであったが、その他の平均値も若干男児の値が大きかった。

このように、今回の身体組成 5 変数は、全て男児に大きな平均値がみられた。本報告の cohort 特性として、体重と胸囲を除いた周径围には有意な性差はないものの、男児の身長と胸囲が有意に女児より大きい傾向にあり、若干男児の体格が大きい傾向にある。この傾向が男児の大きな身体組成に関与しているように思われる。

Table 4. Means and standard deviations for body composition at various ages among subjects

	Fat mass, kg		Fat-free mass, kg			Total body water, kg			Celluloid, kg			Mineral mass, kg			
	Boys (n=13)		Girls (n=27)		p	Boys (n=13)		Girls (n=27)		p	Boys (n=13)		Girls (n=27)		
	Mean±SD	Mean±SD	Mean±SD	Mean±SD		Mean±SD	Mean±SD	Mean±SD	Mean±SD		Mean±SD	Mean±SD	Mean±SD	Mean±SD	p
3.0 (35)	2.28±0.43	2.15±0.66	ns	11.50±0.98	10.91±1.04	ns	8.89±0.76	8.46±0.80	ns	1.80±0.16	1.68±0.16	P<0.05	0.81±0.07	0.76±0.07	ns
3.5 (43)	2.55±0.52	2.37±0.78	ns	12.83±1.10	12.02±1.15	P<0.05	9.81±0.83	9.29±0.89	ns	2.11±0.19	1.89±0.18	P<0.01	0.90±0.08	0.84±0.08	p<0.05
4.0 (49)	2.27±0.60	2.05±0.84	ns	13.93±1.33	13.14±1.27	ns	10.69±1.02	10.16±0.98	ns	2.27±0.22	2.06±0.20	P<0.01	0.98±0.09	0.92±0.09	ns
4.5 (55)	2.56±0.62	2.43±0.94	ns	14.71±1.25	13.91±1.40	ns	11.25±0.95	10.75±1.08	ns	2.42±0.22	2.19±0.22	P<0.01	1.03±0.09	0.97±0.10	ns
5.0 (61)	2.98±0.83	2.51±1.22	ns	15.91±1.45	15.01±1.61	ns	12.16±1.13	11.59±1.24	ns	2.64±0.23	2.38±0.26	P<0.01	1.12±0.10	1.05±0.11	ns
5.5 (67)	3.38±1.14	2.96±1.71	ns	16.64±1.51	15.67±1.52	ns	12.65±1.15	12.07±1.18	ns	2.83±0.27	2.50±0.24	P<0.001	1.17±0.11	1.10±0.11	ns
6.0 (74)	3.83±1.77	2.93±1.90	ns	18.13±1.70	16.96±1.71	P<0.05	13.72±1.28	13.05±1.32	ns	3.14±0.31	2.72±0.28	P<0.001	1.27±0.12	1.19±0.12	p<0.05
Age change, p	P<0.001	P<0.05		P=0.0001	P=0.0001		P=0.0001	P=0.0001		P=0.0001	P=0.0001		P=0.0001	P=0.0001	

図6は、先ず、全対象児の月齢に対応するFFM値とFM値をプロットして回帰式と相関係数を求め、最終的に平均月齢に対する平均FFMとFMをプロットして発育曲線を図示したものである。どの回帰式にも有意な相関係数が認められた。男女児とも、FMの回帰勾配よりFFMの勾配が若干大きく、この期間、FFMは年間、男児で2.00kg/y、女児で1.86kg/y、及びFMは年間、男児で0.48kg/y、女児で0.26kg/yの発育量を示した。

このことから、この時期、FFMの発育がFMの発育を上回っていることがわかる。

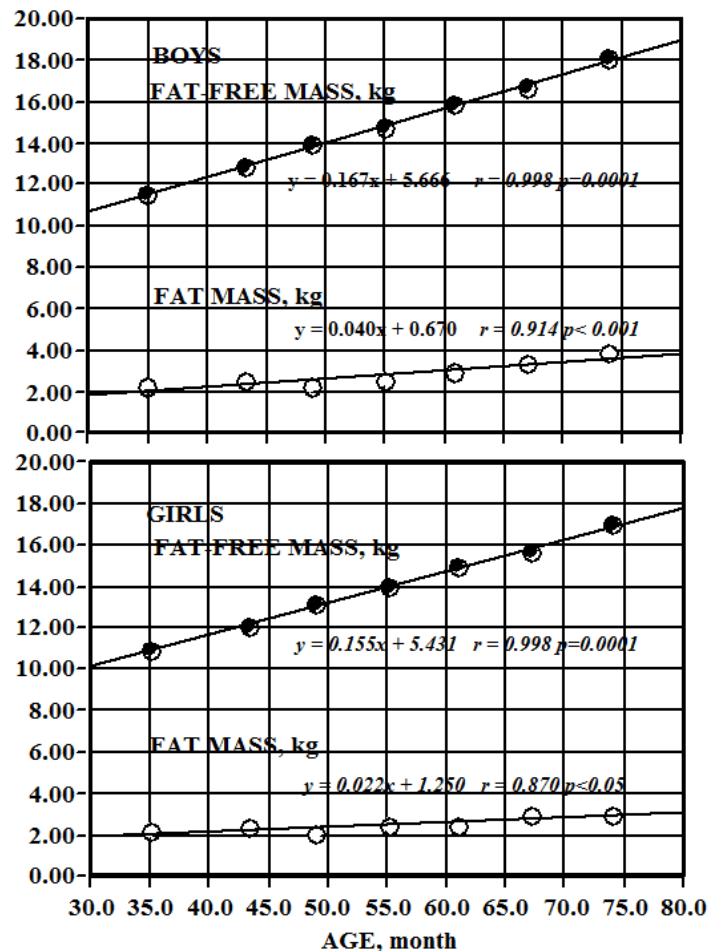


Fig. 6. Distance curve in FFM and FM growth from 35 months (3 years) to 74 months (6 years).

図7は、平均月齢に対応する平均BMIと平均%FMを図示したものである。男児のBMI(上図)は、4.5歳頃に最下点に達し、その後、6歳までreboundして増大傾向を示した。しかし、女児では明確なrebound現象は見られなかった。%FM(下図)は、男女ともに4歳に最下点が現れreboundして、その後、%FMは増大する傾向にあるが、その傾向は女児に比べて男児で明確であった。

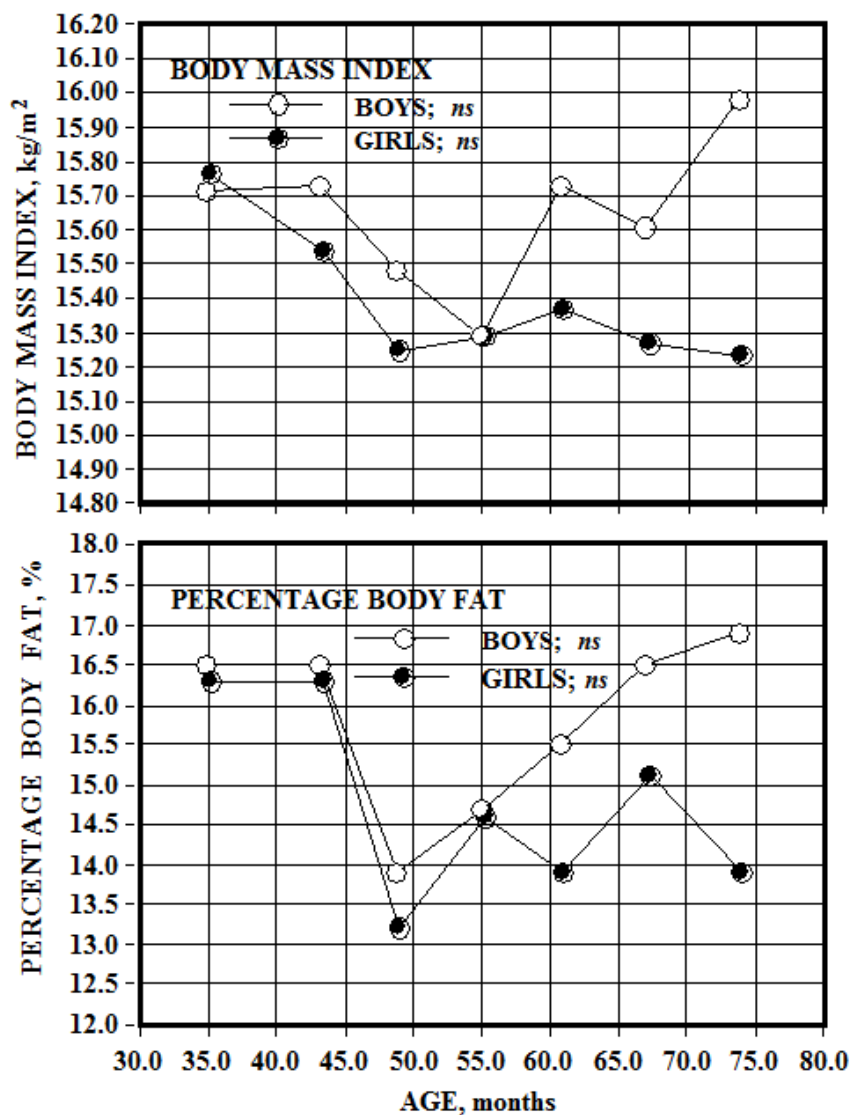


Fig. 7. Distance curve in BMI and %FM growth from 35 months (3 years) to 74 months (6 years).

これらの結果から、男女児とも4歳或いは4.5歳頃から身長が発育より体重が発育が大きくなり、その体重の増大は体脂肪の相対的増加によるものであり、この時期が幼児期最初の伸長期から充実期への転換期であるように思われる。

表5は、FM (kg) と FFM (kg) を身長<sup>2</sup> (m<sup>2</sup>) で除して求めた体脂肪量指数 (FMI) と除脂肪量指数 (FFMI) の月齢別平均値と標準偏差を示している。全ての月齢別平均値間に有意

**Table 5. Means and standard deviations for fat mass index (FMI) and fat-free mass index (FFMI) at various ages among subjects**

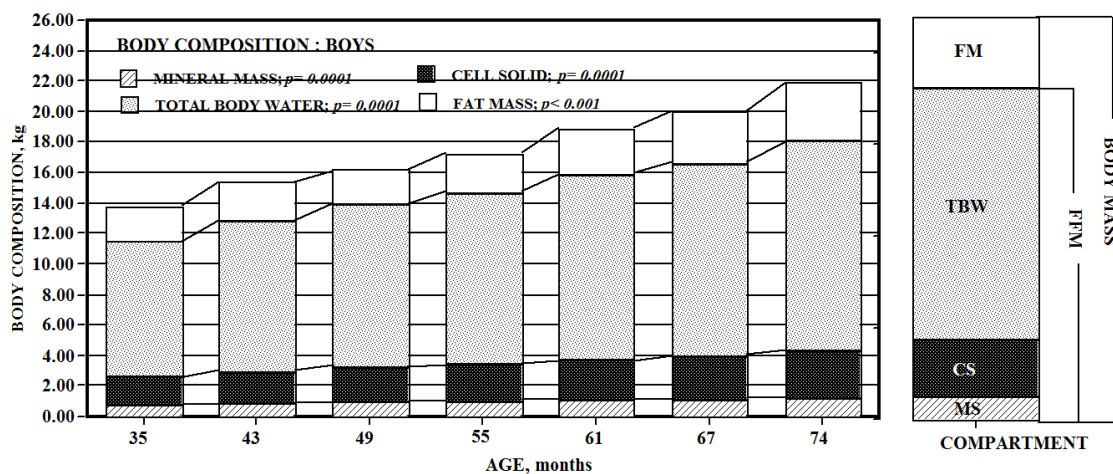
Age, yr (month)	FMI, kg/m <sup>2</sup>			FFMI, kg/m <sup>2</sup>		
	Boys (n=13) Mean ±SD	Girls (n=27) Mean ±SD	Sex Difference	Boys (n=13) Mean ±SD	Girls (n=27) Mean ±SD	Sex Difference
3.0 (35)	2.60±0.50	2.59±0.75	<i>ns</i>	13.11±0.64	13.18±0.82	<i>ns</i>
3.5 (43)	2.60±0.48	2.56±0.82	<i>ns</i>	13.13±0.60	12.97±0.77	<i>ns</i>
4.0 (49)	2.16±0.52	2.04±0.77	<i>ns</i>	13.31±0.75	13.20±0.69	<i>ns</i>
4.5 (55)	2.26±0.48	2.26±0.78	<i>ns</i>	13.03±0.61	13.03±0.77	<i>ns</i>
5.0 (61)	2.45±0.63	2.17±0.91	<i>ns</i>	13.28±0.74	13.20±0.79	<i>ns</i>
5.5 (67)	2.61±0.83	2.37±1.18	<i>ns</i>	13.00±0.75	12.90±0.79	<i>ns</i>
6.0 (74)	1.22±1.22	2.19±1.26	<i>ns</i>	13.21±0.75	13.04±0.85	<i>ns</i>
Age change	<i>ns</i>	<i>ns</i>		<i>ns</i>	<i>ns</i>	

な性差は見られず、FMI も FFMI にも有意な aging は認められなかった。

つまり、body size の代表である身長の影響を除去して FM や FFM の発育をみると、この期間の幼児における身体組成の発育には性差が見られず、身体組成の発育もそれほど顕著ではないことがわかる。

図 8 と図 9 は、3 歳から 6 歳までの身体組成を 2-compartment model (FM と FFM) で示し、FFM はその構成成分である TBW, CS, MS に更に分割して、身体組成の aging を示している。

このように、3 歳から 6 歳までの幼児では、身体組成の発育は顕著でなく、身体構成成分の増量は、body size の増大に付随する程度であり、思春期以降の性ホルモンに影響されるような顕著な構成成分の増量は認められない。



**Fig. 8. Aging of body composition compartments in boys.**

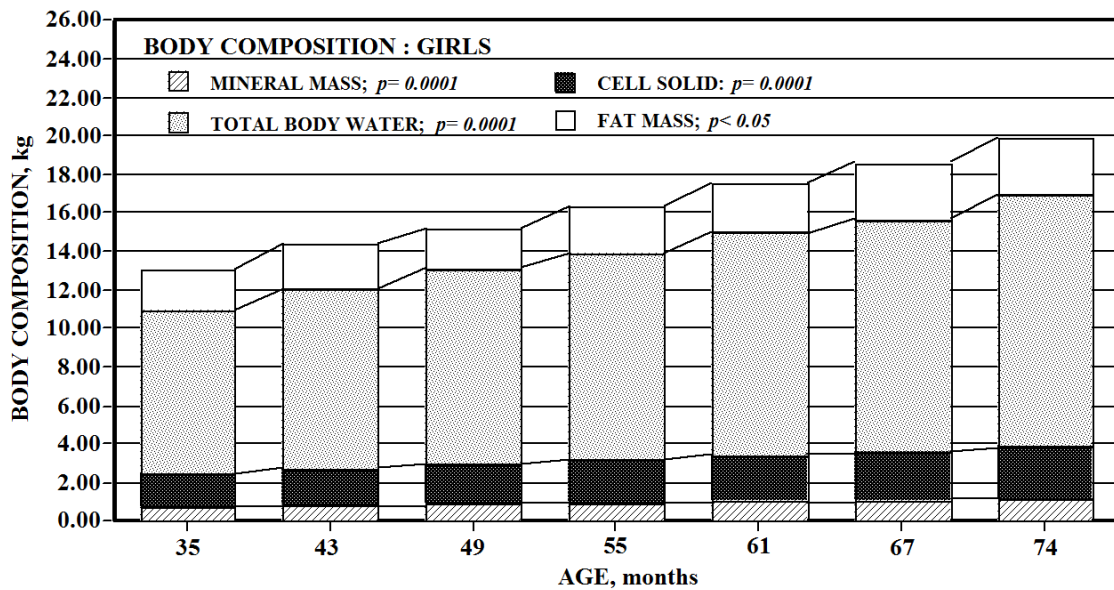


Fig. 9. Aging of body composition compartments in girls

本報告に採用した身体組成は、FFM を protein, TBW, mineral に分割し、それに FM を加えた Four-compartment model である。しかし、protein に変えて%FFM から (%TBW+%MS) を差し引いたものを cell solid (細胞内固形物, CS) として、FM, FFM, TBW, CS, 及び MS の 4-compartment model で分析している。日本人幼児 (3 – 6 歳) の身体組成値を縦断的に分析した報告は極めて少なく、この 4-compartment model で分析したデータは皆無である。従って、本報告の身体組成推定値は比較する推定値がないため、これを一般化することはできない。

## 要約と今後の課題

### 1. 要約

本報告は、3 歳から 6 歳まで、年 2 回、縦断的に継続測定した男女幼児の形態、皮下脂肪厚、及び身体組成の加齢変化を分析している。縦断的データの解析による加齢変化の分析ではあるが、少人数 cohort のデータを年齢 (月齢) でまとめて横断的に統計処理したものに過ぎない。しかし、わが国には幼児の身体組成の経年変化 (aging) をみた報告は少ない。

結果は、以下のように要約される。

- 1) 本集団の形態発育は、日本人の標準値に近似していた。但し、体重の年齢別平均値に有意な性差がないこと、及びこの期間における発育量が日本人の標準発育量より大きいことは、本 cohort の特性であると考えられる。
- 2) 月齢に対する身長と体重の発育曲線を一次回帰直線でみると、身長では、男女の回帰直線はほぼ同じ勾配 (0.60cm/month, 0.58cm/month) であり、男児が大きな月齢別平均値を示す平行線で有意な加齢変化を示した。体重では、回帰直線の勾配が男児で若干大きく

(0.27kg/month, 0.18kg/month) , 月齢の進行と共に回帰直線が徐々に離れていく有意な加齢変化を示した。

- 3) 身長と体重の 6 ヶ月間における発育量をプロットして発育速度をみると、男女の身長では、3 歳から発育速度が減速され、4.5 歳と 5 歳の間に最下点が出現し、その後は rebound して、発育量が増大した。体重の発育速度は、男女とも 3 歳から減速され、3.5 歳と 4 歳の間に最下点がみられ、その後 rebound して 6 歳まで発育量が増大した。Rebound 後の発育量は男児で大きく、5.5 歳と 6 歳の間では、男児 2.0kg、女児 1.3kg と有意に異なった。
- 4) 男女児共に有意な加齢変化を示した皮下脂肪厚は、上腕二頭筋部と下腿部のみで、その他に男児は腹部、女児は上腕三頭筋部が有意な変化を示した。このように部位別にみると大きな性差はないが、全身の平均的な皮下脂肪厚は女児に厚い。また、T/E 比でみると、若干ではあるが女児の皮下脂肪は、男児より体幹部皮下脂肪の占める割合が高い。しかし、この傾向は、男児の T/E 比が徐々に増大して 6 歳では女児の値に catch up した。
- 5) 身体組成 5 変数は、男児に大きな平均値が見られたが、これは男児の方が女児より体格が大きかった為であろうと考えられる。月齢に対する FFM 値と FM 値をプロットして求めた回帰式で見ると、男女とも FFM の勾配が FM のそれより大きく、この時期、FM の発育より FFM の発育が若干大きいようである。しかし、これらの身体組成をボディサイズ（身長）で調整すると、この時期の身体組成の発育には殆ど性差がなく、身体組成の発育も顕著ではないことが分かる。
- 6) 身長と体重の比（BMI）, 及び肥満度（%FM）をみると、BMI は 4.5 歳に、%FM は 4 歳時点にそれぞれ最下点に達し、その後 rebound して増大する傾向にあった。すなわち、この最下点以降、身長の発育より体重の発育が大きくなり、その体重の増加に体脂肪の増加が関与していると思われる。従って、この年齢時点を境に幼児期最初の伸長期から充実期への転換が起こっているようである。

## 2 今後の課題

本報告は、前述したように、縦断的データを解析した縦断的発育研究ではあるが、少人数 cohort のデータを年齢（月齢）でまとめて横断的に統計処理したものに過ぎない。

幼児の身体発育研究は、個々の幼児に対する健康教育における課題を探る大きな意義を有している。そのため研究方法は、発育の連続性や安定性を明らかにしなければならないため、同一個人を一定期間継続して追跡する縦断的研究が望ましい。従って、次報告では、channel 法を用いて身体発育を pattern 化した個成長研究を実施したいと考えている。



## 参考文献

- 森下はるみ (1965) : 相対成長よりみた成熟の研究—個体における発育曲線の変移について—, 体育学研究 8, 93-99.
- 森下はるみ (1969) : 乳幼児における身長—体重相対発育, 体育学研究, 28, 251-260.
- 木村邦彦 (1970) : 身長と体重の相対成長からみた個成長の変移, 東京教育大学体育学部紀要, 9, 77-88.
- 小宮秀一 (1971) : 少年期における身長の発育パターンと運動能力の発達について, 体育学研究, 16, 75-84.
- 高石昌弘 (1971) : 児童・生徒の発育とその問題, 小児医学, 4, 13-41.
- 小宮秀一 (1974) : 身長の発育 PATTERN 別にみた形態発育の特性について—相対成長による分析, 体育学研究, 19, 99-106.
- 小宮秀一, 大坂哲郎 (1975) : 身長—体重の相対成長による男子児童 (6 歳~14 歳) の発育パターンについて, 体育学研究, 20, 79-89.
- 木田信子, 坂元佐多子, 細川淳一, 勝木新次 (1964) : 縦断的観察にもとづく少年少女の身体発育— (1) 一世帯主の職業と少年少女の身体発育—, 体力科学, 2, 3-28.
- 寺田春水, 保志宏 (1965) : 個人追跡法による日本人発育の研究— (2) 生後 3 年間の身長と体重の変化—解剖学雑誌, 40, 166-167.
- 寺田春水, 保志宏 (1965) : 個人追跡法による日本人発育の研究— (3) 生後 3 年間の胸囲と頭囲の変化—解剖学雑誌, 40, 368-380.
- 服部恒明 (1974) : 思春期後の発育の縦断的分析, 体育学研究, 18, 185-190.
- 渡辺隆嗣, 疋田啓吉, 青柳領, 松浦義行 (1986) : 身長の発育パターンの違いによる体力の発達パターンの検討—青少年期男子について—, 体育学研究, 31, 213-226.
- Marti, T. (1928) : Lehrbuch der Anthropologie.
- Lohman, TG. (1986) : Applicability of body-composition techniques and constants for children and youth. In: Pandolph, KB (ed), Exercise and Sports Sciences Review, Macmillan: New York 325-357.
- Fomon, SJ., Haschke, F., Ziegler, EE., and Nelson, SE. (1982): Body composition of reference children from birth to age 10 years. Am. J. Clin. Nutr. 35, 1169-1175.
- Hamwi, GJ. and Urbach, s. (1953): Body compartments. Their measurement and application to clinical medicine. Metab. 2, 391-403.
- 厚生労働省 (2010) : 平成 22 年度乳幼児身体発育調査報告書, 厚生労働省雇用均等・児童家庭局.
- 東京都立大学体力標準値委員会変 (2000) : 新・日本人の体力標準値 2000, 不昧堂出版, 東京.