

小児期における体脂肪分布の縦断的変化の特徴

大矢 知佳¹⁾ 寺本 圭輔²⁾ 村松絵梨奈³⁾

1) 愛知教育大学大学院

2) 愛知教育大学保健体育講座

3) 日本体育大学大学院

Features of longitudinal changes in body fat distribution in Japanese children

Chika OYA¹⁾

Keisuke TERAMOTO²⁾

Erina MURAMATSU³⁾

1) Graduate school of Aichi University of Education, Research Division of Education

2) Aichi University of Education, Department of Health and Physical Education

3) Graduate school of Health and Sport Science, Nippon Sport Science University

キーワード：幼児，体脂肪分布，縦断的研究

Key Words : young children, body fat distribution, longitudinal study

Abstract

During the last two decades, the prevalence of obesity and being overweight among children has tended to increase in developed countries. Accumulation of internal fat mass may cause metabolic problems to a greater extent than accumulation of subcutaneous fat mass. This is a lifestyle-related medical condition. In children, internal fat has a greater metabolic effect than in adults. Therefore, changes in morbidity due to obesity and being overweight in childhood need to be investigated by observing changes in body fat distribution such as internal fat mass and subcutaneous fat mass. This study investigated changes in body weight and body fat distribution in Japanese children. Height and weight were measured once a year for two years in 3-4-year-olds (72 boys and 59 girls) and for three years in 6-9-year-olds (60 boys and 93 girls). Body mass index (BMI) was calculated as weight/stature². Fat free mass (FFM) and fat mass (FM) were calculated by bioelectrical impedance analysis. Internal fat mass (IFM) and subcutaneous fat mass (SFM) were estimated using the equation of Komiya. Subjects were categorized into groups [underweight (<25th percentile), standard (25-75th percentile), or overweight (>75th percentile)] for each sex-age group by BMI percentile and investigated for changes in body fat distribution. BMI decreased in the standard group for both boys and girls by 5 and 6 years of age, and then increased from 6 to 12 years. FMI increased from about 6 years of age. This result suggested that the increase of BMI was attributable to an increase of FMI. BMI did not change in more than 60% of the subjects in each group. Comparing those who maintained a standard weight with those who became overweight, the increase in weight in the latter was significant in boys. In the latter group, FM and SFM increased in boys. This suggests that the increase in FM was attributable to an increase of SFM in this cohort of children. These findings show that obesity and being overweight in childhood persists into adulthood. It is necessary to improve health education for early prevention of obesity and improvement of lifestyle.

I. 緒言

この20年間、過体重や肥満である小児や青年の割合が、先進国の多くで増加傾向にあり¹⁻⁴⁾、就学後の小児の肥満は小児の健康や生活に大きく影響を及ぼし、成人肥満や生活習慣病へとつながるとされている⁵⁻⁷⁾。最近の研究では就学前の2歳から6歳の幼児でも肥満は増加し⁸⁻¹²⁾、肥満合併症の低年齢化が危惧されている¹³⁻¹⁵⁾。そして、それらは成人期へ持続するとされている¹⁶⁻¹⁹⁾。

日本においても、肥満の頻度は2倍から3倍に増加し、学童期の子どもの約10%が肥満児とされ²⁰⁾、Kotani et al.²¹⁾は16年間のfollow-up研究により男児32.2%、女児41.0%が、Togashi et al.²²⁾は12年間で276名のうち54.7%が成人期の肥満に繋がることを報告している。したがって、小児期からの連続的な観察が重要であり、肥満のトラッキングとともに脂肪蓄積部位についても縦断的に分析を行うべきである。

内臓脂肪の蓄積は、皮下脂肪蓄積と比較して糖・脂質代謝異常や心臓血管系リスクを引き起こし、生活習慣病罹患の頻度の増加につながる事が明らかにされており²³⁻³⁴⁾、このことは成人だけでなく小児でも代謝異常が内臓脂肪蓄積に関連して生じ、肥満合併症の頻度が高まる事が報告されている^{33, 34)}。さらに、小児は成人よりも少量の内臓脂肪が代謝変動に大きな影響を及ぼす事が明らかにされており³⁵⁾、小児の内臓脂肪蓄積は特に注意する必要がある。しかし、これまで小児期における体脂肪分布の変化について、縦断的に調査された研究はほとんどない。

そこで、本研究は、小児期における人体形測値、身体組成および体脂肪分布の変化について体型別に縦断的に検討することを目的とした。

II. 方法

就学前の幼児である3歳男児28名と女児29名、4歳男児44名と女児30名、計131名について2年間、児童期の6歳男児7名と女児13名、7歳男児20名と女児30名、8歳男児20名と女児24名、9歳男児13名と女児26名、計153名の3年間について、1年目に測定を実施した同時期に年に1回の

頻度で縦断的に測定を実施できた合計284名の小児を対象とした。測定にあたり、全ての被験者もしくは保護者、保育園、児童館に承諾を得た後に実施した。本研究では、詳細に検討を行うために被験者284名を性・年齢別にBMI%ileにより痩せ傾向群 (<25th%ile)、標準群 (25-75th%ile)、肥満傾向群 (>75th%ile) の3群に分類した。

被験者には各幼稚園と小学校指定のパンツとランニングシャツのみを着用させ、身長 (Ht; cm) は0.1cm単位で、体重 (Wt; kg) は0.02kg単位で測定し、Body Mass Index (BMI; kg/m²) を Wt/Ht² から算出した。皮下脂肪厚 (mm) の測定は、キャリパーの接点に10g/mm²の一定圧がかかるようにキャリブレーションされたHarpenden皮下脂肪厚計を用いて、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、大腿前部、大腿後部、下腿部) をKomiya et al.の方法³⁶⁾で測定した。身体組成の測定はインピーダンス法 (BIA) により実施した。インピーダンス (R; Ω) は、10V_{p-p}、50kHz、500μAのインピーダンス測定器 (トーヨーフィジカル社製、TP-95K) と電極 (Red Dot™-2330) を用い、仰臥姿勢による4電極法により測定した。

除脂肪量 (FFM; kg) は、日本人小児においてMasuda et al.³⁷⁾により重水希釈法を用いて作成された体水分量推定式を用いて体水分量 (TBW; kg) を求め、Scheller³⁸⁾の性別・年齢別の水和値 (H; %) より算出した。

$$TBW = 0.149 \times RI + 0.244 \times Wt + 0.460 \\ \times \text{age} + 0.501 \times \text{sex} + 1.628$$

ここで、RI: 抵抗値 (cm²/Ω)、Wt: 体重 (kg)、age: 年齢 (歳)、sex: 性別 (男子=1, 女子=2) である。

$$FFM = TBW / H$$

体脂肪量 (FM; kg) は、体重からFFMを減じて算出した。

皮下脂肪量 (SFM; kg) はSkerjil et al.³⁹⁾とDavies⁴⁰⁾によって開発された式に14部位の皮下脂肪厚の平均値を2で除し、皮下重量を加えて修正したKomiya et al.³⁶⁾の式を用いて推定した。

$$SFM = (l_{\text{adip}}/2 \times A \times d) - m$$

Table 1. Subject characteristics in longitudinal study

	n	3yr	4yr	5yr	6yr	7yr	8yr	9yr	10yr	11yr	12yr	Gender difference	
Boys	28	97.6 ±3.2											
		14.84 ±1.19											
	44		101.0 ±4.3										
				15.71 ±2.06									
	7				117.0 ±2.7								
						21.07 ±1.90							
	20					121.0 ±4.6							
							23.07 ±2.51						
	20							130.6 ±6.2					
									29.03 ±7.43				
20								132.5 ±5.7					
									29.90 ±5.88				
Girls	29	96.8 ±4.6										ns	
		14.70 ±1.69										ns	
	30		101.5 ±19.2									ns	
				15.90 ±1.32								ns	
	13				116.9 ±6.7							ns	
						20.30 ±3.45						ns	
	30					121.7 ±4.7						ns	
							23.81 ±3.95					ns	
	24						129.1 ±5.4					ns	
								28.62 ±6.43				ns	
26								132.1 ±4.6			ns		
									30.05 ±5.08		ns		

upper section: Height, cm
lower section: Weight, kg

ここで, l_{adip} : 身体14箇所の皮下脂肪厚 (mm), A: 体表面積 (cm^2), d: 脂肪重量 (g), m: 皮膚重量 (g) である.

体表面積は藤本ほかの推定式⁴¹⁾から, 皮膚重量はSatake and Ozakiの推定式⁴²⁾から算出し, 脂肪重量は $0.900g/cm^3$ とした⁴³⁾. SFM推定式の精度はCTを用いた小宮と藤野⁴⁴⁾によって確認されている. 体内深部脂肪量 (IFM; kg) はFMからSFMを減じて算出した. 除脂肪量指数 (FFMI; kg/m^2) はFFM/ Ht^2 から, 体脂肪量指数 (FMI; kg/m^2) はFM/ Ht^2 から算出した. また, BMIを脂肪量指数 (Fat Mass Index, kg/m^2 ; FMI) と除脂肪指数 (Fat-Free Mass Index, kg/m^2 ; FFMI) に分割した⁴⁵⁾.

$$BMI = Wt / Ht^2 = FM / Ht^2 + FFM / Ht^2$$

Ⅲ. 結果

表1は, 被験者の特性および縦断的データの流れを示している. 男女とも3歳, 4歳児は2年間に渡り, 6歳から9歳児は3年間縦断的に測定を行った. 各年齢の1年目の身長と体重について性差はみられなかった.

図1から図4は, 1年目から最終年までの (3歳, 4歳児は3年目まで, 6歳から9歳児は4年目まで) BMI%ileが標準群 (25-75th%ile) であった小児の縦断的データを重ねて経年変化をプロットしている. 図1は, BMIについて示している. 男女とも5歳, 6歳頃にかけて値は低下し, その後12歳にかけて上昇した.

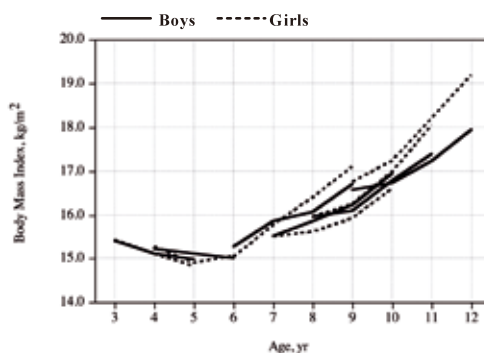


Figure 1. Age change of body mass index in 25-75th%ile children

図2は, FMと%FM (FM/Wt, %) について示している. FMは年齢推移とともに値は上昇し, 男児と比較して女児で高い値を示している. 女児では6歳以上から特に上昇量が大きかった.

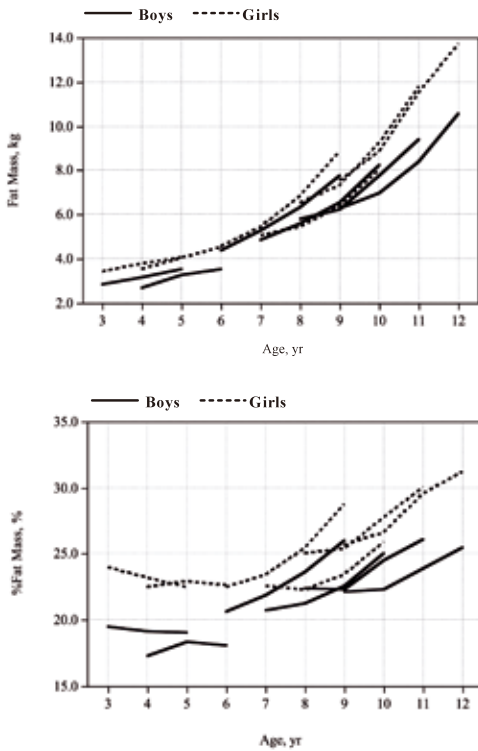


Figure 2. Age change of fat mass, % fat mass in 25-75th percentile children

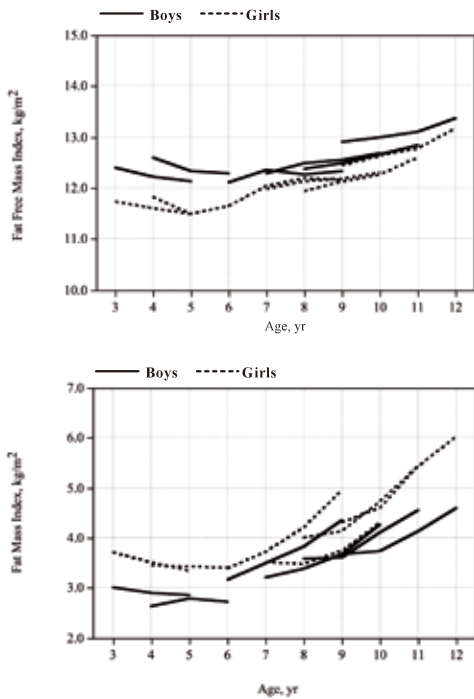


Figure 3. Age change of fat free mass index and fat mass index in 25-75th percentile children

%FMについては、群間でばらつきはあるものの男女ともに6歳以降で上昇し、男児と比較して女児で高い値で推移した。

図3は、FFMIとFMIについて同じスケールで示している。FFMIでは男児が女児よりも高い数値を示し、FMIは女児が男児よりも高い数値を示した。FFMI、FMIともに男女で6歳から12歳にかけて数値が上昇しているが、その割合がFFMIに比べてFMIのほうが高く、図1で示したこの時期からのBMIの上昇はFMIの影響が強いことが明らかとなった。

図4は、SFMとIFMについて同じスケールで示している。FMと同様にSFM、IFMともに3歳以降年齢推移にしたがって値が上昇した。IFMは男女とも同様の値で推移しているが、SFMは男児と比較して女児で高い値で推移し、特に6歳以降では著しい上昇を示した。このことからFMの男女差はSFMによるものであることが示された。

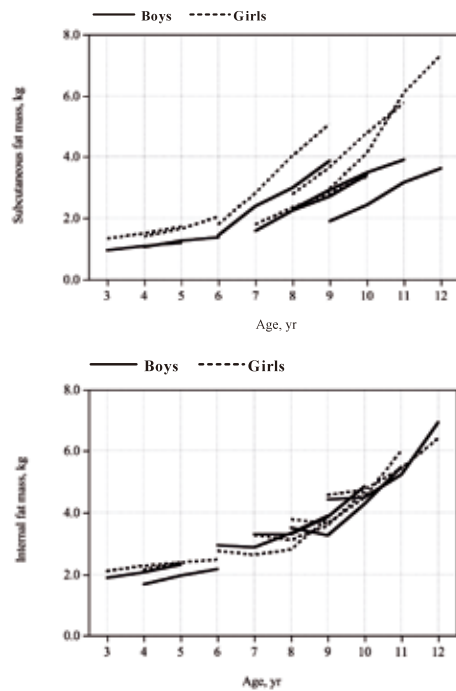


Figure 4. Age change of subcutaneous fat mass and internal fat mass in 25-75th percentile children

図5と図6は、各年齢グループ別に1年目から最終年まで（3歳、4歳児は3年目までの2年間、6歳から9歳児は4年目までの3年間）の痩せ傾向群（<25th%ile）、標準群（25-75th%ile）、肥満傾向群（>75th%ile）の3群のトラッキングパターンを男女別に示したものである。全てのグループ

ではほぼ6割以上がそのままの体型でトラッキングしていることを示した。標準群をみると、全体で標準群から肥満傾向群へトラッキングした小児は22名（15%）、痩せ傾向群へトラッキングした小児も22名（15%）と体型変動に差はみられず、肥満傾向群から標準群へのトラッキングした小児は

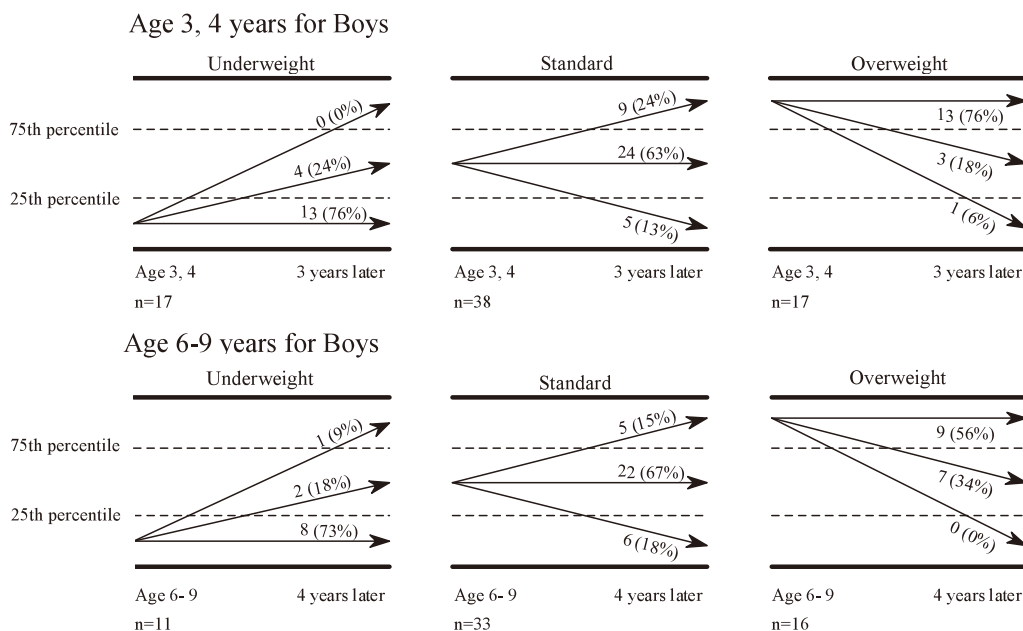


Figure 5. Tracking patterns for boys

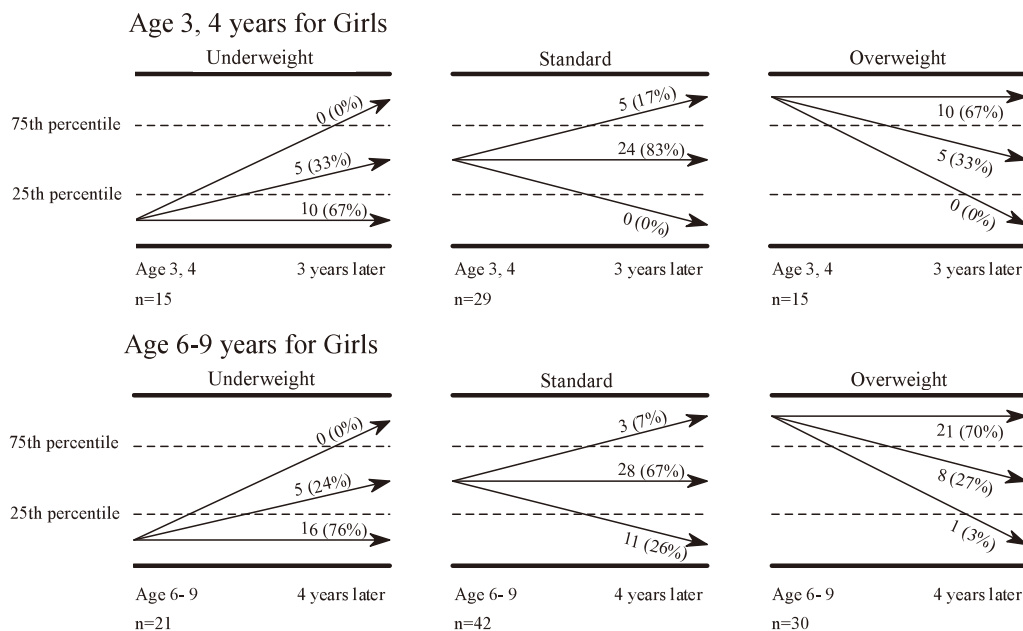


Figure 6. Tracking patterns for Girls

23名 (29%) とやや高い割合であった。

図7と図8は、図5と図6で示したトラッキングパターンより2年間もしくは3年間標準群のままであった小児 (standard to standard) と標準群から肥満傾向群へ肥満度が上昇したトラッキングパターンを示した小児 (standard to overweight) について、各指標の増加分を年齢グループと男女別に比較したものである。図7は、体重の変化量をその内訳であるFFMとFMの2成分に分けて検討したものである。標準群のままの小児と標準群から肥満傾向群にトラッキングした小児を比較すると、男児の3、4歳児では体重、FFM、FMにおいて、6-9歳児では体重、FMにおいて有意な差があったが、女児では差がみられなかった。

図8は、FMの変化量について示したものである。FMをさらにSFMとIFMに分けて検討したところ、IFMの増加量に標準群のままトラッキングした小児と標準群から肥満傾向群にトラッキングした小児との間に3、4歳男児のみ有意な差

があった。SFMの増加量では男児で有意な差があったが、女児では差はみられなかった。

IV. 考察

本研究では、人体計測値、身体組成および体脂肪分布の変化について体型別に縦断的に検討を行った。年齢推移により、BMIは5歳から6歳あたりで最低値を示し、その後上昇していくBMI rebound⁴⁶⁾の様相を男女とも同様に示していた。しかし、それらの構成成分であるFFMIとFMIをみると、FFMIでは男児がFMIでは女児が高い値で推移していた。体脂肪指標では、FMは若干であるが女児が男児よりも高い値で推移し、SFMや%FMに関しては明らかに女児が高い値で推移する結果を示した。これは、Taylor et al.⁴⁷⁾の3歳から8歳を対象とした報告やBoot et al.⁴⁸⁾の4歳から20歳までの報告、Mast et al.⁴⁹⁾の5歳から7歳によるものと同様の結果であった。実際に肥満の程度が高い小児をみると、肥満傾向小児

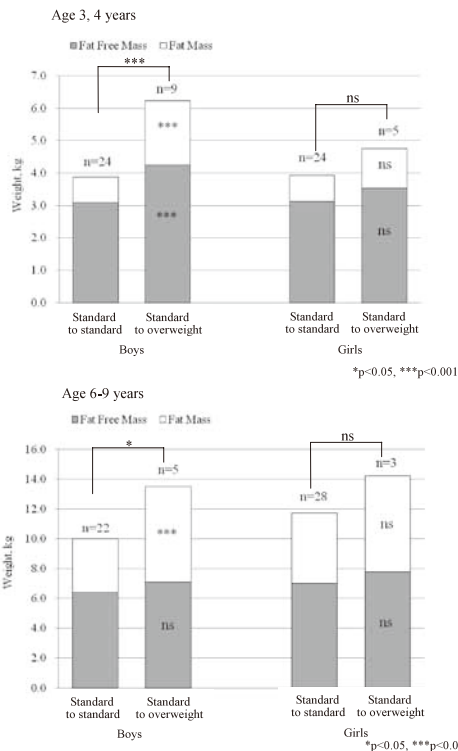


Figure 7. Change of weight in 25-75th%ile children (standard to standard) and 75th%ile children (standard to overweight)

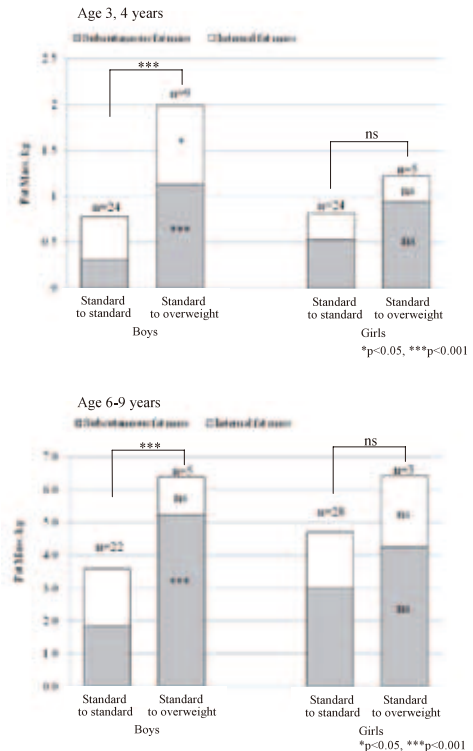


Figure 8. Change of fat mass in 25-75th%ile children (standard to standard) and 75th%ile children (standard to overweight)

のトラッキング率は先行研究^{16-19, 21, 22)}と同程度の約6割(56%から76%)が2年もしくは3年後に肥満傾向のままであった。これは、標準的な小児(63%から83%)、痩せ傾向の小児(67%から76%)についても同様にそのままトラッキングする傾向を示し、低年齢期に半数以上がそのままの体型で推移することが明らかとなった。したがって、低年齢からの保健教育や健康管理の必要性を示すものであろう。また、標準群から肥満傾向群にトラッキングしたものの割合は27%(7%から24%)であった。そこで、標準体型から肥満傾向に変動した変化について、標準のままの小児と比較検討した。男児では体重、脂肪量の増加が変動した群で大きかったことから、男児によるこの時期の過度の体重増加は脂肪量の増加であり、脂肪量の内訳のうち皮下脂肪の増加量に差があったことから、小児期の脂肪量の増加は皮下脂肪蓄積の影響が強いと考えられる。さらに、3, 4歳男児では体内深部脂肪の増加量に有意な差があったことから、幼児期においても内臓脂肪量の蓄積に差があると考えられる。体脂肪量は男児よりも女児のほうが多く、図2, 図3の結果からも男児と比較して女児では体脂肪の増加量が多かった。このことから、標準群のままトラッキングした女児と標準群から肥満傾向群にトラッキングした女児の間に脂肪量の増加に差がでなかったことも推察される。したがって、今後は性による体脂肪量の違いも含めて脂肪の増加量を検討していく必要がある。

本研究では2年もしくは3年間の縦断的な測定評価を行ったが、さらに長い期間、体脂肪分布とともに内臓脂肪の増加や変動に着目して研究を行っていく必要がある。成人期の肥満は心血管系疾患や糖尿病などのリスクファクターであり、標準体重者に比べて死亡率や有病率も上昇することが疫学調査などで明らかにされている⁵⁰⁾。そして、小児期の体重が成人期の過体重の重要な決定要因として考えられ⁵¹⁾、成人期の疾病罹患率や死亡率とも関連することが報告されている⁵²⁾。また、小児期におけるBMIやFMの増加がメタボリックシンドロームのリスクを高くすることも明らかにされている⁵³⁾。したがって、成人期の生活習慣

病対策には、小児期における脂肪蓄積とその連続性にも着目する必要がある。就学前の小児の時期から、肥満の初期予防やライフスタイル改善のための保健教育が必要であると考えられる。

参考文献

- 1) Magarey AM, Daniels LA, Boulton TJ, et al: Predicting obesity in early adulthood from children and parental obesity. *Int J Obes Relat Metab Disord* 27: 505-513, 2003
- 2) Chinn S, Rona RJ: Prevalence and trends in overweight and obesity in three cross sectional studies of British Children, 1974-94. *BMJ* 322: 24-26, 2001
- 3) Flegal KM, Ogden CL, Wei R, et al.: Prevalence of overweight in US children: comparison of US growth charts from the Centers for Disease Control and Prevention with other reference values for body mass index. *Am J Clin Nutr* 73: 1086-1093, 2001
- 4) Lissau I: Overweight and obesity epidemic among children. Answer from European countries. *Int J Obes Relat Metab Disord* 73: 1086-1093, 2004
- 5) Wang Y, Ge K, Popkin BM: Why do some overweight children. Answer from European countries. *Int J Obes Relat Metab Disord* 28: S10-S15, 2004
- 6) Whitaker RC, Wright JA, Pepe MS, et al.: Predicting obesity in young adulthood from childhood and parental obesity. *N Engl J Med* 337: 869-873, 1997
- 7) Serdula MK, Ivery D, Coastes RJ, et al.: Do obese children become obese adults? A review of the literature. *Prev Med* 22: 167-177, 1993
- 8) Luo J, Hu FB: Time trends of obesity in pre-school children in China from 1982-1997. *Int J Obes Relat Metab Disord* 26: 553-558, 2002
- 9) Kalies H, Lenz J, von KR: Prevalence of overweight and obesity and trends in body mass index in German pre-school children,

- 1982-1997. *Int J Obes Relat Metab Disord* 26: 1211-1217, 2002
- 10) Vaska V, Volkmer R. Increasing prevalence of obesity in South Australian 4-year-olds: 1995-2002. *J Paediatr Child Health* 40: 353-355, 2004
- 11) Canning PM, Courage ML, Frizzell LM: Prevalence of overweight and obesity in a provincial population of Canadian preschool children. *CMAJ* 171 : 240-242, 2004
- 12) Lumeng JC, Gannon K, Appugliese D, et al: Preschool child care and disease risk of overweight in 6- to 12-year-old children. *Int J Obes Relat Metab Disord* 29: 60-66, 2005
- 13) 大関武彦: 小児の肥満症. 日本肥満学会編集委員会編: 肥満・肥満症の指導マニュアル, 160-173. 医歯薬出版, 2001
- 14) Rolland-Cachera M, Deheeger M, Guibud-Bataille M, et al: Tracking the development of adiposity from 1 month of age to adulthood. *Ann Hum Biol* 14: 219-229, 1987
- 15) Agras WS, Kraemer HC, Berkowitz RI, et al.: Influence of early feeding style on adiposity at 6 years of age. *J Pediatr* 116: 805-809, 1990
- 16) Mossberg HO: 40-year follow-up overweight children. *Lancet* 2: 491-493, 1989
- 17) Clake WR, Lauer RM: Does children obesity track into adulthood? *Cr Rev Food Sci Nutr* 33: 423-430, 1993
- 18) Power C, Lake JK, Cole TJ: Body mass index and height from childhood to adulthood in the 1985 British born cohort. *Am J Clin Nutr* 66: 1094-1101, 1997
- 19) Stark O, Atkins E, Wolff OH, et al.: Longitudinal study of obesity in the National Survey of Health and Development. *Br Med J* 283: 13-17, 1981
- 20) 中村泰三: 子どもの生活習慣病. 子どもと発育発達 1: 94-99, 2003
- 21) Kotani K, Nishida M, Yamashita S et al.: Two decade of annual medical examinations in Japanese obese children: Do obese children grow into obese adult? *Int J Obes* 21: 912-921, 1997
- 22) Togashi K, Masuda H, Rankinen T, et al: A 12-year follow-up study of treated obese children in Japan. *Int J Obes Relat Metab Disord* 26: 770-777, 2002
- 23) 徳永勝人, 松沢佑次, 藤岡滋典 他: 肥満症の新概念 - 内臓脂肪蓄積型肥満の成因と合併症に関する研究. *体力研究* 69: 88 - 95, 1988
- 24) Matsuzawa Y, Shimomura I, Nakamura T, et al.: Pathophysiology and Pathogenesis of Visceral Fat Obesity. *Ann NY Acad Sci* 748: 399, 1995
- 25) Fujioka S, Matsuzawa Y, Tokunaga K, et al.: Contribution of intraabdominal fat accumulation to the impairment of glucose and lipid metabolism in human obesity. *Metabolism* 36: 54-59, 1987
- 26) Kissbah AH, Vydellingum N, Murray RR: Relation of body fat distribution to metabolic complications of obesity. *J Clin Endocrinol Metab* 54: 254-260, 1982
- 27) Donahue RP, Abbott RD, Bloom E, et al.: Central obesity and coronary heart disease in men. *Lancet* 332: 821-824, 1987
- 28) Gower BA, Nagy TR, Goran MI: Visceral fat, insulin sensitivity, and lipids in pubertal children. *Diabetes* 48: 1515-1521, 1999
- 29) 原光彦, 斉藤恵美子, 黒森由紀, ほか: 学童におけるメタボリックシンドロームの頻度と身体計測指標の関係について—1992年と2002年の小児生活習慣病予防検診結果の比較から—. *肥満研究* 11: 38-45, 2005
- 30) Goran MI, Gower BA: Relation between visceral fat and disease risk in children and adolescents. *Am J Clin Nutr* 70: 149-156, 1999
- 31) Esmailzadeh A, Mirmiran P, Azizi F: Clustering of metabolic abnormalities in adolescents with the hypertriglyceridemic waist phenotype. *Am J Clin Nutr* 83: 36-46, 2006

- 32) Maffei C, Pietrobelli A, Grezzani A, et al.: Waist circumference and cardiovascular risk factors in prepubertal children. *Obes Res* 9: 179-187, 2001
- 33) Weiss R, Dufour S, Taksali S, et al.: Prediabetes in obese youth: a syndrome of impaired glucose tolerance, severe insulin resistance, and altered myocellular and abdominal fat partitioning. *Lancet* 362: 951-957, 2003
- 34) Asayama K, Dobashi K, Hayashibe H, et al.: Threshold values of visceral fat measures and their anthropometric alternatives for metabolic derangement in Japanese obese boys. *Int J Obes* 26: 208-213, 2000
- 35) 朝山光太郎: 小児肥満と内臓脂肪. *肥満研究* 6: 85-86, 2000
- 36) Komiya S, Muraoka Y, Zhang F-S, Masuda T: Age-related changes in body fat distribution in middle-aged and elderly Japanese. *J Anthropol Soc Nippon* 100: 161-169, 1992
- 37) Masuda T, Komiya S: A Prediction Equation for Total Body Water from Bioelectrical Impedance in Japanese Children. *J Physiol Anthropol Appl Human Sci* 23 (2) : 35-39, 2004
- 38) Schieller DA, Hydrometry, Roche AF, Heymsfield SB, Lohman TG: *Human Body Composition*, USA: Human Kinetics 25-44, 1996
- 39) Skerjil B, Brozek L, Hunt EE: Subcutaneous fat and age change in body build and body from in women. *Am J Phys Anthropol* 11: 577-580, 1953
- 40) Davis PSW, Jone PRM, Norgan NG: The distribution of subcutaneous and internal fat in man. *Ann Hum Biol* 13: 189-192, 1986
- 41) 藤本薫喜, 渡辺孟, 坂本淳, 湯川幸一, 森本和枝: 日本人の体表面積に関する研究第18編: 三期まとめた算出式. *日衛誌* 23: 443-450, 1968
- 42) Satake T, Ozaki T: Skin and subcutaneous adipose tissue weights in older Japanese determined by cadaver dissection. *Am J Hum Biol* 9: 371-376, 1991
- 43) Fidanza F, Keys A, Anderson JT: Density of body fat in man and other mammals. *J Appl Physiol* 6: 252-256, 1953
- 44) 小宮秀一, 藤野武彦: 日本人高齢者の体脂肪分布. *日本生理人類誌* 92: 295-302, 1984
- 45) 小宮秀一: BMIと除脂肪量指数 (FFMI) 及び脂肪量指数 (FMI) に関する問題. *健康科学* 26: 1-7, 2004
- 46) Theo G: Development of fat tissue and body mass index from infancy to adulthood. *Pediatric Nephrol* 10: 340-342, 1996
- 47) Taylor RW, Gold E, Manning P, et al.: Gender differences in body fat content are present well before puberty. *Int J Obes Relat Metab Disord* 21: 1082-1084, 1997
- 48) Boot AM, Bouquet J, de Ridder MAJ, et al.: Determinants of body composition measured by dual energy X-ray absorptiometry in Dutch children and adolescents. *Am J Clin Nutr*: 66: 232-238, 1997
- 49) Mast M, Kortzinger I, Konig E, et al.: 5-7歳の小児の脂肪量における性差. *Int J Obes Relat Metab Disord* 22: 878-884, 1997
- 50) 吉池信男, 西信男, 松島松翠, ほか: Body Mass Indexに基づく肥満の程度と糖尿病, 高血圧, 高脂血症の危険因子との関連: 多施設共同研究による疫学的検討. *肥満研究* 6: 4-17, 2000
- 51) Abraham S, Nordsieck M: Relationship of excess weight in children and adults. *Public Health Rep* 75: 263-273, 1960
- 52) Must A, Jacques PF, Dallal GE, et al.: Long-term morbidity and mortality of overweight adolescents. *N Engl J Med* 327: 1350-1355, 1992
- 53) Alison K, Eric L, Leann L: Risk profiles for metabolic syndrome in a nonclinical sample of adolescent girls. *Pediatrics* 118: 2431-2442, 2006