

思春期における体格の変化と成長パターン

(分担研究：健康的なライフスタイルの確立に関する研究)

松崎俊久*、平良一彦**、牧山文彦*、長浜直樹*
吉嶺史恵*、花城賀子*、田場順子*
池城毅***、池宮喜春***

要約：この研究は、1988年に沖縄県宮古伊良部島の小中高校生を対象に開始され、1991年（第二回目）、1994年（第三回目）に継続して実施されている。分析対象は、1994年4月現在で伊良部町在住の高校生255人（男子96人、女子159人）であり、3回の調査を全て受診したのは244人（96%）である。本研究では、身長伸び率のピーク時（身体発育量のピーク）、及び第二次性徴の発現時（男子は変声時、女子は初潮発来時）という身体成長・性成熟の段階を一致させ個人差を補正することで、思春期の体格の変化をより正確に検討することを試みた。

今回の結果より、伸び率のピーク時、又は第二次性徴発現時の4年前に体格の大きい小児は、体重増加のピークが、身長増加のピークより早く現われた。その他の小児では、身長と体重のピークが一致していた。体格指数によって過体重児をふるい分け、さらに就学前からの体重増加のパターンを検討することは、肥満のリスクを抱える小児の早期発見に有効だと考えられる。そして、この様な小児のライフスタイルに目を向け、問題点があればそれを是正していきけるよう働きかけることが不可欠である。

見出し語：思春期、体格、BMI、身体発育、第二次性徴、縦断研究

<目的>

近年、小児を取り巻く環境の変化を背景に小児の健康問題が指摘され、特に肥満に多くの関心が寄せられている。一般に学校においては、肥満診断の参考として簡便な体格指数をスクリーニング的に用いているところが多い。このため小児の体格を体格指数で代表し、性別年齢別に検討した報告は多く^{1)~4)}、小児保健または学校保健の場で広く活用されている。

しかし、思春期は、生理的変動が大きく同じ年齢であってもその成長・成熟には個人差が大きいことが知られている。つまり、成長発育のピーク時期や性成熟の発現時期のずれによって、この時期の体格の変化には個人差が大きく、評価にあたっては十分な配慮が必要とされている。このため成長期・思春期の体格を評価するためにはこの様な個人差を考慮しなければ

ならない。

そこで今回、身長伸び率のピーク時（身体発育量のピーク）、または第二次性徴の発現時（男子は変声時、女子は初潮発来時）という身体成長・性成熟の段階を一致させ個人差を補正することで、思春期の体格の変化をより正確に検討することを試みた。

<対象と方法>

調査対象地区である宮古伊良部町は、沖縄本島南西部の宮古列島に属する小さな離島の町である。調査は、伊良部町にある小学校2校、中学校2校、高校1校に在学する全児童・生徒を対象に、1988年、1991年、1994年の3回行われた。しかし、本研究の目的が身体発育のピーク時期と第二次性徴の発現時期を中心に分析することにあるため、1994年4月現在で伊良部町に

* 琉球大学医学部保健管理学教室

(Dept. of Health Administration, Faculty of Medicine, University of Ryukyus)

** 琉球大学教育学部学校保健学教室

(Dept. of School Health, Health Promotion College of Education, University of Ryukyus)

*** 財団法人沖縄県総合保健協会

在住の高校生255人（男子96人、女子159人）を分析対象とした。また、3回全て受診したのは244人（96%）である。

調査は、身体計測、血圧測定、血液検査からなる医学検診と日常生活及び食品摂取頻度を中心としたアンケート調査（留め置き法）を併せて実施した。また、1994年度調査時は過去の身体計測値を得るため、小学校入学時からの身長、体重のデータを転記した。なお、医学検診は県内の検査機関である沖縄県総合保健協会と提携し実施している。

まず、小学校入学時からの身長・体重の記録を用い各年齢におけるBMI及び1年間のBMI増加率、身長の伸び率（増加率）、体重増加率を以下に示す方法で算出した。

- ・BMI = 体重(kg) / 身長(m)²
- ・BMI増加率(%)=(各年齢のBMI - 前年のBMI) / 前年のBMI × 100
- ・身長伸び率(%)=(各年齢の身長 - 前年の身長) / 前年の身長 × 100
- ・体重増加率(%)=(各年齢の体重 - 前年の体重) / 前年の体重 × 100

次に各年齢における身長の伸び率を用い、対象者一人一人について身体発育のピークに達する年齢を特定しました。このピーク年齢には個人差がみられるが、これを基準年ゼロとし、それ以前・それ以後の年齢を経過年数として設定することで、個人差を補正した。

（例）伸び率のピーク年齢が12歳である対象者の場合、12歳→0年、11歳→1年前、10歳→2年前、9歳→3年前、… 13歳→1年後、14歳→2年後、15歳→3年後、…と置き換えた。同様に二次性徴発現年齢を基準とした経過年数も設定し、個人差を補正した。

さらに伸び率のピーク時から4年前をスタート時点とし、その時点でのBMIの値が、20パーセント未満を「BMIの小さい群」、20以上80パーセント未満を「BMI中間群」、80パーセント以上を「BMIの大きい群」とし、それぞれの群別にBMI、BMI増加率、身長、身長増加率（伸び率）、体重、体重増加率の経過年数による推移について、それぞれ検討を加えた。また、二次性徴発現時から4年前

のBMIについても3群に区分し同様に検討した。尚、4年前をスタート時点としたのは、身長の伸び率ピーク時及び二次性徴発現時から可能な限り早い時期で、しかも対象者のほぼ全員のデータが揃う時点であったことが理由である。

また、「BMIの大きい群」のトラッキングを観察するため、伸び率のピークから4年前、及び二次性徴発現から4年前の時点でBMIが80パーセント以上の者を100%とし、経過年数ごとにその時点で80パーセント以上にとどまる者の割合を求めた。

なお、統計解析にはSPSS統計パッケージを使用し、2群間の有意差検定には検定、3群間には、一元配置分散分析及び多重比較（Scheffe法）を用い、有意水準は5%とした。

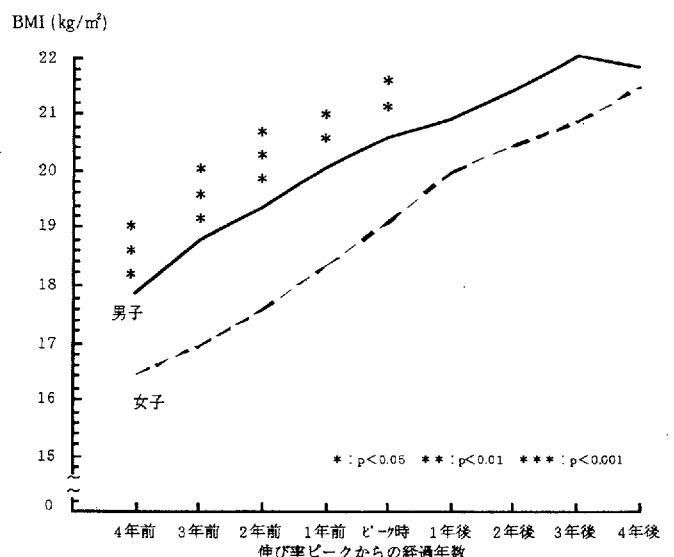
< 結果 >

1) 伸び率のピークを基準とした場合

(1) 経過年数別のBMIの推移

初めに、伸び率のピーク時を基準として補正したときの体格と身体成長パターンについて検討した。図1は、伸び率のピークより4年前から4年後にかけてのBMIの推移を示したものである。これよりBMIは、経過年数にともないほぼ直線的に増加し、男女で類似した推移を示すことがわかった。また、ピーク時の4年前からピーク時にかけて男子の値が女子より高く有意差がみられた（ $p < 0.01$ 、 $p < 0.001$ ）。

図1: 伸び率ピークからの経過年数とBMIの推移



(2) BMI 群別の身体成長パターンの比較
 ここからは、前述したBMIの「大きい群」「中間群」「小さい群」の3群ごとにBMI、身長、体重の推移について検討している。

図2は、BMI 群別にBMIおよびBMI増加率の推移を示したものである。BMIは、どの群においても経過年数に伴い増加している。これを増加率でみると「BMIの大きい群」は、ピークの4年前から3年前にかけて増加率が高く、それ以後は急速に低下し、ピークの2年後にはほぼ0に近い値を示している。これに対し、「BMIの小さい群」では、身長の伸び率のピーク前後に高い増加率を示していた。この様な変化パターンは男女に共通しているが、男子の方がより特徴的であった。

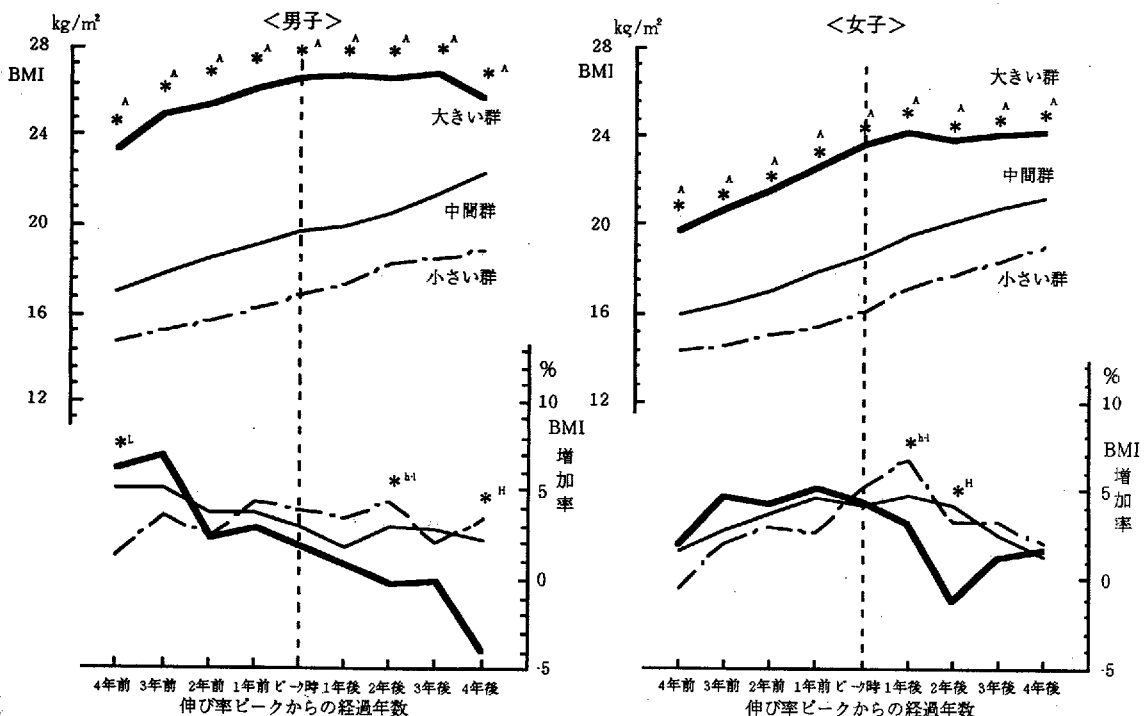
図3は、BMI 群別に身長とその増加率（伸び率）の推移を示したものである。「BMIの大きい群」は、ピークの4年前からピーク時にかけて、身長が高く有意差がみられた ($p < 0.05$)。しかし、ピーク時以降は他の群の身

長が近接してくるため差がみられなくなった。

図4は、BMI 群別に体重とその増加率の推移を示したものである。男子の「BMIの大きい群」は、ピーク時の4年前の時点で、既に体重が著しく重く、有意差がみられました。加えて、それ以降も体重が直線的に増加しているため、全時点を通じて非常に高いレベルを維持していた。さらに「大きい群」の体重増加率は、伸び率ピークの4年前に最大値を示していた。これに対し、「BMIの小さい群」と「中間群」の体重増加率のピークは、身長の伸び率のピークに一致していた。

また女子の「BMIの大きい群」も伸び率ピークの4年前の時点で、既に体重が有意に重く ($p < 0.05$)、増加率も高値を示していた。しかし、男子と多少異なるのは身長の伸びのピーク時にも高い体重増加率を示したことである。また「BMIの小さい群」と「中間群」に関しては、男子とほぼ同様の推移を示していた。

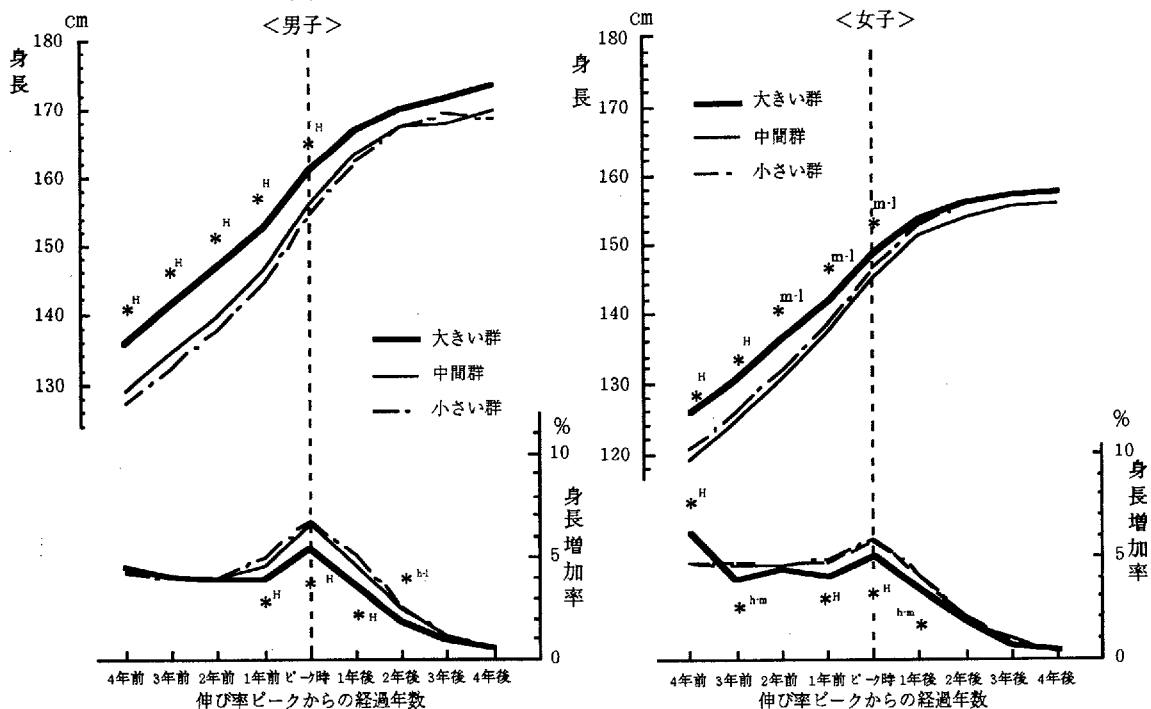
図2: BMI群別のBMI・BMI増加率の推移



A: 全群間に有意差あり
 H: 「大きい群」と他の群間に有意差あり
 M: 「中間群」と他の群間に有意差あり
 L: 「小さい群」と他の群間に有意差あり

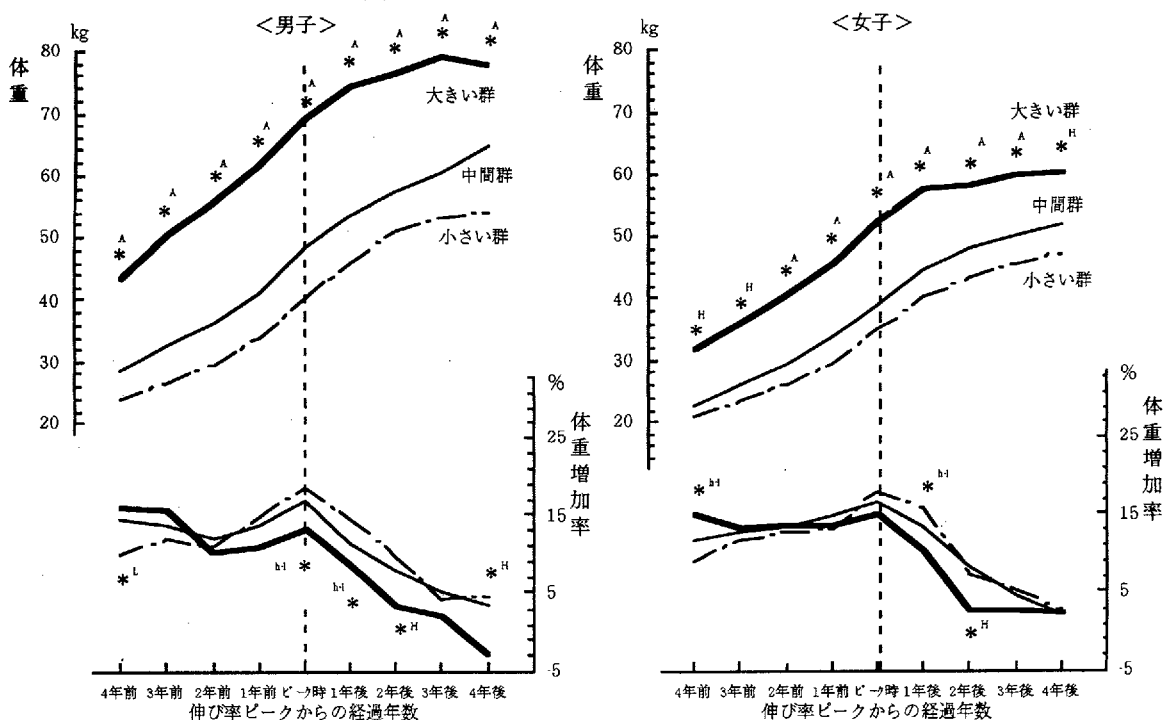
* $p < 0.05$ (Scheffe 検定)
 h-l: 「大きい群」と「小さい群」間に有意差あり
 h-m: 「大きい群」と「中間群」間に有意差あり
 m-l: 「中間群」と「小さい群」間に有意差あり

図3 :BMI群別の身長・身長増加率（伸び率）の推移



A: 全群間に有意差あり
 H: 「大きい群」と他の群間に有意差あり
 M: 「中間群」と他の群間に有意差あり
 L: 「小さい群」と他の群間に有意差あり
 * $p < 0.05$ (Scheffe検定)
 h-l: 「大きい群」と「小さい群」間に有意差あり
 h-m: 「大きい群」と「中間群」間に有意差あり
 m-l: 「中間群」と「小さい群」間に有意差あり

図4 :BMI群別の体重・体重増加率の推移



A: 全群間に有意差あり
 H: 「大きい群」と他の群間に有意差あり
 M: 「中間群」と他の群間に有意差あり
 L: 「小さい群」と他の群間に有意差あり
 * $p < 0.05$ (Scheffe検定)
 h-l: 「大きい群」と「小さい群」間に有意差あり
 h-m: 「大きい群」と「中間群」間に有意差あり
 m-l: 「中間群」と「小さい群」間に有意差あり

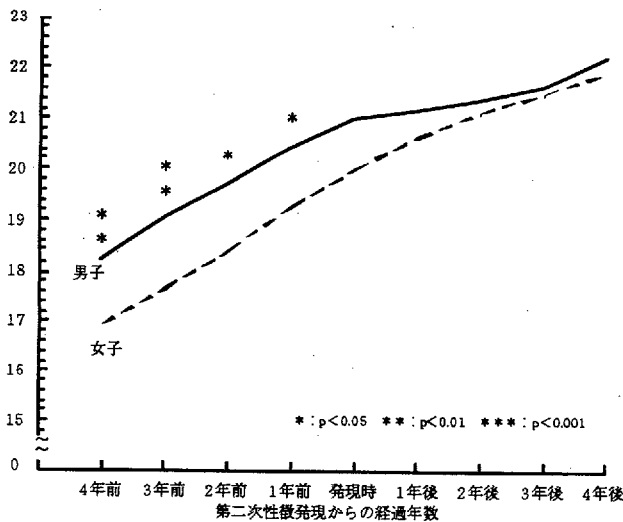
2) 第二性徴発現を中心とした場合

(1) 経過年数別のBMIの推移

これまで基準点としてきた伸び率のピーク時に代わり、今度は第二性徴の発現時を基準点として検討した。

図5に第二性徴発現時を中心とした前後4年のBMIの推移を示した。BMIは、経過年数にともない増加し、男女で類似した推移を示すが、男子では変声を境にBMIの増加の程度がやや緩やかになるのに比べ、女子では初潮の発来後もほぼ直線的に増加していることがわかった。また男子の値は、発現時の4年前から1年前にかけて女子より高く、有意差がみられた ($p < 0.05$, $p < 0.01$)。

図5: 第二性徴発現からの経過年数とBMIの推移
BMI (kg/m²)



(2) BMI群別の身体成長パターンの比較

前述した伸び率を基準とした場合と同様にBMIの「大きい群」「中間群」「小さい群」の3群ごとにBMI、身長、体重の推移について検討した。

図6は、BMI群別にBMIおよびBMI増加率の推移を示したものである。男子のBMIは、どの群においても経過年数に伴い増加しているが、「BMIの大きい群」では変声発現を境に若干減少を示していた。これを増加率でみると「大きい群」では、変声発現時から4年前に増加率が著しく高く、それ以後は急速に低下を

示していた。これに対し「BMIの小さい群」では、発現時に一致して高い増加率を示していた。女子においてもBMIは経過年数に伴い増加しているが、「BMIの大きい群」では初潮発来後、横ばいへ移行している。また「大きい群」のBMI増加率は、初潮から4年前から3年前にかけて最大値を示し ($p < 0.05$)、「小さい群」では初潮発来時に高い増加率を示していた。

図7は、BMI群別に身長とその増加率(伸び率)の推移を示したものである。男子の「BMIの大きい群」では、変声の4年前から変声の発現時にかけて身長が高く有意差がみられた ($p < 0.05$)。しかし、それ以後は他の群の身長が近接してくるため、差がみられなくなった。また、女子でも「BMIの大きい群」の身長は、初潮発来時まで有意に高く ($p < 0.05$)、それ以後も「中間群」に比較すると有意に高いことが示された ($p < 0.05$)。加えて、身長の増加率(伸び率)の推移は男子と類似していたが、女子では増加率のピークが初潮発来の1年前にみられ、若干異なることが示された。

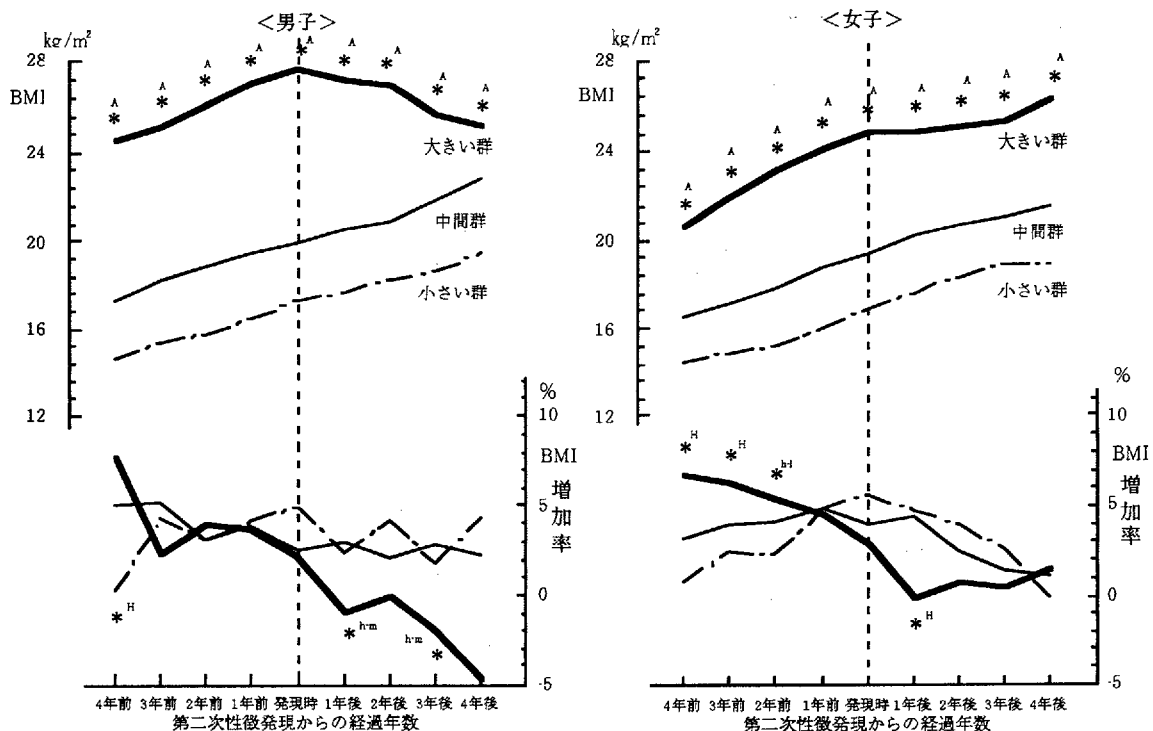
図8は、BMI群別に体重とその増加率の推移を示したものである。男女ともに「BMIの大きい群」では、第二性徴発現の4年前には、体重が有意に重く ($p < 0.05$)、さらにこの時点における体重増加率が最大値を示していた。また男子の「BMIの小さい群」では、体重増加率が変声時期に最も高く、「中間群」ではそれよりも1年早いことが示された。

また女子でも「BMIの大きい群」は、初潮発来より4年前に、その他2群では初潮の1年前に体重増加率が最大値を示していた。

3) 「BMIの大きい群」のトラッキング

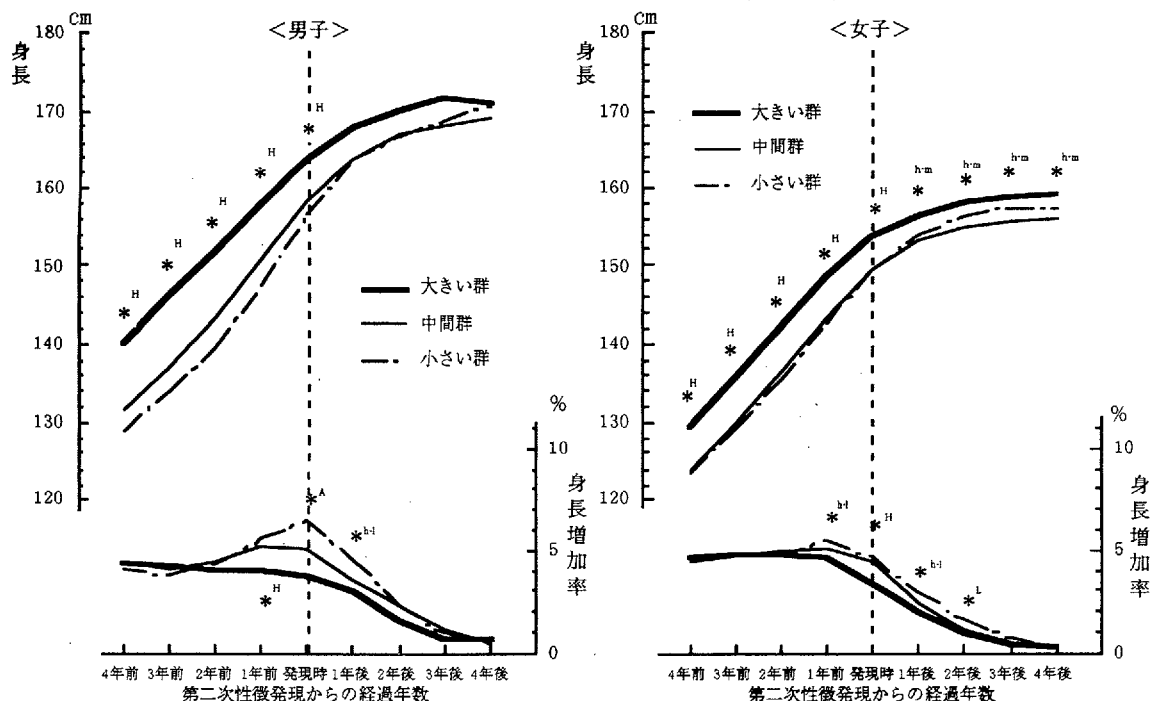
次に伸び率のピークから4年前のBMIが、80パーセンタイル以上にあった者を対象として、各経過年数ごとに同じレベルに留まる者の割合を求めた。図9は、身長の伸び率ピーク時を中心とした時のトラッキングを示したものである。

図6: BMI 群別のBMI・BMI増加率の推移



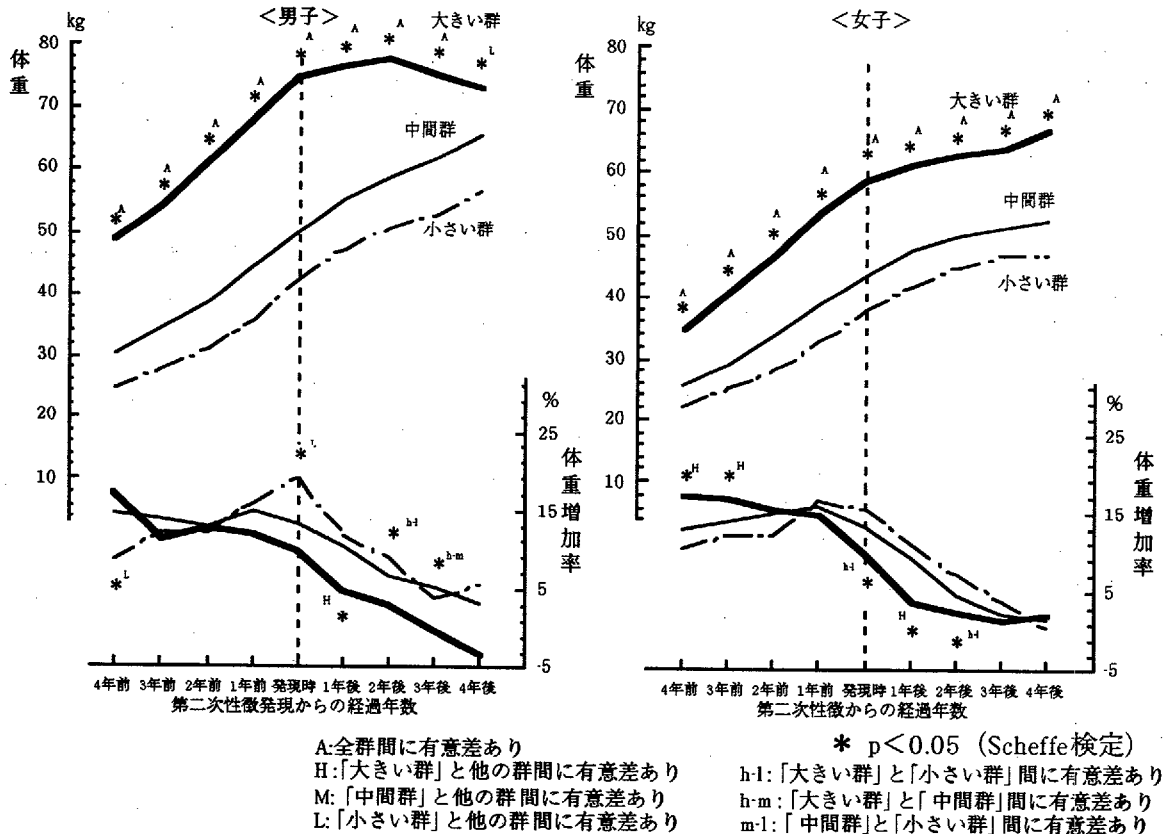
A: 全群間に有意差あり
 H: 「大きい群」と他の群間に有意差あり
 M: 「中間群」と他の群間に有意差あり
 L: 「小さい群」と他の群間に有意差あり
 * p<0.05 (Scheffe検定)
 h-1: 「大きい群」と「小さい群」間に有意差あり
 h-m: 「大きい群」と「中間群」間に有意差あり
 m-1: 「中間群」と「小さい群」間に有意差あり

図7: BMI 指数群別の身長・身長増加率(伸び率)の推移



A: 全群間に有意差あり
 H: 「大きい群」と他の群間に有意差あり
 M: 「中間群」と他の群間に有意差あり
 L: 「小さい群」と他の群間に有意差あり
 * p<0.05 (Scheffe検定)
 h-1: 「大きい群」と「小さい群」間に有意差あり
 h-m: 「大きい群」と「中間群」間に有意差あり
 m-1: 「中間群」と「小さい群」間に有意差あり

図8: BMI 群別の体重・体重増加率の推移



男子では、若干低くなる時点があるものの、スタート時のおよそ8割以上が、同じく80パーセント以上以上に留まっていた。また女子においてもおよそ7割が、80パーセント以上に留まっていた。

また第二次性徴発現を基準とした場合も同様に検討したところ、男子で約7~8割、女子で約8割と高く、「BMIの大きい群」のトラッキングが認められた(図10)。

<考察>

1. 思春期の個人差を考慮したBMIの推移

BMIは、伸び率ピークからの経過年数、及び第二次性徴発現からの経過年数にもなって一定の割合で増加した。また、男子の値が女子よりも有意に高かった。

Caseyら⁹⁾は、小児期(4歳)から成人期(18歳、30歳)のBMIについて報告しているが、思春期のみは年齢でなく身長増加のピーク年、およびピークから2年前、2年後の3時点で代表している。この報告によると、BMIは6歳から身

長増加のピーク時をはさみ30歳まで一定の割合で増加しており、本研究による結果もこれに一致している。

2. 思春期のBMIと身体成長パターンの縦断的検討

伸び率のピーク時から4年前のBMIで「BMIの大きい群」「中間群」「小さい群」に分類した場合、各群におけるBMI、身長、体重の変動パターンは、それぞれ異なることが示された。

「BMIの小さい群」や「中間群」では、身長の伸びに伴って徐々に体重が増加し、伸び率のピーク前後、つまり思春期に一致して急激な身体成長を遂げていた。これに比べ「BMIの大きい群」は、伸び率のピークから4年前の体重増加率が高く、さらにこの時期におけるBMIが著しく大きいことから、他の2群に比べ思春期以前の比較的早い時期から体格の充実が進んでいることが推測された。また、第二次性徴を中心に検討しても同様の結果が得られた。

図9: BMIの大きい群 (80パーセンタイル以上) のトラッキング

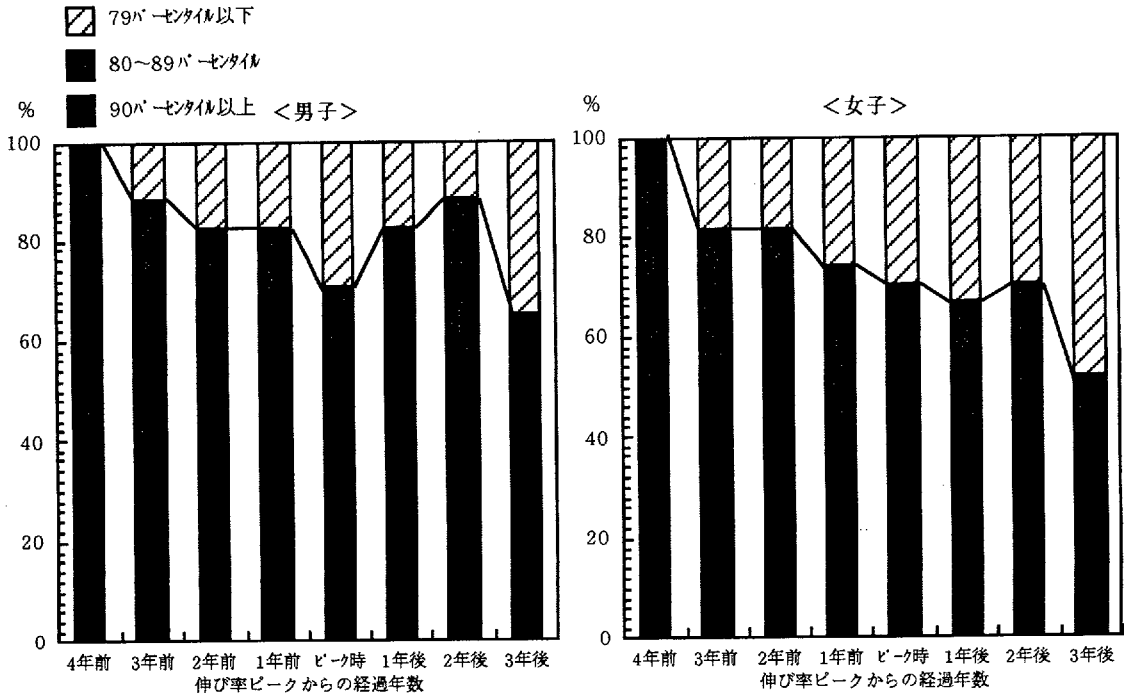
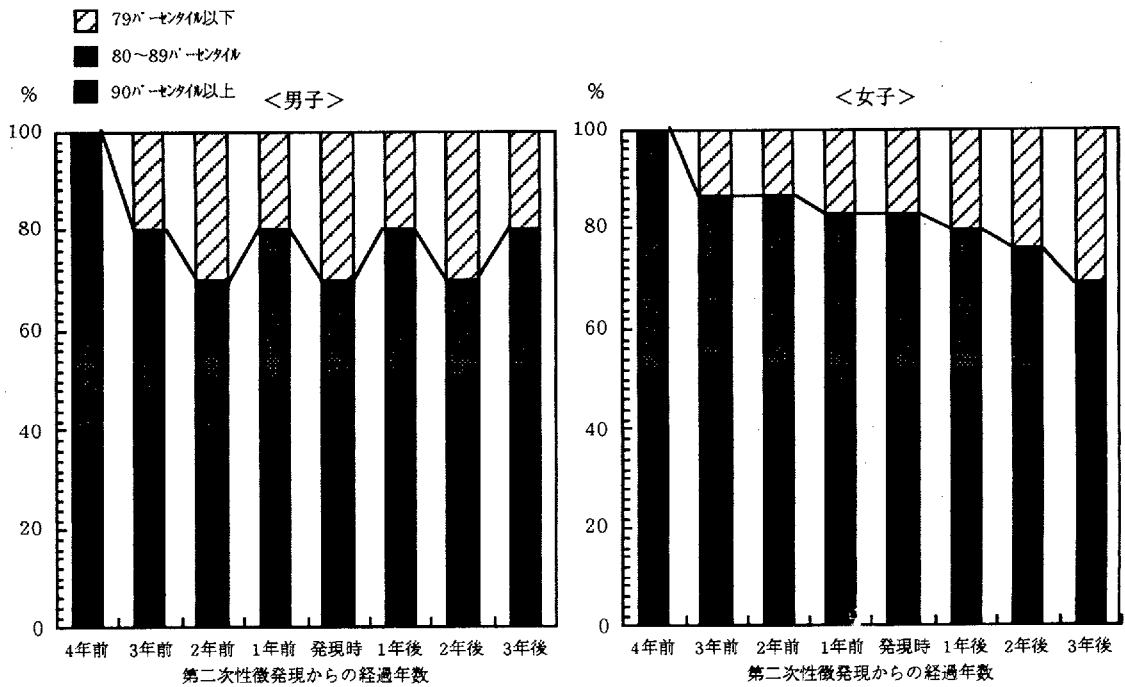


図10: BMIの大きい群 (80パーセンタイル以上) のトラッキング



このような体格と身体発育パターンとの関連を示唆する論文は数多く報告されている^{10)~14)}。これらは成長・発育の著しい乳児期、及び思春期以前の体重またはBMIの変動パターンに着目し、その後の肥満や過体重との関連を検討したものである。

本研究においても「BMIの大きい群」の体重増加のピークは、思春期の早い時期にあると考えられ、これらの結果を支持するものであった。

また、ここで挙げた「思春期の早い時期」とは、対象集団における身長伸び率のピークおよび、第二次性徴発現の平均年齢から概算すると男子で8~9歳、女子で7~8歳である。つまり、小学校低学年にあたり、学校保健の充実を図る上で、非常に重要な時期であると考えられる。

さらにこの時期は、肥満の発生率が高いという報告が多く^{15)~20)}、これを裏付ける説として「adipose cell theory」が注目を集めている²¹⁾。この学説によれば、外的因子によって脂肪細胞が影響を受けやすい時期が存在し、先行研究^{22)~24)}によると概ね乳時期と思春期早期といわれている。また小児では脂肪細胞の大きさの増大に加え、脂肪細胞数の増加を伴う難治性の増殖型肥満が生じやすいとされており、予防が重要性が示唆される。

すなわち、この時期に重点を置いてBMIの高い小児を抽出し、さらに個別にこれまでの体重増加率の推移を検討することによって、BMIが著しく高くなるまえに早期にとらえることができると考える。また、BMIの高い小児を対象に皮下脂肪厚を測定し、肥満の確認をすることで、さらにきめ細かく個別に対策をたてることも可能だと思われる。

3. トラッキング

伸び率のピーク時から4年前に「BMIの大きい群」であった者のうち、男子ではおよそ8割、女子では7割が、同じく高いレベルに留まっており体格のトラッキングが認められた。これは、第二次性徴発現を中心に検討しても同様の結果が得られた。

Serdurlaら²⁵⁾の総説によれば、肥満の小児が

成人の肥満に移行する割合は、就学前児童で26~41%、就学児童で42~63%であるという。またKnittleら²³⁾は、思春期の肥満児の80%は成人肥満に移行し、逆に成人肥満の30%は小児期に端を発していると報告している。また、乳児期にBMIが75パーセントイル以上を示した者で成人期まで同じレベルにとどまっていたのは、Rolland-Cacheaら⁵⁾の成績では41%、Prokopecら⁷⁾の成績では31%である。わが国の五色町スタディ²⁶⁾においては、10歳時の肥満者（ローレル指数上位16%）の4年後の残存率は、70%と報告されている。

以上、用いている体格指数やcut offレベルに違いがみられるが、概して体格のトラッキングは比較的高いことが推測できる。

<結語>

当然のことながらBMIが大きいことが、必ずしも肥満を示すわけではない。あくまでも肥満選出のための参考ではあるが、高いパーセントイル水準を長期にわたり継続する場合は、将来的な肥満発生リスクとして把握する必要があると考える。この場合、小児が発育・成熟の途上にあることを念頭に置き、これらを阻害しないよう留意する必要があると思われる。

<引用文献>

- 1) 文部省.平成5年度学校保健統計調査報告書:138-139
- 2) 村田光範,山崎公恵,他.5歳から17歳までの年齢別身長別標準体重について.小児保健研究.39:93-96,1980.
- 3) 渡辺雅子,他.身長と体重の成長曲線のパターンによる肥満児(11歳,14歳)の分類.小児保健研究.45:373-1986.
- 4) Cronk,C.E., Roche,A.F., McCammon,R.,et al.Longitudinal trends and continuity in weight/stature2 from 3 months to 18 years.Human Biology.54:729-749,1982.
- 5) Rolland-Cachera,M., Deheeger,M.,Guilloud-Bataille,et al.Tracking the development of adiposity from one month of age to adulthood. Ann Human Biol.14:219-229,1987.

- 6).Siervogel,R.M., Roche,A.F.,Guo,S.S,et al. Patterns of change in weight/stature² from 2 to 18 years: findings from long-term serial data for children in the Fels longitudinal growth study. *Inter J Obesity*.15:479-485,1991.
- 7).Prokopec,M., Bellisle.F. Adiposity in Czech children followed from 1 month of age to adulthood: analysis of individual BMI patterns. *Ann Human Biol*.20:517-525,1993.
- 8).Guo,S.S., Roche,A.F., et al. The predictive value of childhood body mass index values for overweight at age 35 y. *Am J Clin Nutr*.59:810-819,1994.
- 9).Casey,V.A., Dwyer,J.T., Valadian,I., et al. The distribution of body fat from childhood in a longitudinal study population. *Ann Human Biol*.21:39-55,1994.
- 10).Eid,E.E. Follow-up study of physical growth of children who had excessive weight gain in first six months of life. *Br Med J*.2:74,1970.
- 11).Mellbin,T.,Vuille J. Physical development at 7 years of age in relation to velocity of weight gain in infancy with special reference to incidence of overweight. *Br J Prev Soc Med*.27:225-235,1973.
- 12).日比逸郎. 肥満乳児に関する最近の知見. *臨床栄養*.52:23-27,1978.
- 13).佐野マリ子. 学童肥満と乳幼児肥満. *小児保健研究*.38: 484-488,1980.
- 14).Miller, FJW., Billewicz,W.Z., Thomson ,A.M. Growth from birth to adult life of 442 Newcastle Upon Tyne children. *Br Med J*.26:224-230,1972.
- 15).清水凡生. 肥満の教育的側面. *小児科MOOK No.24*; 肥満児: 165-172,1982.
- 16).Vuille,J-C., Mellbin,T. Obesity in 10-year-olds: An Epidemiologic Study. *Pediatrics*. 64: 564-572,1979.
- 17).日比逸郎. 乳児のふとりすぎの問題. *小児科臨床*.19: 471-477,1966.
- 18).菅原重道. 小児期単純性肥満症の成因をめぐって. *治療*.50:1109-1118,1968.
- 19).井上義朗, 他. 思春期まえの肥満とるいそう. *産婦人科の実際*.18:205-211,1969.
- 20).Mossberg,H.O.,et al. Obesity in children; a clinical prognostical investigation. *Acta Paediatr*.35: suppl.2,1948.
- 21).朝山光太郎, 加藤精彦. 肥満児と成人肥満・成人病(概論). *小児科MOOK No.24*; 肥満児: 43-54,1982.
- 22).Brook,C.G.D.,et al. Evidence for a sensitive period in adipose-cell replication in man. *Lancet*: 624-627,1972.
- 23).Knittle,J.L., et al. Obesity in childhood. *J Pediatrics*.81:1048-1059,1972.
- 24).Salans,L.B., Cushman,S.W., et al. Studies of human adipose tissue. *J Clin Invest*. 52 : 929-941,1973.
- 25).Serdula,M.K., Ivery,D., Byers,T., et al. Do obese children become obese adults?:A review of the literature. *Prev Med*.22:167-177,1993.
- 26).兵庫県五色町. 五色町児童・生徒健康実態調査, 結果報告書 (平成4年度)



検索用テキスト OCR(光学的文字認識)ソフト使用

論文の一部ですが、認識率の関係で誤字が含まれる場合があります



要約:この研究は、1988年に沖縄県宮古伊良部島の小中高校生を対象に開始され、1991年(第二回目)、1994年(第三回目)に継続して実施されている。分析対象は、1994年4月現在で伊良部町在住の高校生255人(男子96人、女子159人)であり、3回の調査を全て受診したのは244人(96%)である。本研究では、身長伸び率のピーク時(身体発育量のピーク)、及び第二性徴の発現時(男子は変声時、女子は初潮発来時)という身体成長・性成熟の段階を一致させ個人差を補正することで、思春期の体格の変化をより正確に検討することを試みた。

今回の結果より、伸び率のピーク時、又は第二性徴発現時の4年前に体格の大きい小児は、体重増加のピークが、身長増加のピークより早く現われた。その他の小児では、身長と体重のピークが一致していた。体格指数によって過体重児をふるい分け、さらに就学前からの体重増加のパターンを検討することは、肥満のリスクを抱える小児の早期発見に有効だと考えられる。そして、このような小児のライフスタイルに目を向け、問題点があればそれを是正していけるよう働きかけることが不可欠である。