九州大学学術情報リポジトリ
Kyushu University Institutional Repository

Allometryによる男児(2-5歳)の運動能力の発達評価

中尾, 武平
九州共立大学スポーツ学部

斉藤, 篤司
九州大学健康科学センター

大柿, 哲朗
九州大学健康科学センター

小宮, 秀一
九州大学名誉教授

https://doi.org/10.15017/20701

出版情報：健康科学. 33, pp.53-61, 2011-03-25. 九州大学健康科学センター
バージョン：
権利関係：

健 康 科 学
Vol.33, 2011 年 3 月

— 原 著 —

Allometry による男児(2-5 歳)の運動能力の発達評価

中尾 武平 [1)*], 斉藤 篤司 [2)], 大柿 哲朗 [2)], 小宮 秀一 [3)]

Evaluation of the development of motor ability in boys (from 2 to 5 years of age) by an allometry analysis

Takehira NAKAO [1)*], Atsushi SAITO [2)], Tetsuro OGAKI [2)] and Shuichi KOMIYA [3)]

Abstract

The purpose of this study was to evaluate the influence of the childhood speed of growth in mass relative to the speed of growth in stature on the development of motor abilities by an allometric analysis ($y=bx^{\alpha}$). The materials used for this study were the longitudinal data of the stature, body mass, body composition, and the motor abilities of 25 boys whose age ranged from 2.5 to 5.5 years old, performed from 2006-2009. The results obtained were as follows; 1) The mean allometry coefficients of stature and body mass was 2.04. 2) It may be said that a low group may have a slightly superior motor ability than the high group where an increase in the body mass is remarkable when evaluating the motor ability in individuals demonstrating the same stature or the same body mass. 3) We were not able to determine whether an increase in the body mass was due to changes in the fat-free mass or the fat mass in this study. Our findings suggested that the development of the motor ability should be taken into account when evaluating the growth speed of the body composition (FFM and FM), but not the body mass.

Keywords: allometry, boys, body composition, m botor ability, FFMI

(Journal of Health Science, Kyushu University, 33: 53-61, 2011)

緒 言

文部科学省が昭和 39 年度から実施している体力・運動能力調査によると，現代の子ども達は，走・跳・投の基本的な運動能力や筋力が 1985 年前後をピークに著しく低下傾向にあり，柔軟性，敏捷性などのからだをコントロールする能力も低下してきているといわれている [1)]。また，身長や体重など子ども達の体格の平均値は，親の世代の同年齢の平均値を上回っていることも

1) 九州共立大学スポーツ学部　Faculty of Sports Science, Kyushu Kyoritsu University
2) 九州大学健康科学センター　Institute of Health Science, Kyushu University
3) 九州大学名誉教授　Professor emeritus, Kyushu University
*連絡先: 九州共立大学スポーツ学部　〒807-8585 福岡県北九州市八幡西区自由ヶ丘 1-8　Tel&Fax: 093-693-3171
*Correspondence to: Faculty of Sports Science, Kyushu Kyoritsu University, 1-8, Jiyuugaoka, Yahatanishi, Kitakyushu, Fukuoka, 807-8585, Japan.
TEL: +81-93-693-3171　E-mail: nakao@kyukyo-u.ac.jp

報告されている[2]。これは，現代の子ども達が，体格は大きくなってはいるが自身の身体を動かす基礎的な身体能力が低下し，深刻な状況にあることを示している。子どもの体力・運動能力低下の原因のひとつは,現代社会におけるいわゆる三間（時間・空間・仲間）の減少であるといわれており，子どもを取り巻く環境に対する調査研究も活発に行われるようになってきている。例えば，塾通いなど学校外の学習活動の増加，テレビゲームやその他，遊具などの普及による室内遊びの増加，外遊びやスポーツ活動の時間の減少，空き地や生活道路といった遊び空間の減少，そして少子化による兄弟や友達といった遊び仲間の減少などという現代社会の現状のなかで，これらの要因が子どもの運動能力の発達に強く影響を及ぼしていることが指摘されている[3][4]。最近では，子どもの体力の二極化[5]や子どもの体力低下は，行動体力の低下ではなく，むしろ防衛体力にその実体があるのではないか[6]という議論もなされている。このような議論の対象者は，体力・運動能力調査報告書で報告されてきた小児期の児童である。しかし，体力・運動能力の低下は，小児期の前段階である幼児期における生活環境が強く影響している可能性もある。しかし，これまで幼児期における発育発達に関しては，十分に検討がなされていない。

身体の発育発達を検討する場合，発育発達の経過は物理学的な時間（暦年齢）を基準として検討される場合が多い。しかし，Scammonの発育曲線[7]にもみられるように，機能の発育は必ずしも，それぞれが並行して進むものではない。また，同じ発育型であっても実際の発育には個人差がみられ，身体各部の相対的関係は発育時期によって変化する。そのため，身体の一部の発育を追跡して測定するだけでは，それらの部位の相対的変化を知ることは不可能である。したがって，長育や量育を交互にくり返す幼児の発育を分析する場合，発育系の二つの部分，つまり，長育と量育の二種類の形態測定値，相互の関係から分析する必要がある。

清水ら[8,9]は，乳幼児の横断的なデータを基に身長に対する体重のallometry（相対発育）[10]を分析した結果，7歳未満の乳幼児は，体重の発育が身長の伸びよりも大きいことを報告している。さらに，森下[11]は，乳幼児の身長と体重の相対発育を検討した結果，生後から6歳までの間に4から5の発達段階に区分できるとしている。しかし，いずれの研究も60年以上前のものであり，体格の大きく変化した現代の小児において同様の相対発育を示すかは不明である。また，これらの研究は，形態項目相互の発育を検討したものに過ぎず，形態に対する運動機能の相対発育に関する検討は行われていない。

そこで，本研究は，身体計測値相互間の関係を分析するallometry[10]を採用し，2歳から5歳までの男児の形態および運動能力テストの縦断的なデータを用いて，量育と長育の発育速度が異なるということが，この時期の運動能力の発達にどのような影響を及ぼすかを検討した。

方　法

1. 被験者

本研究は，福岡身体組成研究会が2006年から実施してきた「福岡身体組成研究-幼児の発育発達に関する縦断的研究-」の対象者である福岡県北九州市にある2保育園に在籍する健康な園児の中で，形態測定が2006年（2歳後半）から2009年（5歳後半）まで，運動能力測定が2007年（3歳前半）から2009年（5歳後半）まで継続して縦断的に実施された男児11名を被験者とした。測定は，幼児の在籍する保育園で実施した。保育園と各幼児の保護者に対して研究目的と測定方法および実施計画を説明し，参加の同意を得た。

2. 測定期間と実施時期

形態測定は，2006年11月から2009年11月までの間，6ヶ月間隔で5月と11月に計7回実施した。運動能力の測定は，2007年5月から2009年11月までの間，形態測定に合わせて計6回実施した。

3. 形態測定

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単位で，午前中に測定した。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。体重の測定は，被験者にパンツのみを着用させて一般的な方法によって実施した。着衣量の補正は特に行わなかった。皮下脂肪厚（Skinfold thickness; SF）の測定は，キャリパーの接点に10g/mm^{2}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，0.2mm単位で上腕前部，上腕背側部，肩甲骨下部，腰部の4部位を測定した。皮下脂肪厚の測定は，熟練した同一験者が同一部位を3回連続して測定し，それらの平均値を測定値とした。

4. 身体組成の算出

身体組成の測定は，重水希釈法を基準法として開発された生体電気インピーダンス法（Bioelectrical impedance analysis; BIA）によるMasudaら[12]の総体水分量推定式を用い，求められた体水分量をSchoellerの水和定数[13]で除すことによって除脂肪量(Fat-free mass; FFM）を算出した。

インピーダンス(Ω)の測定は，4電極法を用いた測定器（トーヨーフィジカル社製 TP-202K）を使用した。測定は，被験者を素足にして，通電しない木製の机の上に仰臥させた。上肢を体幹から離し，両足首の内果を20cm以上離し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4カ所をアルコール綿で拭いた。その部位に電極（3M社 Red Dot）を貼付し，リード線で測定器と接続した。その後，10Vp-p, 50kHz, 500 μA で定電流を印加し，身体のインピーダンス値を求めた。体脂肪量（Fat mass; FM）は，体重とFFMの差とした。除脂肪量指数（FFMI）と体脂肪量指数（FMI）は,体格指数（BMI）と同様の概念であり VanItallieら[14]の以下の式から算出した。

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

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

$BMI\ (kg/m^2) = FFMI\ (kg/m^2) + FMI\ (kg/m^2)$

5. 運動能力の測定

運動能力は，幼児運動能力テスト[15]である体支持持続時間（筋持久力），両足連続とび越し（敏捷性・協応性），25m走（瞬発力），テニスボール投げ（調整力），立ち幅跳び（瞬発力）に開眼片足立ち（平衡性）を加えた6項目を測定した。全ての項目は，2回実施し，優れている方の記録を採用した。

6. 身長と体重による群分け

身長と体重の測定値を用い，身長 x，体重 y として allometry式[11] $y = bx^{\alpha}$ を適用した。このallometry式の両辺の対数をとると，$\log y = \log b + \alpha \log x$ という一次回帰式が得られ，両対数グラフ上に直線として身長と体重の相対的な発育傾向が描ける。このときの常数 b と α は最小自乗法によって算出できる。ここで求めた身長 x と体重 y から成る相対発育係数（α）の平均値を基準に，被験者をα値の高い群（高群）と低い群（低群）に分類した。

7. 統計

結果は，Microsoft Excel vol.X for Mac及び統計分析プログラムエクセル統計 for Windowsを用いて処理した。結果は，平均値と標準偏差で示した。各測定項目における加齢変化は，繰り返しのある二元配置分散分析を行い，有意な主効果が認められた場合は，Scheffe 法を用いて多重比較検定を行った。有意水準はいずれも5%未満（$p<0.05$）とした。

結　果

形態および身体組成変数の平均値と標準偏差を年齢別に表1に示した。全ての項目において，年齢に有意な主効果が認められた（$p<0.05$）。FM, FMIおよび%FMは4.5歳，BMIは4.0歳まで低下傾向を示し，その後，増大に転じた。

運動能力6項目の平均値と標準偏差を年齢別に表2に示した。両足連続とび越しを除く，全ての項目で年齢に主効果が認められ，運動能力の発達が認められた（$p<0.05$）。両足連続とび越しとテニスボール投げは，5.0歳から5.5歳で成績の低下が認められた。

Table 1. Anthropometric measurements and body composition in boys aged 2.5-5.5yr.

	2.5 yr	3.0 yr	3.5 yr	4.0 yr	4.5 yr	5.0 yr	5.5 yr	*ANOVA*
				Mean±SD				
Age, yr	2.5 ± 0.5	3.1 ± 0.3	3.7 ± 0.5	4.1 ± 0.3	4.7 ± 0.5	5.1 ± 0.3	5.7 ± 0.5	*
Stature, cm	93.5 ± 3.4	98.7 ± 3.6	102.2 ± 4.1	106.1 ± 4.6	109.2 ± 4.8	112.8 ± 5.2	117.0 ± 5.3	*
Body mass, kg	13.79 ± 1.0	15.45 ± 1.4	16.23 ± 1.8	17.21 ± 1.7	18.81 ± 2.2	19.94 ± 2.6	22.03 ± 3.3	*
Triceps-SF, mm	11.0 ± 1.8	12.0 ± 2.3	9.6 ± 1.5	10.7 ± 1.7	10.0 ± 2.2	11.7 ± 2.9	11.0 ± 4.1	*
Subscapular-SF, mm	6.7 ± 1.1	6.5 ± 1.3	5.9 ± 1.1	5.4 ± 0.9	6.2 ± 1.0	7.0 ± 2.0	6.9 ± 2.4	*
BMI, kg/m^2	15.8 ± 0.8	15.8 ± 0.8	15.5 ± 1.2	15.3 ± 0.9	15.7 ± 1.2	15.6 ± 1.4	16.1 ± 1.8	*
FFM, kg	11.5 ± 0.7	12.9 ± 0.9	14.0 ± 1.0	14.8 ± 1.0	16.9 ± 1.5	17.1 ± 1.5	18.5 ± 1.6	*
FM, kg	2.3 ± 0.7	2.5 ± 0.6	2.3 ± 0.9	2.4 ± 0.8	1.9 ± 0.9	2.8 ± 1.2	3.5 ± 1.8	*
FFMI, kg/m^2	13.1 ± 0.5	13.3 ± 0.6	13.4 ± 0.6	13.2 ± 0.8	14.2 ± 0.9	13.4 ± 0.9	13.6 ± 0.8	*
FMI, kg/m^2	2.6 ± 0.7	2.5 ± 0.5	2.1 ± 0.8	2.1 ± 0.6	1.6 ± 0.7	2.2 ± 0.8	2.5 ± 1.2	*
%FM	16.5 ± 4.0	16.0 ± 2.9	13.6 ± 4.2	13.6 ± 3.8	9.7 ± 4.0	13.7 ± 4.4	15.1 ± 5.8	*

*Significant level; * p<0.05 Values are mean±SD.*

Table 2. Development of the motor abilities in boys aged 3.0-5.5yr.

	3.0 yr	3.5 yr	4.0 yr	4.5 yr	5.0 yr	5.5 yr	*ANOVA*
			Mean±SD				
Body supporting duration, sec	8.2 ± 6.5	15.2 ± 10.9	28.7 ± 20.3	29.8 ± 13.5	34.5 ± 16.9	43.0 ± 19.7	*
Continuous jump over, sec	7.8 ± 2.0	7.1 ± 1.4	6.2 ± 1.1	6.1 ± 0.7	5.9 ± 0.6	6.8 ± 4.3	*ns*
Standing opened eyes, sec	4.9 ± 3.4	5.5 ± 3.6	9.1 ± 5.0	27.2 ± 17.0	34.2 ± 21.6	58.2 ± 51.2	*
25m run, sec	9.0 ± 1.0	7.6 ± 0.9	7.5 ± 0.5	6.7 ± 0.4	6.5 ± 0.3	6.0 ± 0.3	*
Tennis ball throw, m	4.1 ± 1.9	4.8 ± 1.8	6.3 ± 2.3	7.2 ± 2.9	9.2 ± 2.2	8.6 ± 4.1	*
Standing long jump, cm	51.5 ± 17.5	64.8 ± 18.5	84.9 ± 17.8	88.8 ± 14.4	102.9 ± 16.5	111.8 ± 16.9	*

*Significant level; * $p<0.05$ Values are mean±SD.*

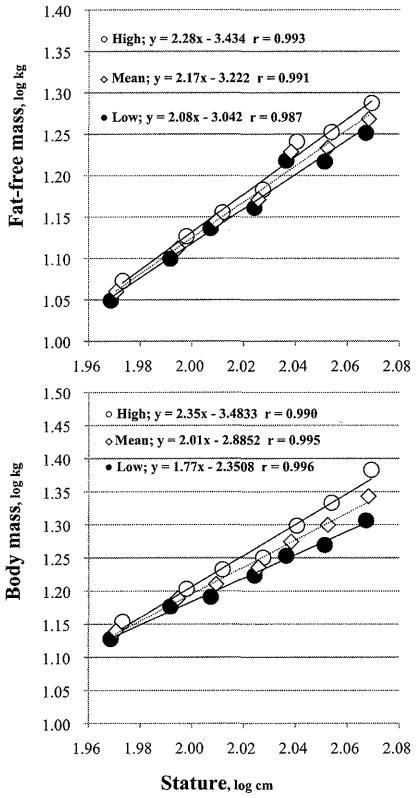

Fig 1. Body mass and fat-free mass in relation to stature.
High (n=5); The group of growth in body mass remarkable.
Mean (n=11); All subject.
Low (n=6); The group of growth in stature remarkable.

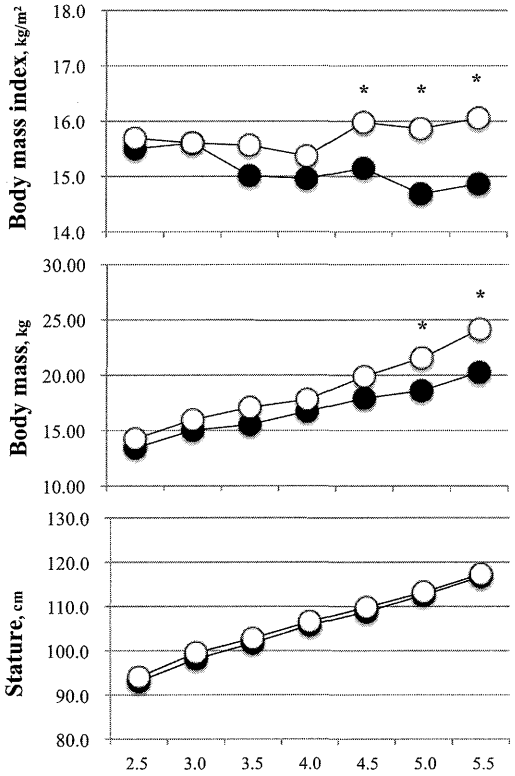

Fig 2. Comparison of stature, body mass and body mass index of low and high allometry coefficient group.
●Low; $\alpha<2.01$ ○High; $\alpha \geqq 2.01$, * $p<0.05$ vs Low

図1は，身長に対する体重とFFMのallometry式を求めたものである。全被験者の身長と体重の相対発育係数αの平均値は2.01で，単相で変位点は認められなかった。このα値を基準に2群に分けた結果，相対的に量育の大きい高群のα値の平均値は2.35，低群は1.77であった。身長とFFMにおいても，α値の平均値は2.17で，変移点が認められず，単相のallometryを示した。また，α値の平均は高群2.28，低群2.08であった。

群別の身長，体重およびBMIの加齢変化を図2に示した。身長，体重，BMIの全ての項目において，年齢に有意な主効果が認められた（$p<0.05$）。また，体重およびBMIの群間に有意な主効果が認められた（$p<0.05$）。体重の5.0歳および5.5歳，BMIの4.5歳から5.5歳の群間に有意な差が認められ，高群が高い値を示した（$p<0.05$）。高群のBMIは4.0歳まで低下傾向を示し，その後，増大に転じた。体重とBMIに交互作用が認められた。

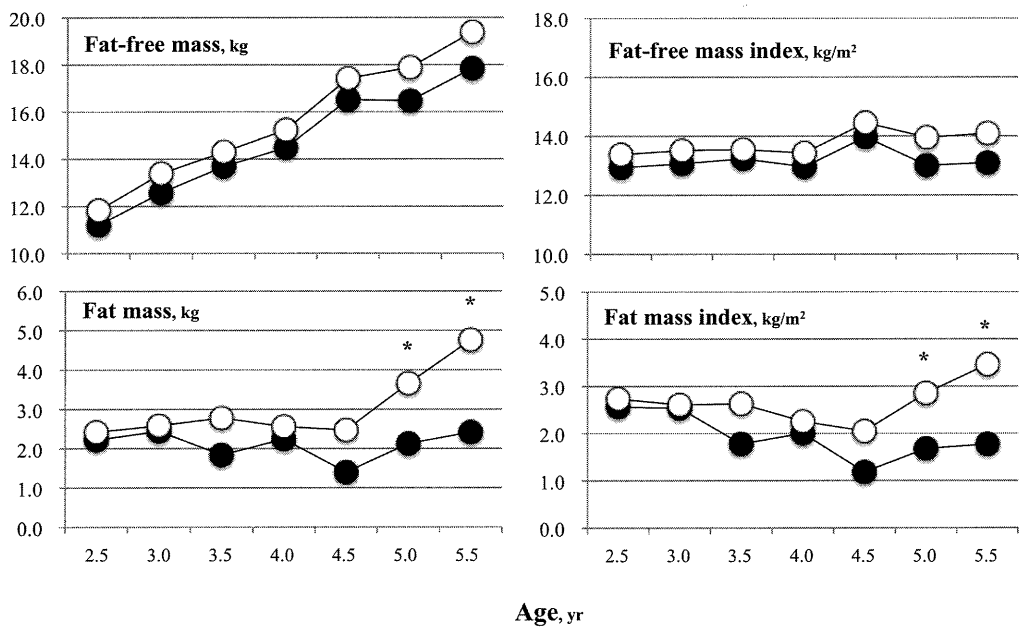

Fig 3. Comparison of the FFM, FM, FFMI and FMI of low and high allometry coefficient group.

● Low; α <2.01 ○ High; α ≧2.01, * p<0.05 vs Low

群別のFFM, FFMI, FMおよびFMIの加齢変化を図3に示した。FFM, FMおよびFMIにおいて，年齢に有意な主効果が認められた（p<0.05）。また，FMおよびFMIの群間に有意な主効果が認められ，FM, FMIの5.0歳と5.5歳において，高群が有意に高い値を示した（p<0.05）。FMおよびFMIに交互作用が認められた。

体支持持続時間，両足連続とび越し，25m走，テニスボール投げ，立ち幅跳び，開眼片足立ちの加齢変化を群別に図4に示した。全ての項目において両群とも年齢に有意な主効果を示したが（p<0.05），全ての項目において群間に有意な主効果は認められなかった。また，全ての項目において交互作用は認められなかった。

図5は，群別に身長（x）と運動能力6項目（y）の両対数値をプロットして，それぞれの直線性と変移点を確認し，最小自乗法によりallometry式を求めたものである。低群の体支持持続時間の変移点は身長約109cm，立ち幅跳びは身長約106cm，両足連続とび越しは身長約109cmで変移点が認められた。係数αは変移点を境として，体支持持続時間が18.052から3.628，立ち幅跳びが6.606から3.239に低下し，両足連続とび越しが-2.578から2.879に増大した。高群の体支持持続時間は身長約107cm，立ち幅跳びは身長約106cmで変移点が認められた。それらの変位点を境として，係数αは体支持持続時間が16.525から5.133，立ち幅跳びが7.494から2.728に低下した。これらの変移点に相当する年齢は，体支持持続時間が低群・高群ともに4.0歳から4.5歳，立ち幅跳びが低群・高群ともに3.5歳から4.0歳，両足連続とび越しの低群が4.0歳から4.5歳であった。また，その他の運動能力3項目（開眼片足立ち，25m走，テニスボール投げ）および高群の両足連続とび越しは，単相のallometryを示した。

図6は，同様に体重と運動能力6項目の両対数値をプロットしてallometry式を求めたものである。低群の体支持持続時間と立ち幅跳びの変移点は体重約17kg，両足連続とび越しは体重約18kgで変移点が認められた。係数αは変移点を境として，体支持持続時間が10.709から2.853，立ち幅跳びが5.141から1.743に低下し，両足連続とび越しが-1.202から0.584に増大した。高群の体支持持続時間と立ち幅跳びは，ともに体重約18kgで変移点が認められた。それらの変位点を境として，係数αは体支持持続時間が11.926から1.695，立ち幅跳びが4.711から0.892に低下した。これらの変移点に相当する年齢は，体支持持続時間と立ち幅跳びの低群がともに3.5歳から4.0歳，高群が4.0歳から4.5歳であった。また，両足連続とび越しの低群は4.0歳から4.5歳であった。その他の運動能力3項目（開眼片足立

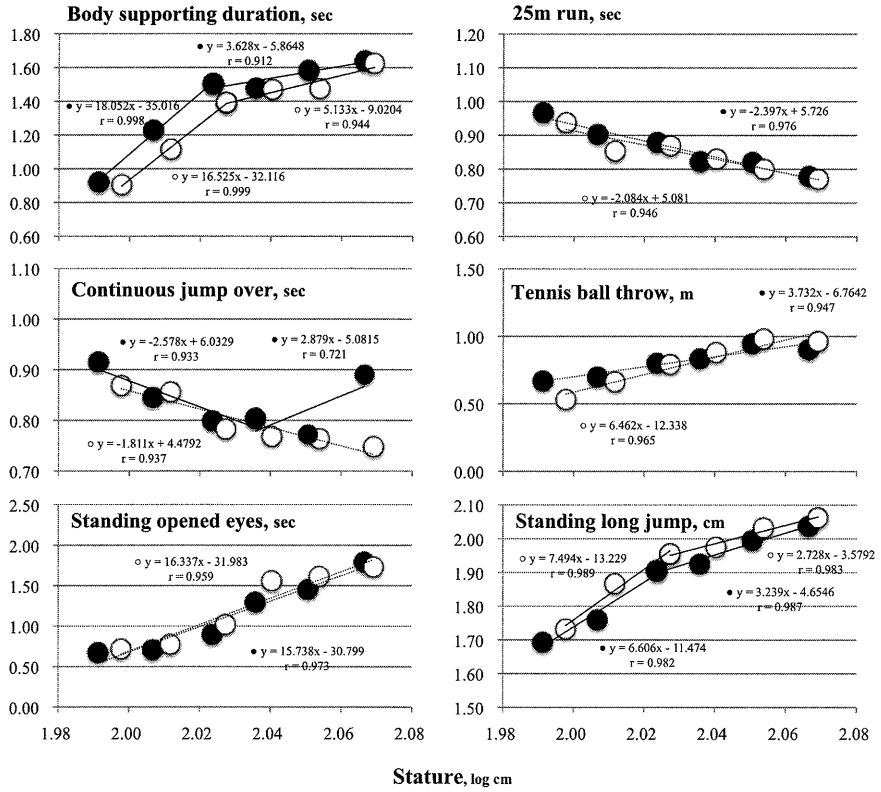

Fig 5. Development of the motor abilities in relation to stature of low and high allometry coefficient group.

● Low; α <2.01 ○ High; α ≧2.01

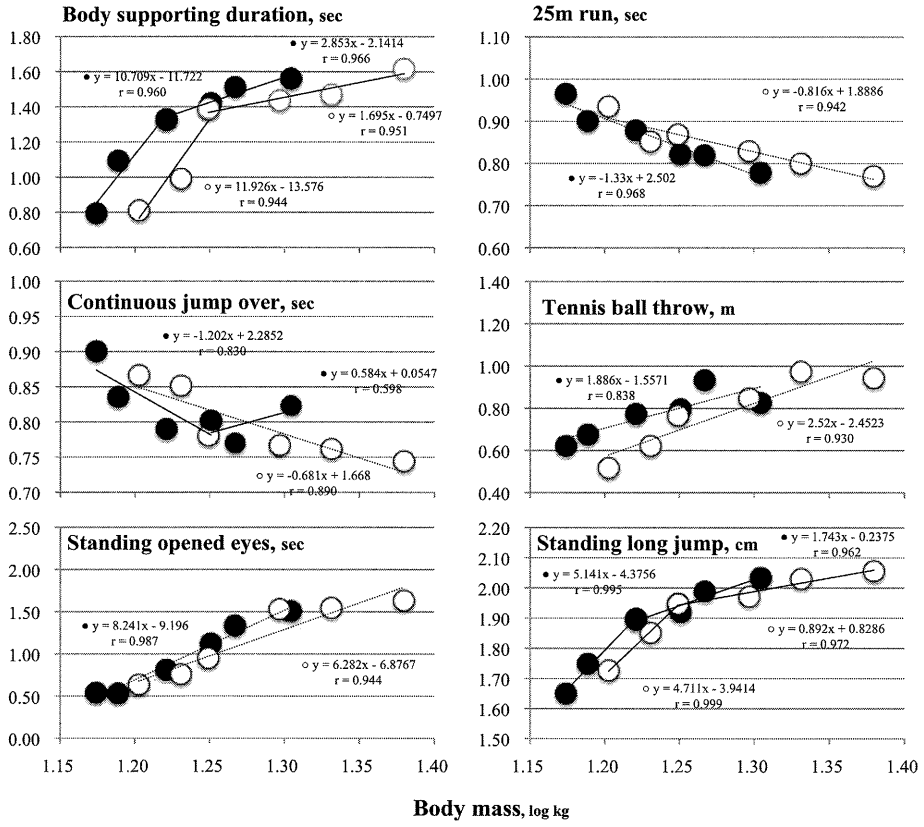

Fig 6. Development of the motor abilities in relation to body mass of low and high allometry coefficient group.

● Low; α <2.01 ○ High; α ≧2.01

ち, 25m走, テニスボール投げ）および高群の両足連続とび越しは, 身長と同様に単相のallometryを示した。

考　察

本研究は, 身体計測値相互間の関係から小児の発育発達を分析する相対発育（allometry）[10]という評価法を用いて, 幼児期において量育と長育の発育速度が異なるということが, この時期における運動能力の発達にどのような影響を及ぼすのか検討した。発育系の全体または部分をxとし, 他の部分をyとすると, それらの間には$y = bx^{\alpha}$という関係が成立する。この両辺の対数をとると, $\log y = \alpha \log x + \log b$となり, 二変数x, yの関係は一次関数で表される。相対発育では, このαが重要な意味を持っている。例えば, $\alpha > 1$であれば, yの発育速度の方がxの発育速度より相対的に大きい。また, $\alpha = 1$の場合は, 両者が等しく, $\alpha < 1$の場合は逆となる。つまり, y =体重, x =身長とすると, $\alpha > 1$の場合は, 身長の発育速度に対して体重の発育速度の方が大きいことになる。男児の身長と体重の相対的な発育関係は, 係数αの平均値が2.01であり, 穐丸ら[16]の3歳前半から5歳前半までの子どものα値1.88よりもわずかに高い値であった。また, 同年齢範囲における日本人女児のα値は1.86であり[16) 17)], 本研究の男児の相対発育係数は, 女児よりも高い値を示した。つまり, 幼児期の男女は, 体重の増加が身長の伸びよりも相対的に大きく, その程度は女児より男児でわずかに大きいことが示唆された. そこで, 本研究は, この係数α値 2.01 を基準に量育の著しい高群と量育の緩やかな低群に分け, 両群の形態, 身体組成および運動能力に関する発育発達の相違を検討した。

相対的に量育の大きい高群の平均α値は, 2.35 であり, 小さい低群の平均α値は 1.77 であった。また, この年齢期を通して, 低群のBMI値は低下傾向を示しているが, 高群は4.0歳を最下点として増大に転じ, その後は低群と有意な群間差が認められている。一方, 長育と量育を交互に繰り返しながら発育する子どもの身体評価には, ボディサイズで補正されたFFMIやFMIによる評価法が必要であると指摘されている[14, 18, 19]。本研究におけるFMIとFFMIを群別にみると, FFMIは, 両群間に有意な主効果は認められていないが, FMおよびFMIにおいては両群間に有意な主効果が認められ, 5.0歳以降においては, FMとFMIともに, 高群が高い値を示している。また, 両群ともに4.5歳を最下点として増大に転じていた。つまり, BMIが4.0歳を最下点, FMおよびFMIが4.5歳を最下点として増大していることを考え合わせると, この時期における体重の増加は体脂肪の増加に寄与していると推察でき, 女児と同様の結果[17]である。一般的に, BMIの最下点は5-6歳頃とされており, その最下点の時期が早期であるほど青年期の過体重や肥満発症のリスクが高くなるといわれている[20]。BMIの最下点からのリバウンドは, Rolland-Cacheraら[20]のいうAdiposity rebound（AR）の発現と同義であると考えられる。そのため, 本研究の高群に認められたこのBMIの最下点が真のAR発現であるとするなら, 高群は青年期における過体重や肥満にトラッキングする可能性がある。

本研究の相対発育の違いよる運動能力の加齢変化をみると, 体支持持続時間, 開眼片足立ち, 25m走, テニスボール投げ, 立ち幅跳びの項目において, 年齢に主効果が認められたが, 群間に有意な差は認められていない。しかし, 身長に対する運動能力の相対発達をみると群間に差が認められ, わずかではあるが低群において多くの運動能力が高い値を示している。例えば, 身長100cm（Stature, log cm = 2.0）の子ども達の体支持持続時間をallometry式から求めると, 量育の著しい高群の8.6秒に対して, 低群では12.2秒と推定され, 低群が3.6秒優れた値を示す。また, 身長100cmの子どもの体重は, 身長と体重のallometry式から, 15.7kgである（図1)。同様の方法によって体重15.7kgの子ども達の体支持持続時間は, 高群4.9秒, 低群12.2秒となり, 同一体重に対する体支持持続時間の値が, 身長と同様に低群において7.3秒高い値となる。つまり, 同一身長や同一体重で運動能力を評価すると, 量育の著しい高群は, 量育の緩やかな低群よりも運動能力が劣っている。同様の方法を用いて, 女児の身長や体重に対する運動能力の相対発達を検討した中尾ら[17]も同様の結果を報告している。

一方, 運動能力の種類によって発達に違いが認められている。両群の体支持持続時間, 立ち幅跳び, 低群の両足連続とび越しの3種目は, 変移点を伴う二相性の発達を示した。例えば, 体支持持続時間は, 高群で身長106.5cmを変移点として相対発達係数αは低下し, 低群でも身長108.5cmを変移点としてα値は低下している。この両群の変移点における体支持持続時間の成績は, 高群24.3秒（y=1.39）, 低群33.3秒（y=1.52）である。これらの変移点に相当する年齢は, 高群・低群とも

に4.0歳から4.5歳であった。立ち幅跳びも体支持持続時間と同様の傾向を示し，高群で身長 105.9cm を変移点としてα値は低下し，低群でも身長 106.0cm を変移点としてα値は低下している。高群の変移点における立ち幅跳びの成績は，79.7cm（y=1.90），低群の成績は，80.5cm（y=1.91）である。これらの変移点に相当する年齢は，高群・低群ともに 3.5 歳から 4.0 歳であった。両足連続とび越しは，低群で身長 108.8cm を変移点としてα値は上昇を示している。この低群の変移点における両足連続とび越しの成績は，約 6.1 秒（y=0.79）である。これらの変移点に相当する年齢は，4.0 歳から 4.5 歳である。清水[9]は，幼児の身長と体重の相対成長に関する研究において，4 歳から 5 歳頃に第Ⅱ変移点が存在することを報告している．また，森下[11]は，乳幼児の身長と体重の相対発育を検討した結果，生後から 6 歳までの間に4から5の発達段階に区分できるとしている．また，6 歳（3-4 歳付近）までに，体重の発育が 2-3 ヶ月停滞する時期があり，多くの子どもが水痘や麻疹の両方か片方に罹患することを報告している。本研究で認められた運動能力の変移点の発現年齢は，清水[9]の報告による第Ⅱ変移点に相当する。つまり，本研究にみられた運動能力の発達における変移点の発現および相対発育係数α値の変化は，この時期の体重の増加と関係があると考えられる。

運動能力の向上には，神経-筋協調能力を伴う FFM の発達が寄与していると考えられる。また，最近の子ども達は，転びやすく，ケガをしやすく，起立姿勢が長くできないなどといわれている[21]。これは，平衡性，敏捷性，巧緻性などの能力，つまり，神経-筋協調能力の低下が原因であると考えられる。Scammon の発育曲線[7]によると，神経系の発達は，7-8 歳頃までに成人の 9 割程度のレベルにまで発達する。つまり，幼少期における多様な運動経験や豊かな身体活動によってもたらされる神経-筋協調能力の発達が，小児期における望ましい運動能力の発達を促すものと考えられる。本研究では，幼児期の運動機能の発達は，体重の増加の程度に影響されることが示唆された。しかし，この時期の運動能力の発達に神経-筋協調能力を伴う FFM がどの程度寄与しているか，詳細な検討には至っていない。したがって，今後は FFM の増大が運動能力に及ぼす影響について更なる検討が必要である。

謝　辞

本研究の実施にあたり，形態や運動能力測定などにご協力いただいた北九州市のK保育園とM保育園，および被験者を引き受けていただいた園児に感謝の意を表します。また，多面にわたり，ご指導を頂きました福岡身体組成研究会の会員の皆様にも深甚なる謝意を表します。

参考文献

1) 文部科学省スポーツ・青少年局 (2005): 平成 17 年度体力・運動能力調査報告書.
2) 小宮秀一 (2007): 子どもの体格の評価 平均値でみる昔の子と今の子. 九州共立大学スポーツ学部研究紀要, 1: 1-6.
3) 仙田　満 (2009): 次世代成育環境の課題と展望. 教育と医学, 676: 29-37.
4) 神奈川県スポーツ振興審議会議編 (2008): 幼児期からの運動・スポーツ振興施策のあり方について. p8.
5) 中村和彦 (2009): いまどきの子どもの体力・運動能力. 教育と医学, 676: 4-11.
6) 野井真吾 (2009): 学校で行う子どもの「からだづくり」. 教育と医学, 57(10): 12-18.
7) Scammon RE (1930): The measurement of the body in childhood. In Harris, Jackson, Paterson, & Scammon, 173-215.
8) 清水三雄 (1942): 幼稚園の胸囲及び体重の相対成長について（予報）. 動物学雑誌, 54: 461-465.
9) 清水三雄 (1946): 人間の相対成長に関する研究. 北隆館.
10) Asmussen E and Nielson KH (1955): A dimensional analysis of physical performance and growth in boys. J App Physiol, 7, 593-603.
11) 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, 13: 189-194.
12) Masuda T, Komiya S (2004): A Prediction Equation for Total Body Water from Bioelectrical Impedance in Japanese Children. J Physiol Anthropol Appl Human Sci, 23, 35-39.
13) Shoeller DA (1989): Changes in total body water with age. Am J Clin Nutr, 50, 1176-1181.
14) 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.

15) 近藤充夫監修 (2003): 新版乳幼児の運動遊び. 建帛社, 204-208.

16) 穐丸武臣, 野中壽子, 花井忠征, 村瀬智彦, 藤井勝紀 (2002): 報告書Ⅰ愛知県における幼児の体格・運動能力発達に関する 30 年間の推移とその問題点(子育ての支援のために). 子どもの身体発達問題研究会, 1-51.

17) 中尾武平, 斉藤篤司, 大柿哲朗, 小宮秀一 (2011): 身長と体重の相対発育係数別にみた女児(2-5 歳)の発育・発達特性. 生理人類学誌, (印刷中).

18) 中尾武平, 大柿哲朗, 斉藤篤司, 小宮秀一 (2008): 日本人小児 (3-11 歳)の身体組成指数の検討. 健康科学, 30: 19-25.

19) 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, 293-298.

20) Rolland-Cachera MF, Deheeger M, Bellisle F, Sempe M, Guilloud-Bataille M and Patois E (1984): Adiposity rebound in children: a simple indicator for predicting obesity. Am J Clin Nutr, 39, 129-135.

21) 乙木幸道, 宮嶋郁恵, 小宮秀一 (2004): 小児前期と中期における Body Mass Index, 脂肪量指数および除脂肪量指数の変化. 学校保健研究, 46: 159-166.