

身長と除脂肪量の相対発育からみた幼児（2-5歳）の運動能力の性差

中尾武平¹⁾ 寺本圭輔²⁾ 村松愛梨奈³⁾
齊藤篤司⁴⁾ 大柿哲朗⁴⁾ 小宮秀一⁴⁾

1) 九州共立大学 2) 愛知教育大学 3) 愛知教育大学大学院 4) 九州大学

Gender differences in the motor ability determined by an allometry analysis
of 2 to 5-year-old Japanese children.

Takehira NAKAO¹⁾, Keisuke TERAMOTO²⁾, Erina MURAMATSU³⁾,
Atsushi SAITO⁴⁾, Tetsuro OGAKI⁴⁾ and Shuichi KOMIYA⁴⁾

1) Kyushu Kyoritsu University 2) Aichi University of Education

3) Graduate School of Aichi University of Education 4) Kyushu University

キーワード：アロメトリー，身体組成，運動能力

Key words：Allometry, Body Composition, Motor Ability

I. 緒言

現代の子ども達は、昔と比べて体格は大きく
なっているが、自身の身体を動かす基礎的な身
体能力が低下しているといわれている^{1,2)}。子
どもの体力・運動能力低下の原因は、塾通いなど学
校外の学習活動の増加や室内遊びの増加、外遊び
やスポーツ活動の時間の減少、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
の減少などとされており、早急な対策が求められ
ている^{3,4)}。このような議論の対象者は、文部科
学省の体力・運動能力調査報告書など⁵⁾で報告さ
れてきた小児期の児童である。しかし、このよう
な体力・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
能性もあり、幼児の運動能力に関する検討を行う
必要がある。しかし、これまで幼児期における形
態や身体組成については検討されてきているが、
身体組成と運動能力の発達に関して十分に検討が
なされていない。また、縦断的なデータを用いて、
この時期における身体組成と運動能力の発達に関
する性差について検討した研究は殆どない。

発育発達期の運動は、脳神経機構を育てる⁶⁾。
また、発育期に必要なと考えられる運動機能は、筋

力、敏捷性、柔軟性、平衡性、協応性・調整力な
どであり、これらの機能を刺激する身体活動は、
子どもの成長過程において健康に生活できるため
の基礎的体力を養うことにつながる⁷⁾。また、こ
れまで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
発達は、筋や骨を含む除脂肪量 (Fat-free mass;
FFM) を増大させ、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。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
ることが示唆されている⁸⁾。しかし、幼児期の子
どもの運動能力の発達に神経-筋協調能力を伴う
FFMあるいは体脂肪量 (Fat mass ; FM) 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。

本研究では、身体計測値相互間の関係を分析す
るアロメトリー⁹⁾を採用し、2歳から5歳までの
幼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、幼児期における身体組成の発育が運
動能力の発達にどのような影響を与えるか、また、
それらに性差があるかを明らかにすることを目的
とした。

II. 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）まで縦断的に実施された男児11名と女児21名を分析の対象とした。測定前に、まず各所属機関の先生に詳細な研究目的と測定内容の説明を行った。次に、保護者に対して説明を行い、保護者から同意の得られた幼児を研究の被験者とした。

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・デイ社製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Harpender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(2004)¹⁰⁾の式を用いて総体水分量を推定し、求められた総体水分量をSchoeller(1989)¹¹⁾の水和定数で除すことによって除脂肪量(FFM)を算出した。

総体水分量は、 $(TBW = 0.149 \times \text{インピーダンス指数} (\text{身長}^2 / \text{インピーダンス値, cm}^2 / \Omega) + 0.244 \times \text{体重 (kg)} + 0.460 \times \text{年齢(歳)} + 0.501 \times \text{性別(男児=1, 女児=0)} + 1.628)$ によって算出した。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以上離れ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。測定器に被験者のIDや年齢、性別、身長、体重を入力後、10Vp-p、50kHz、500 μ Aで定電流を印加し、身体のインピーダンス値(Ω)を求めた。体脂肪量(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)と同様の概念であるためVanItallieら(1990)¹²⁾の以下の式から算出した。

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

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

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

5. 運動能力の測定

運動能力は、東京教育大学幼児運動能力テスト項目¹³⁾である体支持持続時間、両足連続とび越し、25m走、テニスボール投げ、立ち幅跳びの5項目に開眼片足立ちを加えた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. 統計

結果は、全て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に伴う男女の変化の違いは、繰り返しのある二元配置分散分析を行い、有意な差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。有意水準は必ずしも5%未満($p < 0.05$)とした。

III. 結果

人体計測値と身体組成の平均値と標準偏差を性

Table 1. Anthropometric measurements and body composition by age and sex.

	2.5 yr	3.0 yr	3.5 yr	4.0 yr	4.5 yr	5.0 yr	5.5 yr	ANOVA
Boys (n=11)								
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	*
Subscapula-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	*
Supraliac-SF, mm	7.6 ± 2.5	8.0 ± 1.7	6.8 ± 2.1	6.5 ± 2.1	8.1 ± 2.5	8.5 ± 4.6	10.7 ± 5.6	*
Biceps-SF, mm	7.2 ± 1.3	6.5 ± 1.2	5.2 ± 0.7	5.7 ± 1.0	5.7 ± 1.2	5.6 ± 1.2	6.2 ± 2.3	*
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	*
%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	*
Girls (n=21)								
Age, yr	2.5 ± 0.5	3.2 ± 0.4	3.6 ± 0.5	4.2 ± 0.4	4.6 ± 0.5	5.2 ± 0.4	5.7 ± 0.5	*
Stature, cm	91.2 ± 3.1	96.4 ± 3.3	99.9 ± 3.4	103.5 ± 3.6	106.8 ± 3.9	110.3 ± 3.7	114.0 ± 4.1	*
Body mass, kg	13.10 ± 1.2	14.38 ± 1.4	15.20 ± 1.6	16.37 ± 1.8	17.51 ± 2.2	18.71 ± 2.6	20.08 ± 3.0#	*
Triceps-SF, mm	12.2 ± 2.1	12.1 ± 2.3	10.3 ± 2.0	12.0 ± 1.8	10.4 ± 2.1	12.0 ± 2.7	10.8 ± 3.1	*
Subscapula-SF, mm	7.0 ± 1.6	6.5 ± 1.9	6.0 ± 1.3	5.9 ± 1.1	6.4 ± 1.5	7.4 ± 2.5	6.9 ± 2.6	*
Supraliac-SF, mm	8.9 ± 2.5	9.4 ± 2.7	8.0 ± 2.4	7.9 ± 2.5	8.7 ± 3.1	9.6 ± 3.8	9.5 ± 4.0	*
Biceps-SF, mm	7.5 ± 1.8	7.3 ± 2.2	5.8 ± 1.5	6.3 ± 1.6	5.7 ± 1.6	5.3 ± 1.4	5.7 ± 1.9	*
BMI, kg/m ²	15.8 ± 1.1	15.4 ± 1.1	15.2 ± 1.1	15.3 ± 1.1	15.3 ± 1.2	15.3 ± 1.5	15.4 ± 1.4	*
%FM	15.6 ± 4.8	13.6 ± 4.6	13.5 ± 4.3	12.9 ± 5.0	9.4 ± 6.1	11.4 ± 5.7	12.2 ± 6.9	*

Significant level; # $p < 0.05$ vs boys, SF; skinfold thickness, Values are mean ± SD

別・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 ($p < 0.05$)。また全ての項目において、群間に主効果は認められなかった。BMIは男児が4.0歳、女児が3.5歳まで低下傾向を示し、その後、増大に転じた。全ての項目に交互作用は認められなかった。

図1に、加齢に伴うFFM, FM, FFMIおよびFMIの加齢変化を性別に示した。全ての項目において年齢に主効果が認められた ($p < 0.05$)。また、FFMおよびFMの群間に有意な主効果が認められ、FFMの4.5歳と5.5歳、FMの5.5歳において有意な差が認められ、男児の方が高値を示した。

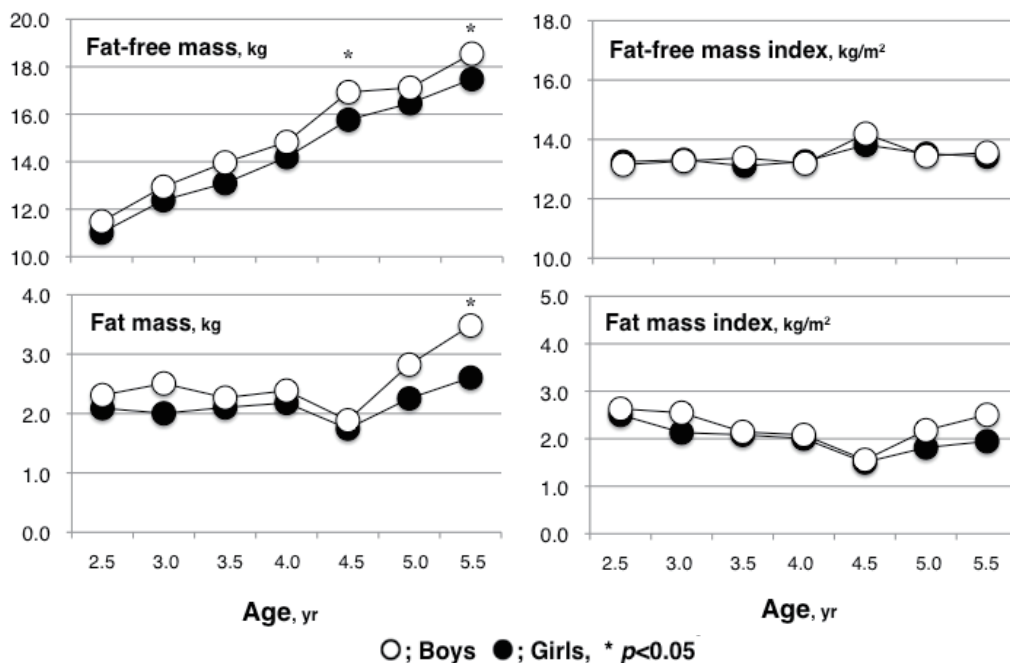


Fig 1. Comparison of the FFM, FM, FFMI and FMI by age and sex.

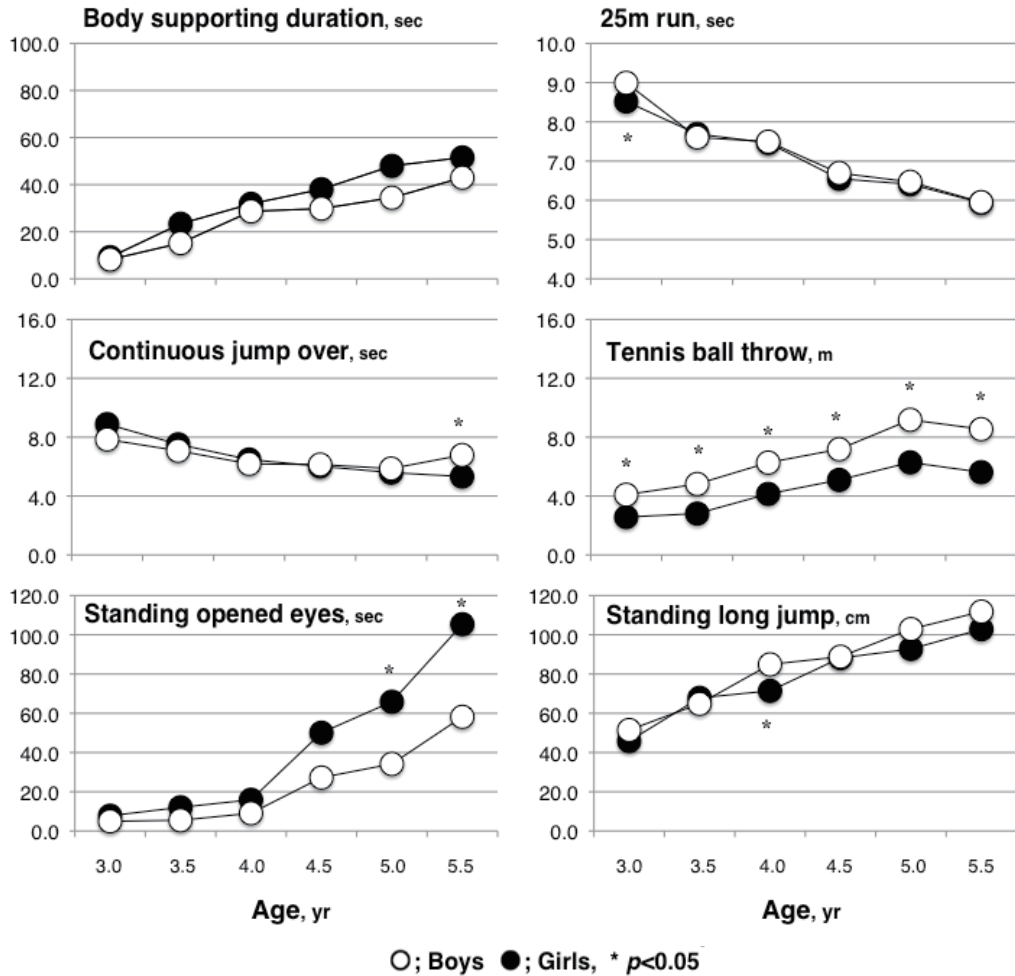


Fig 2. Development of the motor abilities by age and sex.

男女児ともFMおよびFMIは、4.5歳まで低下傾向を示し、その後、増大した。また、全ての項目に交互作用は認められなかった。

運動能力テスト項目の体支持持続時間、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性別に図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よる主効果が認められ、運動能力の顕著な発達が認められた (p<0.05)。また、群間に主効果が認められ、両足連続とび越しの5.5歳、開眼片足立ちの5.0歳と5.5歳、25m走の3.0歳、テニスボール投げの全年齢、立ち幅跳びの4.0歳において、有意な性差が認められた。また、両足連続と

び越しと立ち幅跳びを除く、全ての項目で交互作用は認められなかった。

図3は、性別にFFMI (x) とFMI (y) を身体組成チャートにプロットし、加齢による身体組成の変化を示したものである。男女児ともBMIは、15kg/m²から16kg/m²の範囲に収まる小さい変化を示すが、FFMIは、男女児ともに2.5歳から4.5歳まで急激に増大し、その後、低下した。一方、FMIは、2.5歳から4.5歳まで低下し、その後、増大に転じていた。

図4は、男女児の身長に対する体重、FFMおよびFMのアロメトリーを求めたものである。身長と体重の相対発育係数 α の平均値は男児2.01、

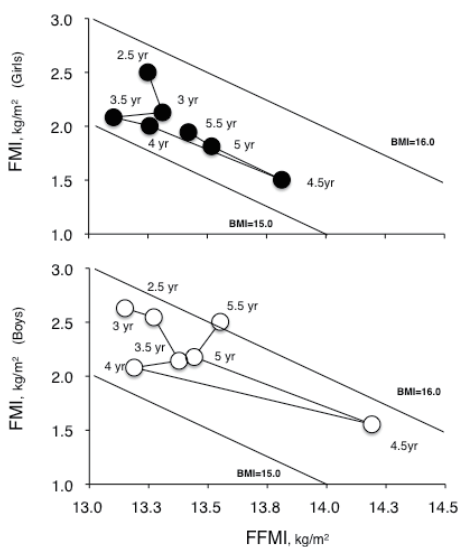


Fig 3. Changes in the fat-free mass index and fat mass index by sex.

女兒1.91で、単相で変位点は認められなかった。身長とFFMにおいても、 α 値の平均値は男児2.17、女兒2.12で、変移点が認められず、単相のアロメトリーを示した。身長とFMにおいては、 α 値の平均値は男女児とも複相を示し、男児が-1.69から9.29、女兒が-1.80から6.48に増大した。これら変移点にあたる年齢は、男女児ともに4.5歳から5.0歳であった。

図5は、FFM (x) と運動能力6項目 (y) の両対数値を男女別にプロットして、それぞれの直線性と変移点を確認し、最小自乗法によりアロメトリーを求めたものである。男児の体支持持続時間は、FFM約15kgで変移点が認められた。その変位点を境として、係数 α は8.933から2.024に低下した。女兒の体支持持続時間は、FFM約14kgで変移点が認められた。係数 α は変移点を境として、8.424から2.542に低下した。これらの変移点に相当する年齢は、男女児ともに3.5歳から4.0歳であった。また、その他の運動能力5項目(両足連続とび越し、開眼片足立ち、25m走、テニスボール投げ、立ち幅跳び)は、単相のアロメトリーを示した。

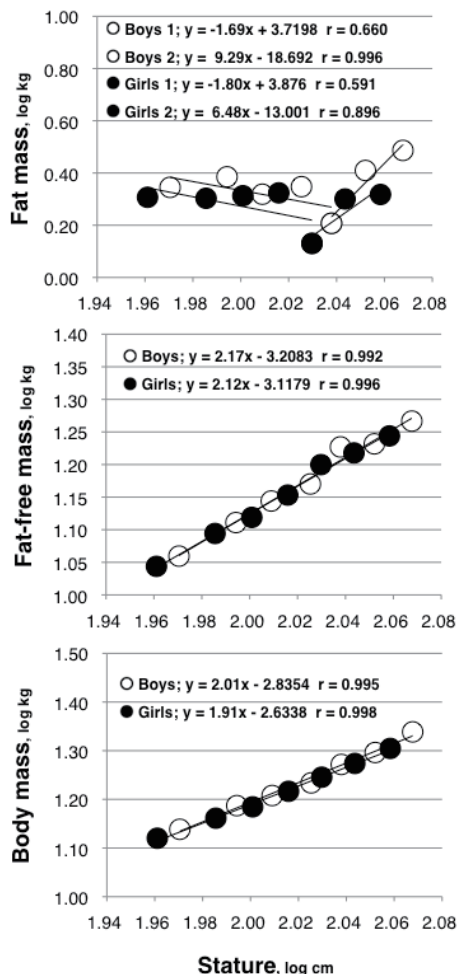


Fig 4. Development of the motor abilities in relation to stature by sex.

IV. 考察

本研究は、身体計測値相互間の関係から子どもの発育発達を分析するアロメトリー(相対発育)⁹⁾という評価法を用いて、幼児期における子どものFFMの発育が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。また、男女児の身長に対するFFMやFMの相対発育係数 α 値、身体組成に対する運動能力の発達に性差が認められるのかも検討した。

アロメトリーとは、発育系の全体または部分をx、他の部分をyとすると、それらの間に $y=bx^\alpha$ という関係が成立する指数関数関係のことであ

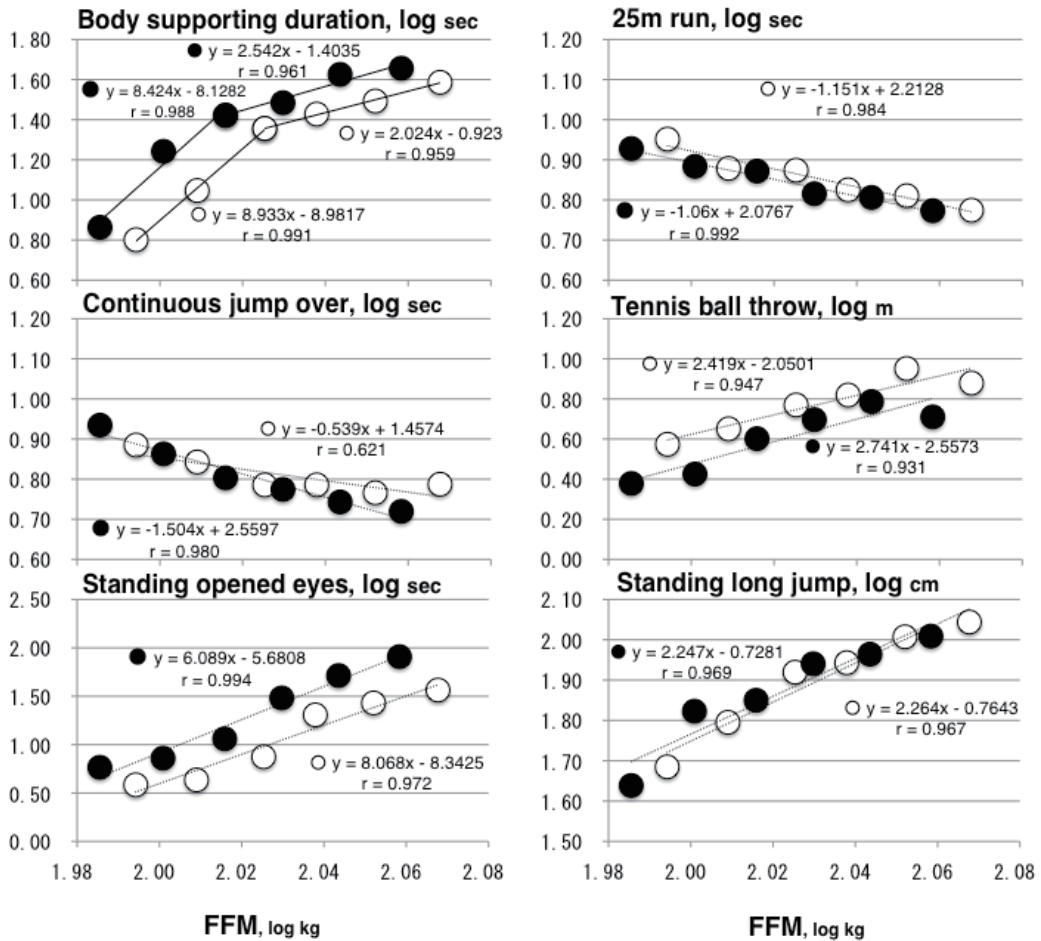


Fig 5. Development of the motor abilities in relation to fat-free mass by sex.

る^{14,15}。この両辺の対数をとると、 $\log y = a \log x + \log b$ となり、二変数 x 、 y の関係は一次関数で表され、身体の二つの測度から発育発達について検討することが可能となる。アロメトリーでは、この a が重要な意味を持っている。例えば、 $a > 1$ 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、 $a = 1$ の場合は、両者が等しく、 $a < 1$ の場合は逆となる。つまり、 $y =$ 体重、 $x =$ 身長とすると、 $a > 1$ の場合は、身長が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。

穂丸ら¹⁶は、愛知県の3歳前半から6歳前半までの保育園・幼稚園児4,233名の約30年にわたる身長と体重に関する横断的データを報告してい

る。これらの身長と体重の性別・年齢別平均値から、相対発育係数 a 値を算出すると男児1.88、女児1.86となる。また、4歳から5歳頃の乳幼児の身長と体重の相対発育係数 a 値を約70年前に明らかにした清水¹⁷は、男児が1.89から1.57、女児が1.93から1.62の範囲としている。本研究の2.5歳から5.5歳までの幼児の身長と体重の相対発育係数 a 値の平均値は、穂丸ら¹⁶と同様に、女児より男児が高い値を示し（男児:2.01、女児:1.91）、男児の相対発育係数 a 値は、穂丸ら¹⁶、清水¹⁷より高い値を示した。したがって、現代の幼児、特に男児においては、以前の幼児よりもわずかではあるが量育が著しくなっていると考えられる。また、本研究の身長とFFMの相対発育係数 a 値

は、男児2.17、女児2.12で、男女児とも同様の値を示した。これまで身長に対する除脂肪量の相対発育係数 α 値は報告されていない。したがって、FFMの発達スピードの変化を過去の幼児と比較することはできない。本研究における男女児の α 値の差は0.05で小さいことから、身長への伸びに対するFFMの発育スピードにはほとんど性差はないと考えられる。さらに、身長に対するFMの相対発育をみると、男女児ともに複相を示し、男女児ともに4.5歳から5.0歳を変移点として、男児は-1.69から9.29、女児は-1.80から6.48に増大している。身長とFMの相対発育係数 α 値についても過去とは比較できない。同一身長で男女児のFMを比較すると、幼児期のいずれの時期においても女児より男児で高い値を示していた。Chomthoら¹⁸⁾、Bootら¹⁹⁾、Taylorら²⁰⁾は、幼児のFMが男児より女児で高値であると報告しており、本研究の結果とは異なる。これは、本研究が暦年齢による評価でなく、生物学的な時間の尺度であるアロメトリー法を用いている評価法の違い、あるいは身体組成の推定法の相違が影響したものと考えられる。また、本研究における身長に対するFMの相対発育の変移点の出現年齢は、男女児ともに4.5歳から5歳の範囲であった。Rolland-Cacheraら²¹⁾は、1歳以降に減少するBMIが5-6歳頃に最下点を示し、その後上昇に転じる現象をAdipostiy rebound (AR)と呼んでいる。また、AR発現後は体脂肪成分が急上昇することも報告されている^{22,23)}。すなわち、本研究のBMIの加齢変化や身長とFMのアロメトリーにおける4.5歳から5.0歳の変移点の出現を考え合わせると、本研究の被験者においてもRolland-Cacheraら²¹⁾のいうAR発現が認められたと考えられる。

FFMIとFMIの加齢変化を身体組成チャート²⁴⁾でみると、男女児のBMI値は、 $15\text{kg}/\text{m}^2$ から $16\text{kg}/\text{m}^2$ の範囲で殆ど変化していないが、FFMIは、男女とも2.5歳から4.5歳にかけて増大し、その後5歳まで低下し、FMIは、FFMIとは対照的に全く逆の変化を示す。すなわち、この年齢における幼児は、男女児とも体格はほとんど変化しないが、身体組成は大きく変化し、2.5歳から4.5歳まではFFMIの増大、4.5歳以降はFMIが

増大している。そこで、FFMIの発育が、運動能力の発達にどのような影響を及ぼしているか検討した。随意運動の調節は、末梢神経の発達に影響される²⁵⁾。したがって、幼児期における運動能力の発達は、筋・神経を含む除脂肪量 (FFM) の発達と関連が深いことが推察される。本研究の結果、暦年齢で評価すると、両足連続とび越しの5.5歳、開眼片足立ちの5.0歳と5.5歳、25m走の3.0歳、テニスボール投げの全年齢、立ち幅跳びの4.0歳において有意な性差が認められたが、その他においては顕著な性差は認められなかった。しかし、アロメトリーを用いて、FFMの発育に対する運動能力の相対発達をみると、運動能力の発達の様相が男女で異なることが明らかとなった。例えば、FFMに対する両足連続とび越しの男児の相対発育係数 α 値は、-0.539であるのに対し、女児は、-1.504を示し、男児よりも運動能力の発達が顕著である。また、身長100cm (Stature, log cm = 2.0) の子どものFFMは、身長に対するFFMのアロメトリーから男女児ともに13.1kgと推定される。FFMが13.1kgの幼児の体支持持続時間をアロメトリーから求めると、男児の58.6秒に対して、女児では61.1秒と推定され、わずかに女児が優れた値を示している。一方、同様にアロメトリーからFFMが13.1kgのFMを算出すると、男児2.35kg、女児1.87kgであり、女児よりも男児が0.48kg高い値を示す。すなわち、FFMの発育に対する運動能力の発達は、FMの多い男児が劣っていることが明らかである。また、体支持持続時間 (筋持久力) は、FMIが低下し、FFMIが急増する2.5歳から4.5歳においては顕著な発達を示したのに対して、FMIが増大する4.5歳以降では、相対発育係数 α 値が顕著に低下した。したがって、日本人幼児の形態発育と運動機能の発育発達研究において、身体組成と運動機能との間、例えば、FMと体支持持続時間、FFMと両足連続とび越しなどの発育については、発育係数 α 値にも回帰直線にも著しい性差が認められる。これは、幼児期における身体組成の量的な変化が形態および機能発達の性差を規定する要因であると考えられる。しかし、本研究は、縦断的データを解析したものであるが、被験者の少なさを考えると、アロメト

リーの妥当性や運動能力の発達の性差などに疑問が残る。したがって、相対発育係数 α 値の一般化等については、大規模集団による長期縦断的な検討が必要である。

V. 結論

以上のことから、身長に対するFFMの相対発育係数 α 値は、男児2.17、女児2.12であり、性差は認められなかった。しかし、同一身長におけるFMの相対発育は、顕著な性差が認められ、男児で高い値を示した。また、幼児期の運動能力の発達は、男女児とも身体組成の発育に影響を受け、FMの増大により発達が抑制される可能性が示唆された。

VI. 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) 小宮秀一：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, 2007
- 2) 寺本圭輔, 中尾武平, 乙木幸道：日本人小児のBMI-パーセントイル値とその変動. 人間と生活環境 14 : 17-23, 2007
- 3) 仙田満：次世代育成環境の課題と展望—子どもを元気にする環境づくり—. 教育と医学 57 : 29-37, 2009
- 4) 丹 信介：発育期に必要な運動の質と量. 体育の科学 60 : 460-465, 2008
- 5) 文部科学省スポーツ・青少年局：平成21年度体力・運動能力調査報告書, 2010
- 6) 小林寛道：子どもにとってなぜ運動は必要か. 体育の科学 58 : 300-304, 2008
- 7) 村瀬智彦：幼児の体力・運動能力の科学, NAP, 2005
- 8) 中尾武平, 斉藤篤司, 大柿哲朗, ほか：

Allometryによる男児（2-5歳）の運動能力の発達特性. 健康科学（印刷中）

- 9) Asmussen E and Nielson KH : A dimensional analysis of physical performance and growth in boys. J App Physiol 7 : 593-603, 1955
- 10) Masuda T, Komiya S : A Prediction Equation for Total Body Water from Bioelectrical Impedance in Japanese Children. J Physiol Anthropol Appl Human Sci 23 : 35-39, 2004
- 11) Shoeller DA : Changes in total body water with age. Am J Clin Nutr 50 : 1176-1181, 1989
- 12) VanItallie TB, Yang M, Heymsfield SB, et al. : 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, 1990
- 13) 近藤充夫監修：新版乳幼児の運動遊び, 建帛社, 2003
- 14) Huxley JS and Tessier G : Terminology of relative growth. Nature 137 : 780-781, 1936
- 15) 木村邦彦：身長と体重の相対成長からみた個成長の変異. 東京教育大学体育学部紀要 9 : 77-88, 1970
- 16) 穂丸武臣, 野中壽子, 花井忠征, ほか：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, 2002
- 17) 清水三雄：人間の相対成長に関する研究, 北隆館, 1946
- 18) Chomtho S, Wells JC, Williams JE, et al. : Infant growth and later body composition: evidence from the 4-component model. Am J Clin Nutr 87 : 1776-1784, 2008
- 19) Boot AM, Bouquet J, Ridder MA, 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

- 20) Taylor RW, Gold E, Manning P, et al. : Gender differences in body fat content are present well before puberty. *Int J Obes* 21 : 1082-1084, 1997
- 21) Rolland-Cachera MF, Deheeger M, Bellisle F, et al. : Adiposity rebound in children: a simple indicator for predicting obesity. *Am J Clin Nutr* 39 : 129-135, 1984
- 22) Nakao T, Komiya S: 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, 2003
- 23) 中尾武平, 大柿哲朗, 齊藤篤司, ほか : 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, 2008
- 24) Wells JC : A Hattori chart analysis of body mass index in infants and children. *Int J Obes* 24 : 325-9, 2000
- 25) 浅野勝巳 : 運動生理学概論, 杏林書院, 2002