

## 発育・発達がスポーツパフォーマンスに及ぼす影響

### Effects of growth and development to sport performances in Japanese pubescent boys.

角田直也\*, 熊川大介\*\*, 手島貴範\*\*  
田中重陽\*, 岡田雅次\*\*\*, 青山利春\*\*\*

Naoya TSUNODA \*, Daisuke KUMAGAWA \*\*, Takanori TESHIMA \*\*  
Shigeharu TANAKA \*, Masaji OKADA \*\*\* and Toshiharu AOYAMA \*\*\*

#### I. プロジェクト課題と研究概要

##### 1. プロジェクト課題：

骨格筋の形態及び機能的特性に及ぼすスポーツ活動の影響を探る

##### 2. プロジェクト研究概要：

本プロジェクトではスポーツ競技力に及ぼす骨格筋の形態的発育と機能発達の関わりについて、1) 体幹における筋力発揮特性とスポーツ競技力との関係、2) 発育・発達がスポーツパフォーマンスに及ぼす影響、から検討した。即ち、1) の課題では、スポーツ競技選手の体幹の筋出力発揮特性が競技力にどのように関わっているかについて報告した。また、2) の課題については思春期、即ち第二次性徴期、とその前後の発育に伴う“投げる”、“蹴る”及び“滑る”等の運動能力の発達との関連性について数年間に亘り継続的に検討しており、本年度も国内外の学会等でその成果を報告している。

そこで、本報では、2) の研究課題について報告する。

#### II. プロジェクトの研究成果概要

##### I. 相対発育からみた投、蹴及び滑走能力の発達

##### 1. 緒言

身体を構成する器官、組織の量及びその機能は、子供から成人にかけて様々な発育様相を示す。スキヤモンの発育発達曲線によれば、脳や脊髄などの大きさを示す神経型の発育は、6歳までに成人のほぼ90%の発達を完成するという。また、角田<sup>10)</sup>や金久<sup>4)</sup>によると、男子の体肢骨格筋量(断面積)や筋出力は、約17歳まで年齢とともに発達し、それ以降では増加の度合いが減少することを報告している。さらに、投球速度や氷上滑走速度といった身体運動能力の発達について検討した田中<sup>11)</sup>や熊川<sup>8)</sup>の報告では、いずれの運動能力も16歳以降に有意な変化はみられない。

一方、暦年齢という時間的な因子ではなく、体内のある部分(x)を基準とする他の部分(y)の発育を表す方法として、アローメトリー式 $y=bx^a$ が主として用いられている。Asmussen<sup>1)</sup>は、生物学的年齢の指標である身長を基準として、身長と身体各部の発育が幾何学的な関係にあるものと仮定し、その理論値と実測値の比較を行なって

\* 国士舘大学体育学部身体運動学教室 (Lab. of Biodynamics and Human Performance, Faculty of Physical Education, Kokushikan University)

\*\* 国士舘大学大学院スポーツ・システム研究科院生 (Graduate school of Sport System, Kokushikan University)

\*\*\* 国士舘大学体育学部陸上競技研究室 (Lab. of track and field, Faculty of Physical Education, Kokushikan University)

いる。また、金久<sup>5)</sup>は同様の手法により男子の体筋断面積の相対発育について検討した結果、筋断面積と身長との関係はいずれの部位も2つの変移点を持つ3相の直線で表されるという。しかし、スポーツ選手の場合、競技特有のトレーニングを実施しており、そのトレーニング効果に特異性<sup>9)</sup>が存在することを考慮すると、競技パフォーマンスは種目によって異なる発達様相を示すことが考えられる。

そこで本研究では、身長を基準とした相対発育からみた投球能力、蹴球能力及び滑走能力の発達について検討することを目的とした。

## 2. 方法

### 1) 被検者

本研究の被検者は、10歳から19歳までの男子野球選手95名、10歳から17歳までの男子サッカー選手99名及び10歳から22歳までの男子スピードスケート選手121名の計315名を対象とした。全被検者とも年間を通じて各スポーツ種目のトレーニングを行っていた。測定に先立ち、各被検者には本研究の目的を説明するとともに、測定の内容とそ

の安全性について十分説明し、被検者及びその保護者から測定参加への任意による同意を得た。また、各スポーツ種目別に、身長130cmから170cm台までの被検者をそれぞれ10cm毎の群に分けた。各身長群における被検者数、平均年齢及び身体的特性については、Table. 1に示した。なお、被検者の身長を身長計により計測し、体重は身体組成測定装置 (TANITA社製) を用いて計測した。

### 2) 投球能力

投球能力の測定は野球選手を対象として行なった。投球速度は、Speed Gun (ミズノ社製) を用いて5mの距離で計測した。各被検者には十分なウォーミングアップの後、全力で3回投げるよう指示した。得られた最高速度から最大値を秒速に換算し、投球速度の個人値 (TV) として採用した。

### 3) 蹴球能力

蹴球能力の測定はサッカー選手を対象として行なった。被検者が蹴ったボールの速度は、Speed Gun (ミズノ社製) を用いて5mの距離で計測した。各被検者は任意の助走距離をとり、最大努力によるインステップキックを3回行わせた。得ら

Table. 1 Number of subjects and physical characteristics in body height groups.

	Groups	n	Age (yrs)	Body height (cm)	Body weight (kg)
Baseball player	130G	8	10.9±0.5	135.0±3.6	30.3±4.0
	140G	10	11.8±1.0	145.5±3.0	38.8±6.5
	150G	15	13.0±1.4	155.3±2.9	47.9±7.0
	160G	31	15.7±2.0	165.6±2.9	57.7±5.9
	170G	31	17.0±2.0	174.0±2.8	68.5±8.2
Soccer player	130G	7	10.6±0.7	134.7±2.5	29.6±2.5
	140G	21	12.0±0.9	145.6±3.2	38.0±7.8
	150G	22	13.3±1.3	154.7±3.1	44.4±5.7
	160G	33	14.5±1.5	165.3±3.1	52.3±5.1
	170G	16	16.0±1.1	173.2±2.7	62.0±4.8
Speed skater	130G	14	10.9±1.1	135.9±2.5	30.2±3.2
	140G	15	11.0±0.9	144.3±3.1	36.2±5.8
	150G	14	12.9±0.8	155.2±2.6	43.5±3.8
	160G	48	15.4±1.7	166.2±2.5	58.9±7.0
	170G	30	16.8±1.7	174.0±2.9	63.4±6.1

Values are mean ± S.D

れたボール速度のうち最高の値を測定値（KV）として採用した。

4) 滑走能力

滑走能力は、スピードスケート選手の氷上滑走能力を対象とした。各被検者の公式競技会で記録された500m最高記録を秒速に変換した平均滑走速度（SV）を採用した。

5) アローメトリー式の算出

アローメトリー式 $y=bx^a$ の算出については金久<sup>5)</sup>や森下<sup>8)</sup>の方法に従った。即ち、各身長群における測定値の平均値を両対数グラフ上にプロットし、その直線性を確かめ、次いで最小自乗法により直線式 $\log y = \log b + a \log x$ （身長をx）を求めた。また、複数の直線で両者の関係が表される場合には隣接する直線の交点を変移点とした。

3. 結果と論議

Fig. 1は、130Gから170GまでのTV、KV及びSVと身長との関係における係数aをそれぞれ示したものである。各項目と身長の関係における係数aは、TVで1.816、KVは1.565、SVでは1.258であった。アローメトリー式 $y=bx^a$ におけるbは直線の位置を示す値であり、発育・発達という観点か

らするとほとんど意味を持たない。一方、aは直線の勾配を表しており、発育速度の高低を示す係数（発育係数）とされている<sup>8)</sup>。従って、xとyが等速度で成長する場合には、 $a=1$ と表されることになる。また、yのほうがxより発育速度が速い場合には $a>1$ であり、 $a<1$ であればyのほうが速いことを意味する。本研究では、投球、蹴球及び滑走速度と身長のいずれの関係についても係数aが“1”を上回る結果であった。従って、これらの運動能力は身長が発育よりも速い速度で発達することが考えられる。一方、各運動間で比較すると、TVの係数aが最も高く、次いでKV及びSVの順に低くなる傾向を示した。この結果は、発育期に相当する男子は、身長に伴う運動能力の発達速度が、動作様式の違いにより異なることを意味するものである。即ち、氷上の滑走能力よりも陸上での投球及び蹴球能力の発達速度が速く、さらに下肢の動作が主となる蹴球能力よりも上肢を中心とした投球能力のほうが、発達速度において優位であることが考えられる。

Fig. 2は野球選手のTVを各身長群の平均値で両対数グラフに示したものである。TVと身長との関係は、1つの変移点をもつ2相の直線で表された。

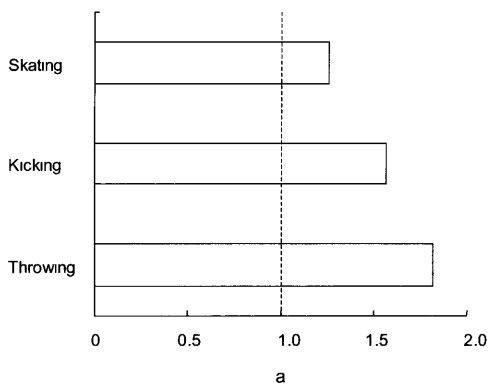


Fig. 1 The growth index a in relations between body height and skating, ball kicking and throwing velocities.

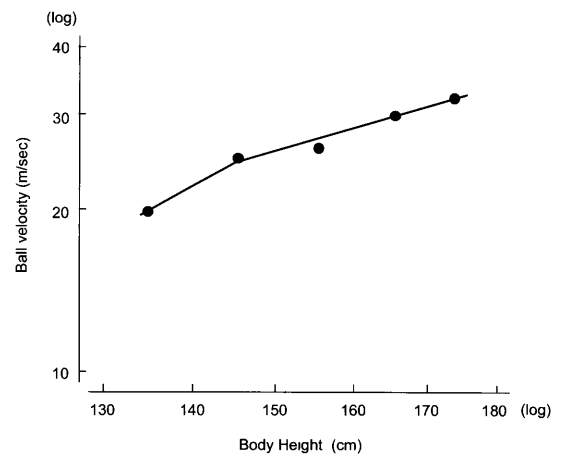


Fig. 2 The relationships between throwing velocity and body height in baseball players.

変移点に相当する身長は144.6cmであった。また、係数aは変移点を境として2.976から1.514に減少した (Fig. 3)。この結果は、身長144.6cmを区切りとして身長に対する投球能力の発達度合いが異なることを意味するものである。石田<sup>3)</sup>は、身長が140cmから150cmに相当する時期では、投球速度の増大が一時停滞する傾向が見受けられることを指摘している。本研究の結果は石田の指摘する身長範囲内で変移点が認められ、その後の係数aは低い値を示している。さらにFleisig<sup>2)</sup>は、少年でもプロ選手に類似した運動学的要素を体得できることを指摘している。従って、以上の点を考慮すれば、投動作は成長段階の早い時期においてほぼ完成型に近い動作を身につけるであろうことが推察される。

また、Fig. 4はサッカー選手におけるTVと身長との関係について、それぞれの平均値を対数表示でプロットしたものである。また、両者の関係における変移点とアローメトリー式の係数aは、Fig. 5に示した。身長とTVの関係は、投球速度の場合と同様に1つの変異点をもつ2相の直線で表された。しかしながら、係数aは身長約154.8cmを境に、1.115から2.129に増加した。また、変移点に相当する年齢は約13歳であり、この年齢は一般的に男子の第二次性徴期に相当する時期と考えられ、身体の諸形態及び機能の発達が著しい時期であると考えられる。身体組成とボールキック能力の関係について検討したLuthanen<sup>7)</sup>は、身長及び体重とボール速度との間には有意な相関関係が存在することを報告している。従って本研究の結果から、サッカー選手における蹴球能力は、生物学的発育に伴って発達することが確認され、さらに第二次性徴期(身長約154cm)を境にその発育速度が増加することが考えられる。

一方、Fig. 6は、各身長群におけるSVの平均値を両対数グラフ上にプロットしたものである。身長とSVの関係は、2箇所の変移点を含む3相の直線で表された。第1変移点に相当する身長は144.0cmであり、第2変移点は身長167.5cmで認め

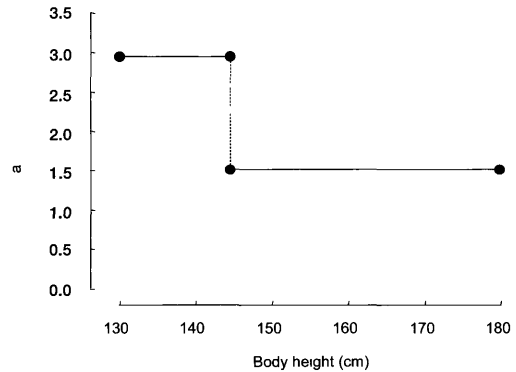


Fig. 3 The changes of index a in throwing velocity with body height in baseball players.

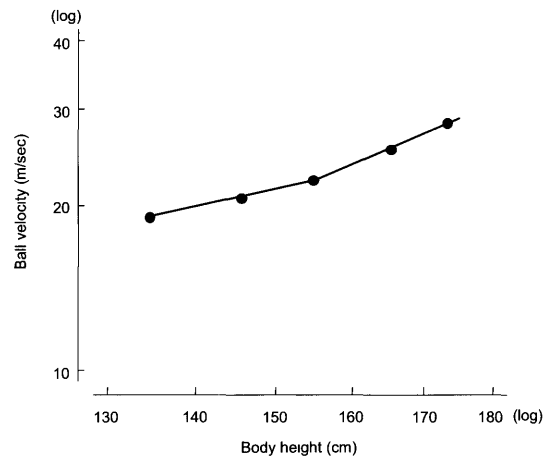


Fig. 4 The relationships between kicked ball velocity and body height in male speed skaters.

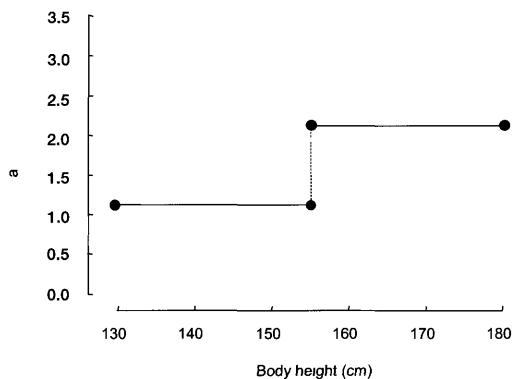


Fig. 5 The changes of index a in kicked ball velocity with body height in soccer players.

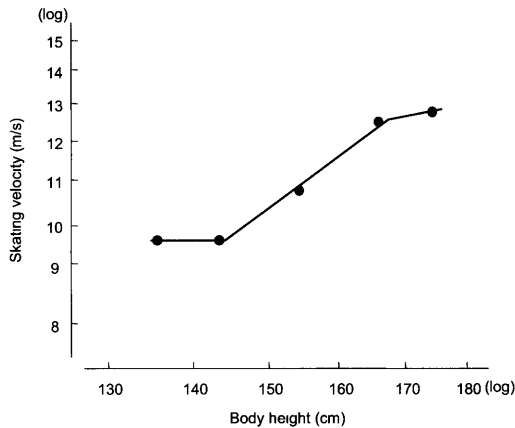


Fig. 6 The relationships between skating velocity and body height in speed skaters.

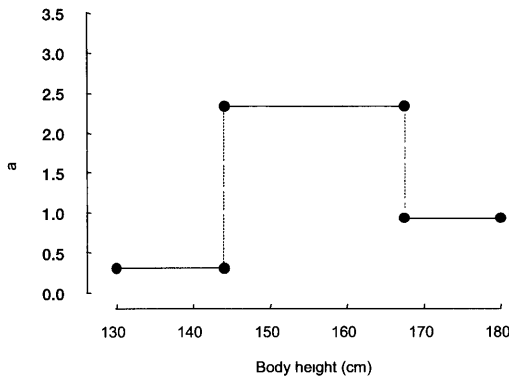


Fig. 7 The changes of index a in skating velocity with body height in speed skaters.

られた。また、係数aは第1変移点を境に-0.200から1.826に増加するが、第2変移点以降では0.424に減少した (Fig. 7)。日本人男子における体肢筋断面面積の相対発育について検討した金久<sup>5)</sup>の報告によれば、筋断面面積と身長との関係における係数aが最も高い値を示した身長区間は、152.1~153.2 cmから163.1cm~165.9cmの範囲であったという。本研究のスピードスケート滑走能力をみると、第1変移点が先の報告よりも約9 cm低い身長で認められている。このことは、氷上滑走能力の急増期が筋形態のそれよりも早い段階で開始することを

示している。即ち、競技能力が体力的要素と技術的要素で構成されるものと考えた場合、成長期の比較的早い段階では、滑走能力に及ぼす体力的要素の影響が小さいことが考えられる。

#### 4. 要約

本研究では、身長を基準とした相対発育からみた投球能力、蹴球能力及び滑走能力の発達について検討し、その発育速度及び変移点を明らかにした。

その結果は次のとおりであった。

- 1) 身長130cmから170cmまでの発育速度は動作様式の違いにより異なり、投能力が最も速く、次いで蹴球能力及び滑走能力の順に遅くなることが明らかとなった。
- 2) 野球選手における投球能力と身長との関係は1つの変移点をもつ2相の直線で表され、係数aは144.6cmを区切りとして2.976から1.514に減少した。
- 3) 身長と蹴球能力との関係は、1つの変異点をもつ2相の直線で表され、変異点に相当する身長は154.8cmであり、係数aは1.115から2.129に増加した。
- 4) スピードスケート滑走能力と身長との関係は、2箇所の変移点を含む3相の直線で表され、係数aが最も高い値を示した身長区間は144.0cmから167.5cmであった。

本研究は、国士舘大学体育学部付属体育学研究所の2005年度研究助成によって実施した。

#### 引用・参考文献

- 1) Asmussen E and Heeboll-Nielsen K (1955). A dimensional analysis of physical performance and growth in boys. *J Appl Physiol* 7(6): 593-603.
- 2) Fleisig G S, Barrentine SW, Zheng N, Escamilla RF, Andrews JR (1999). Kinematic and kinetic comparison of baseball pitching among various level of development. *J Biomechanics* 32: 1371-1375.
- 3) 石田和之 (2003). 子どもの投動作の発達. 子どもと発育発達 1(5): 316-319

- 4) 金久博昭, 福永哲夫, 角田直也, 池川繁樹 (1985). 発育期青少年の単位断面積あたりの筋力. 体力科学 **34**: 71-78.
- 5) 金久博昭, 角田直也, 池川繁樹, 福永哲夫 (1989). 相対発育からみた日本人青少年の筋断面積. 人類学雑誌 **97(1)**: 63-70
- 6) 熊川大介, 角田直也 (2004). スピードスケート選手の発育発達に伴う筋形態と機能的特性が滑走能力に及ぼす影響. 子どもと発育発達 **2(1)**: 65-68
- 7) Luhtanen, P (1988). Kinematics and kinetics of maximal instep kicking in junior soccer players. *Science and Football*: 441-448.
- 8) 森下はるみ (1966). 日本人青少年の形態発育と機能発育の解析的研究. 体育学研究 **11**: 47-58
- 9) Sale D and MacDougall D (1981). Specificity in strength training: a review for the coach and athlete. *Can J Appl Sport Sci* **6(2)**: 87-92.
- 10) 角田直也 (1990). 体肢の皮下脂肪、筋及び骨断面積の年齢的差異と性差. 東京医科大学雑誌 **48(5)**: 570-583
- 11) 田中重陽, 角田直也 (2004). 野球選手の発育・発達に伴う投球能力. 子どもと発育発達 **1(6)**: 432-435