

児童・青少年期における身体的発育・発達曲線に関する解析

男子についての解析

Analysis regarding Physical Growth and development Curve

during School Children and Adolescence

— Analysis in boys —

田 中 望¹⁾ 藤 井 勝 紀²⁾
Nozomi TANAKA Katsunori FUJII

ABSTRACT In the present study, annual change of physical growth and development was examined during school age. Based on the records of the physique (height, weight, sitting height, leg length), physical strength and motor ability (grip strength, side step, trunk bending, sit-up, 50m dash, standing long jump and handball throwing) announced by Ministry of Education, Science and Technology every year, the wave let interpolation method was applied to cross-sectional data from 6 to 17 years in 2000 and 2005. As the results, the growth distance and velocity curves were analyzed in the physique. In physical strength and motor ability, the developmental distance and velocity curves were also analyzed, and the change of physical strength and motor ability with age was examined. With judging from the growth velocity curve of physique, the growth velocities in leg length was the fastest among the physique in both 2000 and 2005. Moreover, the age at MPV of leg length was also the earliest, and that of sitting height was the latest in 2000. It was shown that MPV of physical strength and motor ability appeared after MPV of height.

緒 言

我が国では学校保健統計調査なるシステムがあり、通常、小学校に入学すると、1年に1回健康診断が実施される。この健康診断に身長、体重、胸囲、座高の形態計測が含まれている。この制度は明治時代から実施されており、形態計測は明治33年から継続されている。この間、学校保健法施行規則の改正により、平成7年度からは胸囲計測が削除された。また体力・運動能力については、文部科学省による新体力測定の実施が平成10年度の試行を含めて11年度から正式にスタートしている。現在、文部科学省が実施している体力・運動能力調査は毎年報告されているが、周知のように、この調査は東京オリンピック開催の昭和39年(1964年)から開始されている。これは昭和36年(1961年)に成立した「スポーツ

振興法」に基づいて、保健体育審議会が答申したスポーツテスト(昭和38年)を基に実施された。もちろん、このスポーツテストのねらいはスポーツの発展と国民の体力の向上である。開始された当初は12歳以上(中学生以上)の生徒および29歳までの一般勤労青少年が対象とされた。テスト項目は体力を構成する基礎的要因を測定する体力診断テスト{反復横跳び(敏捷性)、垂直跳び(瞬発力)、背筋力(筋力)、握力(筋力)、上体そらし(柔軟性)、立位体前屈(柔軟性)、踏み台昇降運動(全身持久力)}、基礎的運動能力を測定する運動能力テスト{50m走(疾走能力)、走り幅跳び(跳躍能力)、ハンドボール投げ(投てき力)、懸垂腕屈伸(懸垂能力)、1500m走(持久走能力)}から構成されている。開始された翌年(1965年)には小学生の高学年(5、6年生)が対象に加わり、昭和42年(1967年)には30歳以上59歳が対象となる壮年体力テストが新たに導入された。さらに、昭和58年(1983年)には小学校低学年・中学年運動能力テストが加わった。そして、体力・運動能力調査の結果

1) 愛知工業大学非常勤講師

2) 愛知工業大学大学院経営情報科学研究科

は毎年実施された翌年の「体育の日」に公表されている。

このような統計調査は世界に類を見ない大変貴重な制度であり、西嶋¹²⁾はこのような統計調査をもとに児童・青少年の体力低下を検討している。確かに、1980年から85年をピークに体力の低下が示され、現在でもその歯止めは掛かっているようである。このような問題は西嶋¹²⁾以外にも青山³⁾、加賀谷⁴⁾、脇田⁵⁾によっても検討されている。八田⁷⁾、佐々木⁸⁾、松元⁹⁾は大学生の体力の年次推移を検討し、テスト項目によっては停滞傾向もあるが、全般的には1985年以降低下傾向にあることを指摘している。

しかし一方で、体格の経年変化も報告されており、特に平成17年度(2005年度)学校保健統計調査によれば、身長のおもむき足の長さの割合が、親の世代に当たる30年前高校生より小さい「胴長」の傾向が、特に男子高校生において拡大していると報告された。もちろん体格は体力・運動能力の低下傾向に対しては向上傾向にあるといえる。体格の年次推移による向上傾向は世界的な規模で認められており、Tanner¹⁰⁾はヨーロッパでは1900年から現在(1975年頃)までは、5歳から7歳までの子どもでは、10年で1~2cm伸びており、アメリカ、カナダ、オーストラリアでもほぼ同じ推移を示すと述べている。また、成人身長の年次推移について、Tanner¹⁰⁾はヨーロッパでは1980年以降、10年に約1cm伸び、この傾向は子どもよりも小さいと述べている。我が国でも、川畑¹¹⁾、松浦¹²⁾による戦後の発育加速化現象を解析した報告があるが、体格の向上傾向は1950年後半には戦前の状態に追いついたとして、さらにこのCatch-up現象が終了しても、体格の向上傾向は続いており、現在でも向上傾向がみられることを指摘している。

つまり、体格は経年的に向上傾向を示し、体力・運動能力は低下傾向を示すという身体的な不均衡がみられることになる。しかしながら、この構図はそれぞれの年齢時点での体格、体力・運動能力測定値の経年変化を解析した結果であり、発育・発達年次変化を解析したわけではない。身体的バランスは発育・発達の成就によって決定される。したがって、加齢による体格、体力・運動能力における縦断変化の構図を検証しない限り、体格の向上と体力・運動能力の低下という、相反する構図の本質的な検証にはならないであろう。しかし、文部科学省における解析においても、素データによる発達グラフは描かれているが、その曲線を客観的に解析したものはない。そこで本研究は、文部科学省による新体力テストが導入され安定してきた平成12年度(2000年度)と平成17年度(2005年度)の両年度における体力・運動能力調査結果を基に、それら横断的な発達データに対してウェーブレット補間法を適用し、加齢による体力・運動能力の変化構図を解析した。また、同年度における体格の発育データに対しても同様にウェーブレット補間法を適用し、体格の発育曲線および速度曲線を解析し、体力・運動能力の発達曲線および速度曲線

の解析を交えながらそれぞれの身体的発育・発達の特徴を検証する。

方法

1. 対象

対象データは、平成12年(2000年度)と平成17年度(2005年)に文部科学省から公表された体格項目(身長、体重、座高、下肢長)と体力・運動能力項目(握力、反復横跳び、長座体前屈、上体起こし、50m走、立ち幅跳び、ハンドボール投げ)のデータである。そのデータから小学1年生(6歳)から高校3年生(17歳)まで1年ごとのデータを使用した。但し、下肢長は当該学年の平均身長から平均座高を引いた数値を用いた。

2. 解析手法

ウェーブレット補間法(Wavelet Interpolation Method : WIM)に関する理論的背景やその有効性は、藤井の先行研究¹³⁾¹⁴⁾¹⁵⁾¹⁶⁾¹⁷⁾¹⁸⁾¹⁹⁾で述べてあるので、本項ではウェーブレット補間法による横断的発育データの解析アルゴリズムについて述べる。

小学1年から高校3年における年齢軸(t)に、6歳から17歳までの1年間ごとの測定年齢を、6, 7, 8, 9, 10, …, 17歳とし、縦軸(y)は、各測定年齢時{t_i : i=6, 7, 8, …, 17}における体格項目(身長、体重、座高、下肢長)および体力・運動能力項目(握力、反復横跳び、長座体前屈、上体起こし、50m走、立ち幅跳び、ハンドボール投げ)の発育現量値を表す。

以上の設定によって、12個の時系列データ{(t_i, y_i) : i=6, 7, 8, 9, …, 17}が与えられている時、発育曲線y=F(t)とFの一次導関数f(t)の近似曲線は、ウェーブレット係数a_{j,k}, kを以下の連立方程式から求めることにより導かれる。

条件を満たす整数の組(j, k)は、(j, k)=(j₁, k₁), …, (j_{n1}, k_{n2})のようにとり、j, kの任意の組み合わせによる以下の連立方程式を決定する。但し、j, kは次の条件を満たすものとする。

$$J \leq P(Pは-1または0)、-10 \leq k \leq 10とす。$$

$$y_i = \sum_{j,k}^{n1,n2} a_{j,k} \varphi(2^j t_i - k)$$

.....

$$y_n = \sum_{j,k}^{n1,n2} a_{j,k} \varphi(2^j t_n - k)$$

以上で求めたウェーブレット係数{a_{j,k}; j, k}を以下の式に代入し、Fとfの近似関数y=Fn(t)とy=fn(t)のグラフをコンピュータで描く。

$$F_n(t) = \sum_{j,k}^{n1,r2} a_{j,k} \varphi(2^j t - k)$$

$$f_n(t) = \sum_{j,k}^{n1,r2} 2^j a_{j,k} \varphi'(2^j t - k)$$

以上のアルゴリズムが、児童・青少年期における6歳から17歳までの体格項目(身長、体重、座高、下肢長)および体力・運動能力項目(握力、反復横跳び、長座体前屈、上体起こし、50m走、立ち幅跳び、ハンドボール投げ)の横断的平均発育・発達現量値に適用される。

3. 解析の手続き

- 1) 男子児童・青少年の平成12年度(2000年度)と平成17年度(2005年度)における体格(身長、体重、座高、下肢長)と体力・運動能力(握力、反復横跳び、長座体前屈、上体起こし、50m走、立ち幅跳び、ハンドボール投げ)のデータに対して6歳から17歳まで、1歳刻みでウェーブレット補間法を適用する。
- 2) 6歳から17歳までの体格、体力・運動能力の発育・発達現量値曲線を微分して得られた速度曲線から最大発育・発達速度(Maximum Peak Velocity: MPV)年齢およびMPVを求める。
- 3) 体格、体力・運動能力の速度曲線を解析し、MPV以外の局所的極大速度(local peak velocity: LPV)の出現状態も含めて解析する。
- 4) 平成12年度(2000年度)と平成17年度(2005年度)における体格、体力・運動能力のMPVの出現状態を解析し、その順序性および発育・発達の特徴について検証する。

結果

1. 児童・青少年における体格の発育

1) 体格の発育

Fig 1-1、1-2は平成12年度(2000年度)および平成17年度(2005年度)のそれぞれにおける身長発育グラフである。身長はスキャモンの発育曲線から分類すれば一般型に属する。一般型はシグモイドと呼ばれるS字状の曲線を示すことで知られている。シグモイド曲線の特徴は仮に微分曲線を導けば山形の曲線を描くことにある。ここに示された身長発育グラフをみると、現量値曲線は漸次増加を示し、特に顕著なシグモイド型を示しているわけではないが、発育速度曲線には、最大値を示すピークが現れている。このピークは最大発育速度(PHV: Peak Height Velocity)、またはMPV(Maximum Peak Velocity)と呼ばれている。ここに示された身長発育速度曲線からMPVを特定すると、平成12年度(2000年度)では、MPV年齢は11.7歳に出現し、その時点でのMPVは7.78 cm/yr

であった。平成17年度(2005年度)では、MPV年齢は12.0歳に出現し、その時点でのMPVは7.74 cm/yrであった。

Fig 2-1、2-2は体重発育である。身長の場合と同様に発育速度曲線をみると、平成12年度(2000年度)では、MPV年齢は11.6歳、MPVは6.24 kg/yrであった。平成17年度(2005年度)では、MPV年齢は11.7歳、MPVは6.06 kg/yrであった。体重発育においても思春期における急増現象がMPVとして存在することが明白に示された。

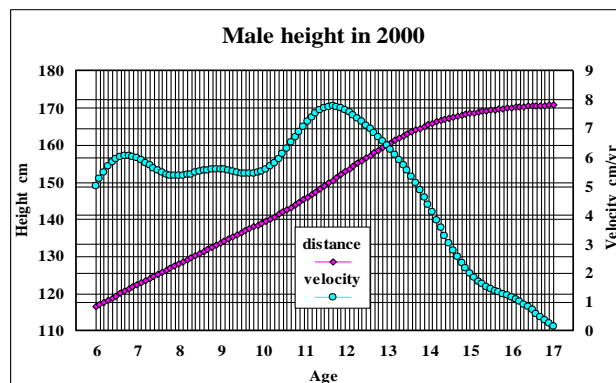


Fig 1-1 Growth distance and velocity curve from 6 to 17 years of boy's height in 2000

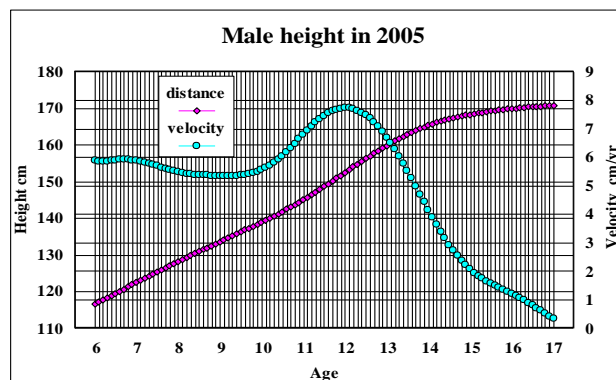


Fig 1-2 Growth distance and velocity curve from 6 to 17 years of boy's height in 2005

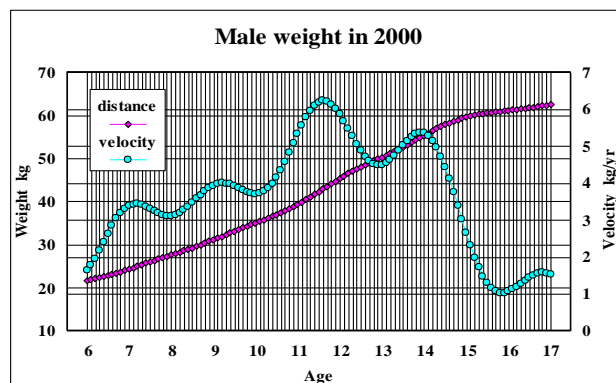


Fig 2-1 Growth distance and velocity curve from 6 to 17 years of boy's weight in 2000

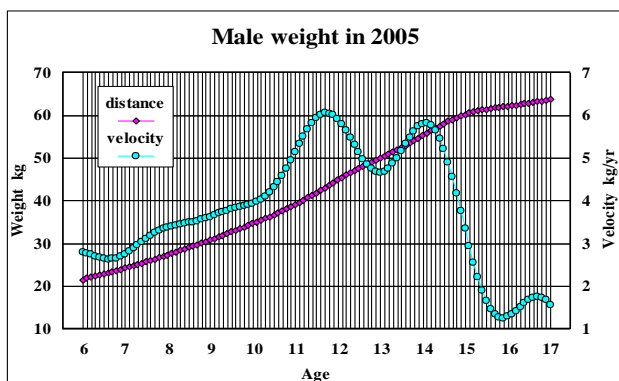


Fig 2-2 Growth distance and velocity curve from 6 to 17 years of boy's weight in 2005

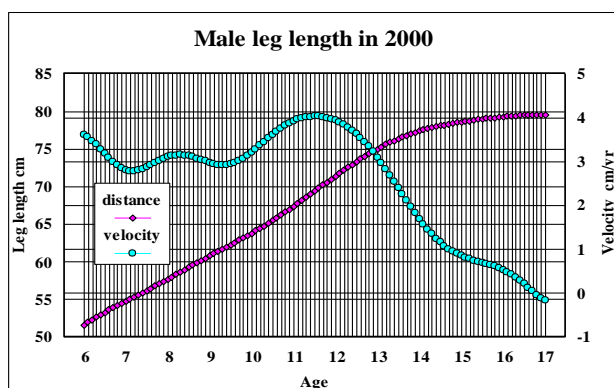


Fig 4-1 Growth distance and velocity curve from 6 to 17 years of boy's leg length in 2000

Fig 3-1、3-2 は座高発育である。平成 12 年度(2000 年度)では座高の MPV 年齢は 11.8 歳、MPV は 3.76 cm/yr であった。平成 17 年度(2005 年度)では座高の MPV 年齢は 12.0 歳、MPV は 3.90 cm/yr であった。ここでは、座高の MPV 年齢は身長

の MPV 年齢より遅く出現することが示された。
Fig 4-1、4-2 は下肢長の発育である。下肢長は学校保健統計調査に示された身長

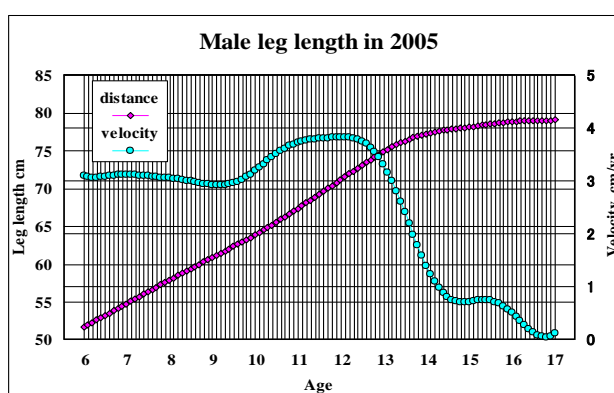


Fig 4-2 Growth distance and velocity curve from 6 to 17 years of boy's leg length in 2005

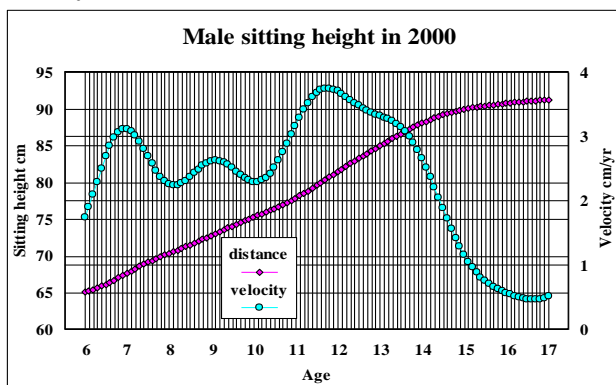


Fig 3-1 Growth distance and velocity curve from 6 to 17 years of boy's sitting height in 2000

のデータから座高を引いた数値を採用している。平成 12 年度(2000 年度)では下肢長の MPV 年齢は 11.5 歳、MPV は 4.03 cm/yr であった。平成 17 年度(2005 年度)では下肢長の MPV 年齢 12.0 歳、MPV は 3.84 cm/yr であった。
Fig 5-1、5-2 は BMI の加齢変化である。両年度ともに現量値曲線では、6 歳の平均値である約 16 から 17 歳の平均値である約 21 まで増大する傾向を示した。加齢変化速度曲線から、平成 12 年度(2000 年度)では MPV というより、局所的なピークが複数個出現している様子であった。平成 17 年度(2005 年度)では、7 歳頃から局所的なピークがいくつかみられるが、思春期の時期により大きなピークが出現しており、これは MPV であると考えられる。MPV 年齢は 14.2 歳、MPV は 1.18(kg/m²)/yr であった。

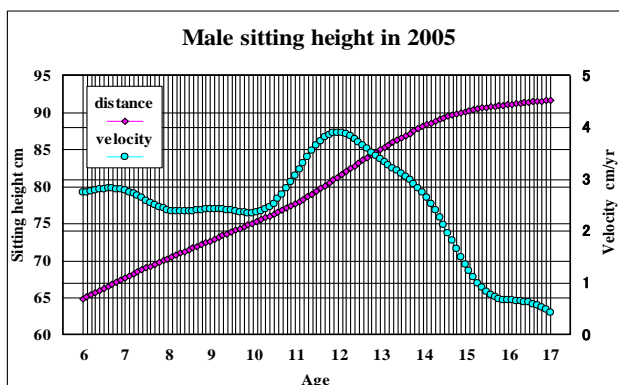


Fig 3-2 Growth distance and velocity curve from 6 to 17 years of boy's sitting height in 2005

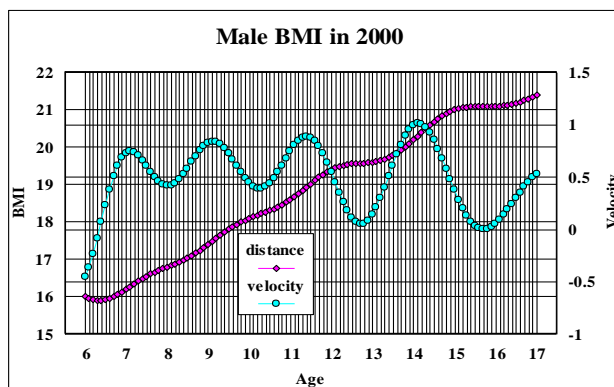


Fig 5-1 Growth distance and velocity curve from 6 to 17 years of boy's BMI in 2000

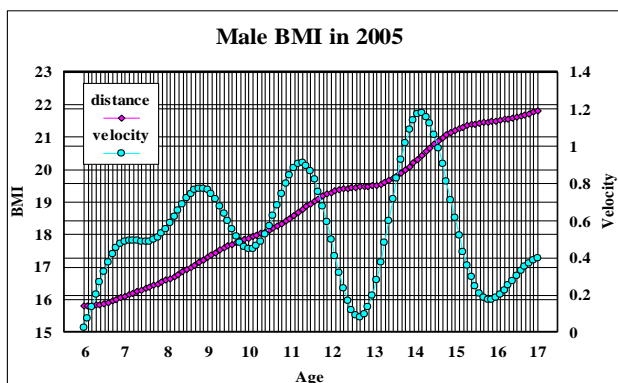


Fig 5-2 Growth distance and velocity curve from 6 to 17 years of boy's BMI in 2005

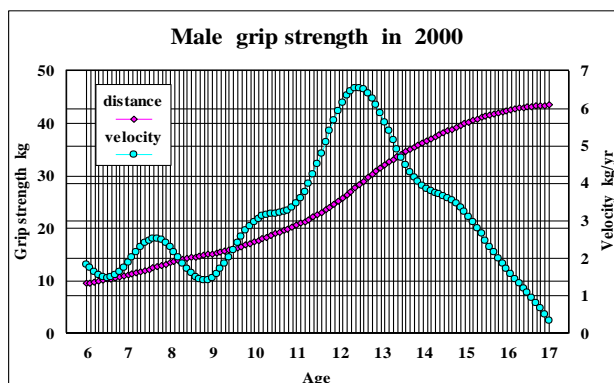


Fig 6-1 Growth distance and velocity curve from 6 to 17 years of boy's grip strength in 2000

2) 体格発育の順序性

Table 1 は身長、体重、座高、下肢長の MPV 年齢と MPV を示したものである。これによると、両年度とも長育では下肢長、身長、座高の順で発育速度が遅くなるが、この表に示されているように、体重を含めると少し様子が異なる。つまり、平成 12 年度(2000 年度)では、下肢長、体重、身長、座高の順で MPV 年齢が遅くなり、平成 17 年度(2005 年度)では体重の MPV 年齢が早く出現し、体重以外はほぼ同じ MPV 年齢であった。

	Male			
	2000		2005	
	Age at MPV	MPV	Age at MPV	MPV
Height	11.7	7.78	12.0	7.74
Weight	11.6	6.24	11.7	6.06
Sitting height	11.8	3.76	12.0	3.90
Leg length	11.5	4.03	12.0	3.84
BMI			14.2	1.18

Table 1 Age at MPV and MPV of boy's physique in 2000 and 2005

2. 児童・青少年期における体力・運動能力の発達

1) 体力項目の発達

Fig 6-1、6-2 は平成 12 年度(2000 年度)と平成 17 年度(2005 年度)の握力の 6 歳から 17 歳までの発達グラフである。握力では、発達現量値曲線はシグモイド状の増大傾向を示している。発達速度曲線を見ると、思春期におけるピークを示す MPV が出現している。MPV 年齢を特定してみると、平成 12 年度(2000 年度)では 12.5 歳、MPV は 6.55kg/yr、平成 17 年度(2005 年度)では 12.7 歳、MPV は 6.78kg/yr であった。この年齢を身長の MPV 年齢と比べると、平成 12 年度(2000 年度)では身長の MPV 年齢の 0.8 歳後に、平成 17 年度(2005 年度)では 0.5 歳後に握力の MPV が出現していた。両年度から判断すると、握力の MPV 年齢は身長の MPV 年齢の後に出現することが示された。

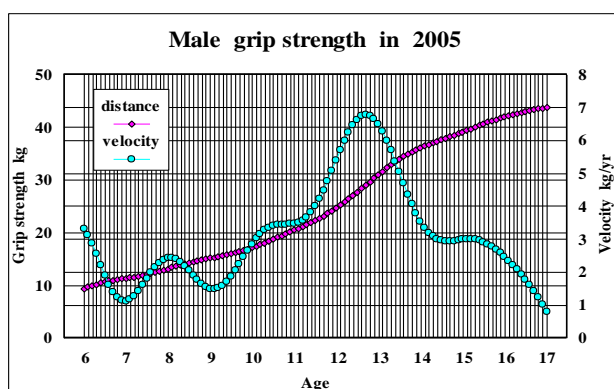


Fig 6-2 Growth distance and velocity curve from 6 to 17 years of boy's grip strength in 2005

Fig 7-1、7-2 は反復横跳びの発達曲線グラフである。平成 12 年度(2000 年度)、平成 17 年度(2005 年度)の発達現量値曲線を見ると、両年度とも直線的な増加の傾向を示す。発達速度曲線を見ると、小学校の低学年から思春期にかけて局所的な速度の増大現象がいくつか示されている。そして、身長の場合のように思春期に速度のピークが示されているが、小学校の低学年と比較的早い時期からいくつかの発達速度のピークがあり、その後、速度の増大は示されず、現量値は 17 歳までほぼ一貫した増加を示した。つまり、両年度において反復横跳びの MPV は認められなかった。

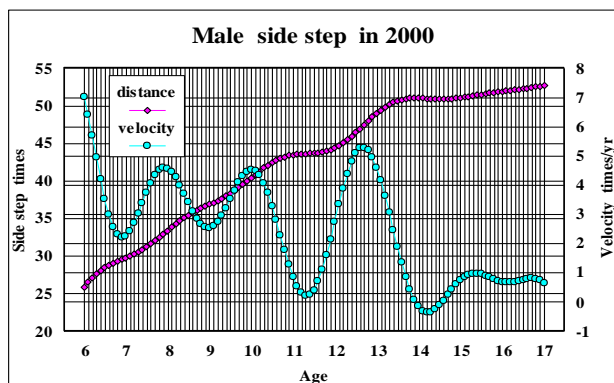


Fig 7-1 Growth distance and velocity curve from 6 to 17 years of boy's side step in 2000

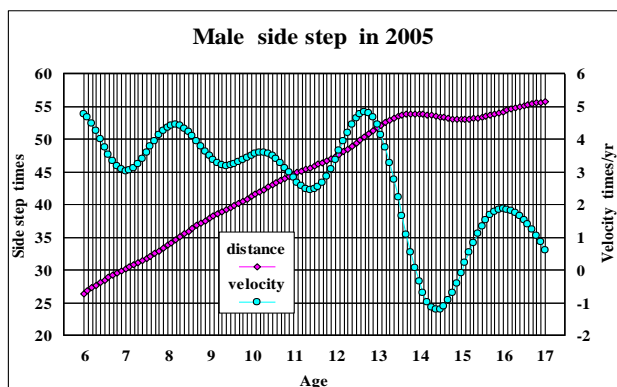


Fig 7-2 Growth distance and velocity curve from 6 to 17 years of boy's side step in 2005

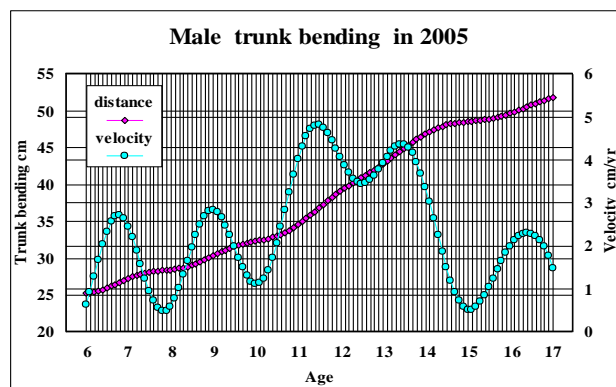


Fig 8-2 Growth distance and velocity curve from 6 to 17 years of boy's trunk bending in 2005

Fig 8-1, 8-2 は平成 12 年度(2000 年度)と平成 17 年度(2005 年度)の長座体前屈の発達曲線グラフである。長座体前屈では、身長発育のように、思春期での現量値の急増がみられる。この傾向は発達速度曲線をみると、平成 12 年度(2000 年度)では MPV 年齢は 11.6 歳、MPV は 4.22cm/yr と思春期の最大発達速度を示している。これは身長の MPV 年齢である 11.7 歳から 0.1 歳前に長座体前屈の MPV が出現したことになる。同様に平成 17 年度(2005 年度)では MPV 年齢は 11.5 歳、MPV は 4.82cm/yr で思春期の最大発達速度を示し、身長の MPV 年齢である 12.2 歳から 0.7 歳前に長座体前屈の MPV が出現していた。両年度から判断すると、長座体前屈の MPV 年齢は身長の MPV 年齢の若干前の時期に出現することが示された。

Fig 9-1, 9-2 は平成 12 年度(2000 年度)と平成 17 年度(2005 年度)の上体起こしの発達曲線グラフである。両年度の発達現量値曲線をみると漸増を示し、思春期において少し急増していることがみられた。発達速度曲線から判断すれば、思春期以前に局所的な極大速度が示されているが、平成 12 年度(2000 年度)では MPV 年齢は 12.6 歳、MPV は 3.83 回/yr で、平成 17 年度(2005 年度)では MPV 年齢は 12.6 歳、MPV は 3.83 回/yr を示した。両年度から判断すると、上体起こしの MPV 年齢は身長の MPV 年齢の若干後に出現することが示された。

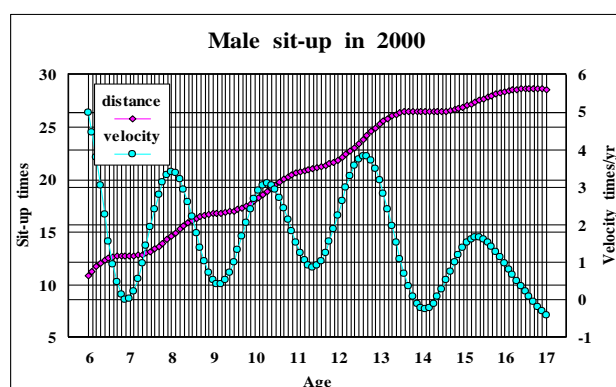


Fig 9-1 Growth distance and velocity curve from 6 to 17 years of boy's sit-up in 2000

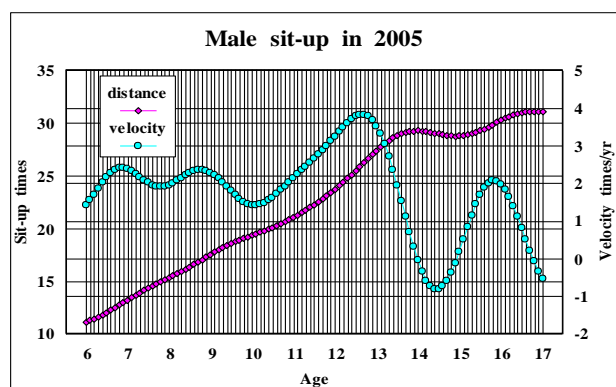


Fig 9-2 Growth distance and velocity curve from 6 to 17 years of boy's sit-up in 2005

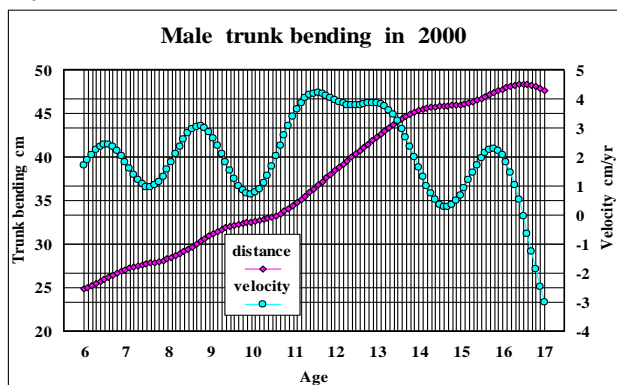


Fig 8-1 Growth distance and velocity curve from 6 to 17 years of boy's trunk bending in 2000

2) 運動能力の発達

Fig 10-1, 10-2 は平成 12 年度(2000 年度)と平成 17 年度(2005 年度)の 50m 走の発達曲線グラフである。50m 走の両年度の発達現量値曲線をみると、若干異なる曲線を示す。小学校低学年から思春期にかけてはほぼ直線的な増大を示し、以後 17 歳まで少し停滞する傾向を示す。発達現量値曲線をみると、小学校低学年から思春期にかけて、局所的な速度の増大現象がいくつか示されており、発達速度のピークをみると、両年度どちらも思春期には最大発達速度が示されず小学校低学年に示されている。結果的に思春期におけるピークの出現は確認できなかった。

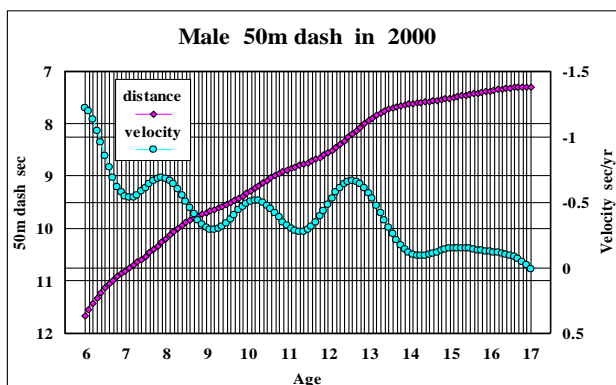


Fig 10-1 Growth distance and velocity curve from 6 to 17 years of boy's 50m dash in 2000

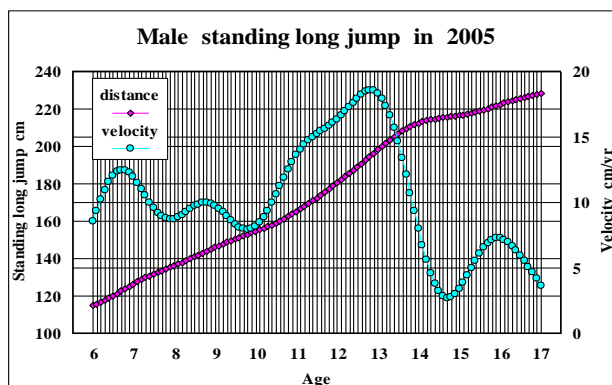


Fig 11-2 Growth distance and velocity curve from 6 to 17 years of boy's standing long jump in 2005

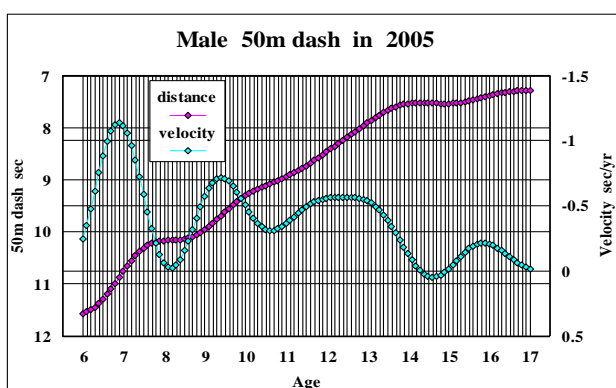


Fig 10-2 Growth distance and velocity curve from 6 to 17 years of boy's 50m dash in 2005

Fig 12-1, 12-2 は平成 12 年度(2000 年度)と平成 17 年度(2005 年度)のハンドボール投げの発達曲線グラフである。これまでの運動能力発達グラフは 6 歳から 17 歳までを年齢軸としてグラフを示してきたが、ハンドボール投げは中学からしか測定されていないため、やむなく中学 1 年(12 歳)から高校 3 年(17 歳)までの 6 年間の発達をみることにした。発達現量値曲線は平成 17 年度(2005 年度)では 15 歳頃に一時停滞したが、両年度とも 12 歳から 17 歳まで増大を示す。発達速度曲線からは、両年度とも 13 歳付近で速度のピークを示すが、このピークが果たして MPV なのか否かは判断できなかった。

Fig 11-1, 11-2 は平成 12 年度(2000 年度)と平成 17 年度(2005 年度)の立ち幅跳びの発達曲線グラフである。両年度とも 6 歳から 17 歳まで直線的に増大しており、11 歳から 14 歳まで、つまりは思春期で僅かに傾きが増大するようである。この傾向を発達速度曲線からみると、平成 12 年度(2000 年度)では 7、9 歳(12.5cm/yr)で局所的極大速度(LPV)を示し、12.6 歳(18.4cm/yr)で思春期最大発達速度(MPV)を、平成 17 年度(2005 年度)では 6.7 歳(13.9cm/yr)で LPV を示し、12.8 歳(18.6cm/yr)で MPV を示しており、思春期の増大傾向が明白に示された。両年度から判断すると、立ち幅跳びの MPV 年齢は身長 MCV 年齢の約 1 年近く後に出現することが示された。

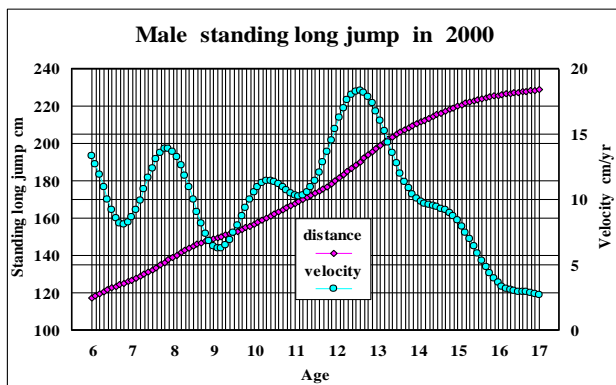


Fig 11-1 Growth distance and velocity curve from 6 to 17 years of boy's standing long jump in 2000

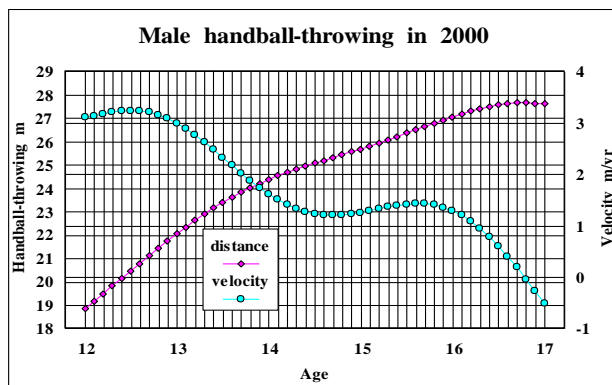


Fig 12-1 Growth distance and velocity curve from 6 to 17 years of boy's handball-throwing in 2000

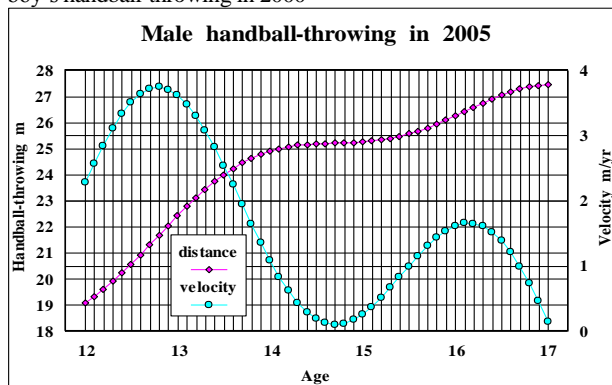


Fig 12-2 Growth distance and velocity curve from 6 to 17 years of boy's handball-throwing in 2005

3) 体力・運動能力発達の順序性

Table 2 は体力・運動能力発達における MPV 年齢と MPV の出現傾向を示した表である。この表に基づき、これまで述べてきた体力・運動能力の発達を整理してみると、基本的にはスキヤモンの発育曲線パターンから判断すれば、神経型と一般型の混合パターンを示すとみなされる。しかし、その混合パターンの中でも、より神経型に近いパターンを取るのが反復横跳びであり、神経型と一般型の正に中間を取る混合パターンが上体起こし、長座体前屈、50m 走、立幅跳び、ハンドボール投げとなる。そして、身長発育のようなより一般型に近いパターンを取るのが握力であろう。体力・運動能力における発達速度の順序をみてみると、長座体前屈が最も早く、握力、立ち幅跳びの順で発達速度が遅くなっていることが明確となった。

	Male			
	2000		2005	
	Age at MPV	MPV	Age at MPV	MPV
Grip strength	12.5	6.55	12.7	6.78
Sit-up	12.6	3.83	12.6	3.83
Trunk bending	11.6	4.22	11.5	4.82
Side step				
50m dash				
Standing long jump	12.6	18.38	12.8	18.61
Handball-throwing				

Table 2 Age at MPV and MPV of boy's physical strength and motor ability in 2000 and 2005

考 察

1. 児童・青少年の体格発育について

文部科学省から毎年公表されている体格、体力・運動能力調査記録の平成 12 年度(2000 年度)と平成 17 年度(2005 年度)における小学 1 年から高校 3 年までの発育現量値に対してウェーブレット補間法を適用した。このようなデータに関しては毎年文部科学省による解析が行われているが、作図からの解析によるもので数学関数を適用した例はない。本研究ではウェーブレット補間法を適用して発育速度曲線を導き、思春期最大発育速度(Maximum Peak Velocity : MPV)を特定した。この解析によって従来では明らかにされない知見が導かれた。

身長の MPV 年齢は Tanner²⁰⁾²¹⁾によれば、成熟度の指標と考えられる。つまり、Tanner は男子の恥毛発現年齢と身長の思春期ピーク年齢(PHV 年齢、MPV 年齢)とは密接な関係があることを証明し、身長の思春期ピーク年齢(PHV 年齢、MPV 年齢)は成熟度としての意味を有することを報告した。これによって、近年では身長の MPV 年齢は成熟度の指標と理解されており、生物学的パラメーターとして位置づけられている。このように、身長の MPV 年齢は成熟度を示すパラメー

ターになるわけで、もちろん個々によって成熟度は異なるために、身長の MPV 年齢が分かれば、個々の身体的な要素の発達状態を把握することができる。例えば、成熟度の早い子は運動能力にもその時点では優れた能力を発揮すると考えられるために、成熟度が把握されていれば、成熟による要因か、遺伝的、先天的要因かを区別できる。

体重の MPV 年齢では外部環境の影響を大きく受けるために、身長のような成熟度としての意味はない。ただ、思春期における急増現象が MPV として存在することは明白であろう。体重についても個々に解析すると MPV のようなピークが 1 つではなく数個出現する可能性を示唆していると考えられる。藤井¹⁷⁾²²⁾の先行研究では、個々の体重発育の解析において、MPV が数個出現する場合が存在した。このような現象は身長発育ではあまり見られないが、体重発育では外的環境要因の影響を反映していると推測される。

座高は身長の構成要素であり、当然遺伝的先天性が強い形質であるため、速度曲線の様子は体重や胸囲とは異なり、身長発育に類似している。現在、学校保健法に定められている健康診断に座高が残っているのは、内臓発育を反映する要素として、胸囲は削除したが座高は必要な要素と考えられたからである。

下肢長は学校保健統計調査に示された身長のデータから座高を引いた数値を採用している。下肢長は座高同様に身長の構成要素であり、遺伝的先天性が強い形質であるため、速度曲線の様子は身長発育に類似している。下肢長の発育では頸骨、大腿骨の発育にそのほとんどを負っているのに対して、座高では脊柱に負っている。脊柱は椎骨という骨が頸椎(7個)、胸椎(12個)、腰椎(5個)を構成しており、椎骨と椎骨の間は板関節で繋がっている。よって、1 つ 1 つの椎骨の発育状態によって発育は成就されることになる。このような骨の構成による発育のずれが座高と下肢長の発育に影響していると考えられる。本研究で用いたデータは平均データであるために明確なことはいえないが、MPV 年齢は下肢長が最も早く、次に身長、座高の順となることが示唆された。多くの男子は思春期ピークを迎える前に良く脚が伸びていることに気が付くことがある。本研究におけるグラフは平均発育曲線のため、このような現象を反映しているのであろう。

最後に BMI は加齢とともに直線的な増大傾向を示した。両年度で少し異なる傾向が示されたが、加齢変化速度曲線からは局所的なピークが複数個出現している様子が示されたことは共通していた。よって BMI は 6 歳以降、約 2 年の間隔で局所的なピークを繰り返しながら加齢に伴い増加していくことが示された。この BMI の加齢変化曲線を十分把握すれば、思春期を含む児童・学齢期に BMI を適用し肥瘦度を判定することは Rohrer 指数による肥満の判定よりも有効であると考えられる。

2. 児童・青少年の体力・運動能力について

本研究では、文部科学省から毎年報告されている体力・運動能力調査から特に平成 12 年度(2000 年度)、平成 17 年度(2005 年度)について、体力として握力、反復横跳び、長座体前屈、上体起こし、運動能力として 50m 走、立ち幅跳び、ハンドボール投げについて、その発達経過をウェーブレット関数によって記述した。まず、両年度における握力について、発達現量値曲線はシグモイド状の増大傾向が示された。発達速度曲線を見ると、思春期におけるピークを示す最大発達速度(MPV : Maximum Peak Velocity)が出現している。この年齢を身長 MPV 年齢と比べてみると、身長 MPV 年齢の後、1.1 歳後に握力の MPV が出現する。Tanner²⁰⁾によれば、身長発育の後に筋力や運動能力の発達が成就すると述べているが、握力では Tanner²⁰⁾の報告を裏付ける結果となっている。

両年度における反復横跳びでは、ともに直線的な増加の傾向が示された。発達速度曲線を見ると、7歳から10歳にかけて局所的な速度の増大現象が示されている。そして、身長の場合のように思春期に速度のピークが示されていない。つまり、反復横跳びという敏捷性を代表する能力は、小学生の低学年と比較的早い時期に発達速度のピークがあり、その後、速度の増大は示されず、現量値は17歳までほぼ一貫した増加を示した。敏捷性のような能力は筋力とは異なり、Scammon²³⁾の発育パターンから分類すれば、神経型と一般型をミックスしたような曲線が構成されたと考えられよう。木村²⁴⁾は、運動能力の発達は概してScammon²³⁾の発育曲線から判断すれば、神経型と一般型の性質を併せ持つような発達パターンを示すと述べている。本研究の反復横跳びはウェーブレット関数によって速度曲線まで描かれているために、神経型の特徴パターンを示すような早い時期にピークを出現していることがよく分かる。結局、発達現量値は14歳頃に漸近線を迎えることになり、発達の終了が筋力に比べれば早いことが理解されるであろう。

長座体前屈は柔軟性能力を測定する項目であるが、発達現量値曲線から判断すると、身長発育の場合のように、思春期での現量値の急増がみられる。この傾向は、両年度における発達速度曲線を見ると明らかに示されている。つまり、思春期の最大発達速度を示している。恐らく、筋力の発達にも影響されていると推察される。

上体起こしは腹筋力の瞬発性と持久的な能力を合わせた筋力項目と考えられるが、両年度の発達現量値を見ると男子では漸増を示し、さらに思春期において少し急増していることがみられる。現量値曲線は若干顕著である。発達速度曲線から判断すれば、思春期以前に局所的な極大速度が示されている。したがって、身長 MPV 年齢の後、筋力の MPV 年齢の前に出現することになり、上体起こしの発達は、身長発

育、筋力の発達に影響されると推察される。

ここからは運動能力について論じることとする。まず 50m 走について、発達現量値曲線を見ると、両年度において 6 歳から 9 歳までの間は速度の減少が続き、10、11 歳で局所的ピークがみられ、12.5 歳～13 歳頃にも局所的なピークが示された。したがって、50m 走に関しては、思春期を含め局所的なピークは出現するが、どちらかといえば神経型の発育パターンのように、幼少期にその発達が顕著であり、以後は漸次増大を示す程度と考えられよう。

立ち幅跳びについては、発達速度曲線からみると明白である。つまり、7.0 歳頃に局所的極大速度を示し、その後 12.5～13 歳頃に思春期最大発達速度を示している。男子の立ち幅跳びの能力は身長発育や筋力の発達、さらには 50m 走の発達に相応していると推測されよう。

ボール投げについては、ハンドボール投げは中学からしか測定されていないために、やむなく中学 1 年(12 歳)から高校 3 年(17 歳)までの 6 年間の発達しかみることができなかった。発達現量値曲線は 12 歳から 17 歳まで増大を示す。速度曲線からは、13 歳付近で速度のピークを示すが、このピークが果たして思春期の最大発達速度なのか否かは分からない。50m 走、立ち幅跳びの発達曲線を参考にすれば、思春期の最大発育速度(MPV)の可能性は強いと推察される。

最後に、体格、体力・運動能力の発育・発達における MPV 年齢と MPV の出現傾向について、これまで述べてきた体格、体力・運動能力の発育・発達を整理してみると、体格では、従来から Tanner²⁰⁾が述べているように下肢長の MPV が早く出現し、身長、座高と続き、体重のような量育はその後に MPV を迎えることが示された。しかし、本研究では横断的データへの適用から若干様子が異なっていたが、本質的には変わらないと考えられる。体力・運動能力においては、思春期における明確な MPV を示した項目は握力、上体起こし、長座体前屈、立ち幅跳びであった。その他の項目では、もちろん思春期にある程度のピークは出現するが、それは思春期の最大発達速度というよりもいくつかの局所的なピークの中の一つである可能性のほうが高いと判断した。体格と体力・運動能力の MPV の出現の関連性をみると、ほとんどの体力・運動能力の MPV が身長 MPV の後に出現することが明確化された。結果的には筋力を必要とする握力、筋持久力を必要とする上体起こし、筋力に加えスピードを必要とする立ち幅跳びの MPV の出現が遅いことから、体格、体力要素においては筋力の MPV が一番後に出現するようである。

参考文献

- 1) 西嶋尚彦: 青少年の体力低下傾向. 体育の科学, 52, 4-14, 2002.
- 2) 西嶋尚彦: 子どもの体力の現状. 子どもと発育発達, 1, 13-22,2003.
- 3) 青山昌二: スポーツテストの結果から. スポーツジャーナル, 167, 2-6, 1994.
- 4) 加賀谷瀬彦: 子どもの未来に対する大人の義務. 子どもの現状とこれからの学校体育, 体育科教育, 45(14), 36-39, 1997.
- 5) 脇田裕久: 今、子どもの体力はこんなに低下している. 体育の科学, 46(4), 286-291, 1996.
- 6) 脇田裕久: 子どもの危機的状況をみつめる. 子どもの体力・運動能力から. 体育科教育, 45(14), 26-29, 1997.
- 7) 八田秀雄: 大学生の体力の年次推移～東京大学～. 体育の科学. 52, 39-42, 2002.
- 8) 佐々木玲子: 大学生の体力の年次推移～慶応義塾大学～. 体育の科学, 52, 43-47, 2002.
- 9) 松元剛: 大学生の体力の年次推移～筑波大学～. 体育の科学, 52, 48-51, 2002.
- 10) Tanner,J.M.: Foetus into Man.. Open Books, London, and Harvard University Press, Cambridge, Massachusetts, 1978.
- 11) 川畑愛義: 日本人の発育発達 —青少年の発育促進現象の研究—, 不昧堂, 東京, 1997.
- 12) 松浦義行: 発達加速化現象の分析. 体育学研究, 8, 35-41, 1963.
- 13) 藤井勝紀・川浪憲一: Wavelet補間法による男子胸囲の発育曲線から導き出される速度曲線およびPCV年齢の検討. 学校保健研究, 37, 450-459, 1995.
- 14) 藤井勝紀・山本浩: 身長 of 成熟別発育速度曲線の解析. 体力科学, 44(3), 431-438, 1995.
- 15) Fujii,K.: A comparative interpolation method of W I M and a cubic spline function to longitudinal height data during adolescence in boy. Nagoya Journal of Health. Physical Fitness and Sports, 19 pp.9-17, 1996.
- 16) 藤井勝紀・松浦義行: 男子体格の平均発育曲線から導き出される速度曲線の解析. 体育学研究, 41, 247-260, 1996.
- 17) Fujii,K Kawanami,K: An Analysis in regard to Relationship between Age at MPV of Height and Weight, and Its Sex Difference. Japanese Journal of School Health,40 317-331, 1998.
- 18) 藤井勝紀: 身体的発育現象におけるphase difference effect の検証. 東海保健体育科学, 20, 75-84, 1998.
- 19) Fujii.K and MatsuuraY.: Analysis of the Velocity Curve for Height by the Wavelet Interpolation Method in Children Classified by Maturity Rate. American Journal of Human Biology, 10, 1-19, 1999.
- 20) Tanner, J.M.: Growth at adolescent. Blackwell Scientific publication, Oxford, 1962.
- 21) Tanner, J.M., Whitehouse, R.H. and Takaishi,M.: Standard from birth to maturity for height, weight, height velocity and weight velocity – British children 1965. Archives of Disease in Childhood, 41,454-471, 1966.
- 22) 藤井勝紀: Wevelet Interpolation Method による男子体重発育におけるPWVの検討. 発育発達研究, 23, 27-34, 1995.
- 23) Scammon, R. E.: The measurement of body in childhood. In: Harris JA, Jackson CM, Paterson DG, et al Eds, The Measurement of Man, University of Minnesota Press , 1930.
- 24) 木村邦彦: ヒトの発育. メジカルフレンド社, 1966.