

平成10年度 日本体育協会スポーツ医・科学研究報告

No.VII ジュニア期の体力トレーニングに関する研究

—第5報—

財団法人 日本体育協会
スポーツ医・科学専門委員会

はじめに

研究班長 勝田 茂¹⁾

本研究は、もともとは日本体育協会のプロジェクト研究として1992年から1996年までの4年間にわたり、「ジュニア期の体力トレーニングに関する研究」というテーマで実施され、これに関する報告書も日本体育協会スポーツ医・科学的研究報告書第1報～第4報（1993～1996年）として刊行され、さらにGuide Book「ジュニア期の体力トレーニング」も刊行済み（1996年）である。

この研究は将来の競技力向上にとって最も重要な時期である発育発達期の途上にあるジュニア競技者、とくにこの時期から本格的にトレーニングを実施し、この段階で日本のトップレベルにあり、将来大成することを目指しているジュニアアスリートを対象として、4年間にわたって身体の形態および機能の変化を追跡して測定分析を試みたものである。

測定対象の競技種目は、陸上競技（短距離、中距離、跳躍、投げ）（男女）、テニス（男女）、重量挙げ（男女）、スピードスケート（男女）、体操（女子）、新体操（女子）の6種目であったが、測定開始年齢は種目によって異なっており、小学校期から高等学校期まで広く分布していた。そのために4年間の研究が終了した時点での年齢は、すでに被検者の暦年齢が18歳以上に達していた種目とそうでない種目が現れ、とくに、測定開始時の年齢が小学校期の時期にあった2、3の種目については、依然として成長期の途中であった。

そこで、いわゆる第1期4ヶ年研究が終了した

後、数年の期間を置いて、成長期の途中であった種目のアスリートたちが、18歳の成長最終局面になるのを見計らって、前回と同様の測定を実施し、各種目とも年齢軸を基準とした形態や機能の比較が可能となるように意図して本研究は計画された。

したがって、測定は本年度限りとし、対象種目も陸上競技（短距離）（男子）、ウエイトリフティング（男子）、テニス（男女）の3種目についてのみ実施した。

測定項目は以下の通りである。

形態

長育項目：身長、座高、上肢長、転子点高など

幅育・量育項目：体重、胸囲、前腕囲、大腿囲、肩峰幅など

骨年齢：手掌のX線撮影による

筋形態と筋特性：MRIによる

筋厚と皮脂厚：超音波法による

筋パワー：単関節動作と複合関節動作

有酸素性能力：最大酸素摂取量

無酸素性能力：自転車エルゴメーターによる

基礎的運動能力：フィールドテストによる

本研究では、3つの競技種目別に合計7年間にわたる継続的データが示されている。前回報告分と併せて各測定項目別、各競技種目別に検討することによって、ジュニア期のトレーニングのあり方にさらなる示唆を得ることが出来るであろう。それぞれの視点からこの資料をご利用頂ければ幸いである。

1) 筑波大学

12歳から17歳における男子ジュニアスプリンターの疾走能力の縦断的変化

報告者 宮丸 凱史¹⁾ 加藤 謙一²⁾

I. はじめに

筆者ら^{6,7,8)}はこれまで、全国小学校陸上競技交流大会100mで入賞した男子児童の特徴について報告しており、この時期に優れた疾走能力を示す児童は一般の子どもに比べ、恵まれた形態や機能を有していることを明らかにしている。また、彼らのその後について中学3年生まで追跡調査し、疾走能力の発達に大きな個人差が生じることも明らかにした^{3,4)}。ジュニア期は身体や機能の発育発達において個人差が顕著にみられる時期であることが知られている¹²⁾。早期に優れた疾走能力を発揮した児童はその後、思春期を迎えどのような発達過程をたどるのであろうか。本研究の目的は、小学校6年生(12歳)で全国小学生陸上競技交流大会100mで入賞した男子児童6名について、12歳から17歳にかけて形態、疾走能力、等速性脚筋力の発達を縦断的に検討し、この時期のジュニアスプリンターの発達の特徴を明らかにしようとした。

II. 研究方法

1. 被験者

被験者は、1990年から1993年にかけて全国小学生陸上競技交流大会(旧名称:全国少年少女リレーハーフマラソン)において6年生時に100mで入賞した男子6名(IK,MU,NG,NI,ON,WA)であった。

2. 測定項目および測定方法

以下の1)と2)の測定が全被験者に対して6年間にわたり、毎年11月に実施された。また、専門医および資格を有するものによって、全被験者の12歳時の左手のX線写真が撮影され、そのフィルムからTW2法(20bone)によって骨成熟が評価

された⁹⁾。

1) 疾走能力

50m全力疾走を実施し、スタートから40mを中心前後4m区間の疾走フォームを被験者の右側方50m地点から高速度ビデオカメラ(ナック社製;HSV-400)を用いて毎秒200フレーム、露出時間1/2500秒で撮影した。撮影されたビデオ画像をコンピューターの画面にスーパーインポーズし、2コマごとに27個の分析点の座標を少なくとも2歩にわたって、パーソナルコンピューターに取り込んだ。また、後の平滑化や演算処理などを考慮して、分析範囲の前後10コマを加えた。ビデオフィルムに写し込んだスケールマークをもとに各点の座標を実長に換算した後、デジタルフィルター¹⁴⁾により、10Hzで平滑化した。得られた画像データから疾走速度、ピッチおよびストライドを求めた。

2) 等速性脚筋力

等速性筋力測定装置(Biodex社製)を用いて、60, 180, 300deg/sの3種類の角速度で右脚の膝伸展および膝屈曲力を測定した。各角速度とも3~5回の試行を最大努力で実施させ、発揮された筋力のピークトルク(Nm)を測定した。

3. 統計処理

各年齢間の測定項目の平均値を比較するために6群間で対応のある分散分析を行った。その結果、有意なF値が得られた項目に関してはテューキーの多重比較²⁾を行った。なお、統計処理の有意水準の検定では5%以下を有意とした。

III. 結果および考察

1. 形態の発育

被験者(Jr.)の身長および体重の発育は図1のようであった。比較のために日本人の体力標準値¹³⁾より同年代の身長と体重の標準値(St.)を加えた。

1) 筑波大学 2) 宇都宮大学

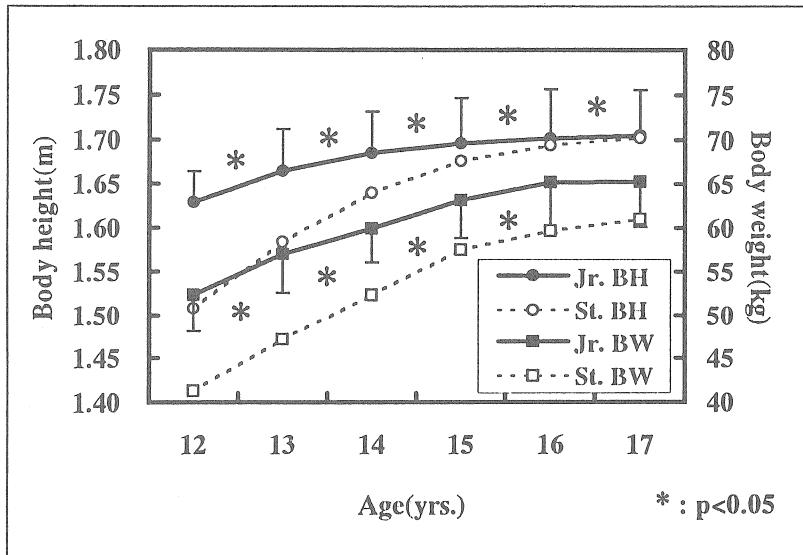


図1 加齢にともなう身長および体重の変化

表1 12歳時における歴年齢と骨年齢の差

Sub.	Chronological age ① (yrs.)	Skeletal age ② (yrs.)	②-①
1	12.5	15.8	3.3
2	12.6	15.8	3.2
3	12.2	14.9	2.7
4	12.3	14.7	2.4
5	12.5	15.4	2.9
6	12.6	15.5	2.9
mean	12.45	15.35	2.90
SD	0.16	0.46	0.33

12歳の身長、体重は本被験者の方が両者ともに標準値よりも明らかに大きな値を示し、身長と体重の差は本被験者の値の方が標準値よりもそれぞれ12.1cm, 11.0kgと大きいものであった。しかし、17歳の身長と体重は本被験者の値と標準値の差がそれぞれ0.3cm, 4.3kgと小さいものになった。表1は12歳時における被験者の歴年齢と骨年齢の差を示したものである。その差から、被験者は歴年齢よりも2.9歳成熟が進んでいたことが明らかになった。また、一般児童を調べたものでは12歳時の骨年齢は13.5歳であったことが報告されている¹⁰⁾。一般児童においても歴年齢との差をみると約1.5歳成熟が進んでいると考えられる。しかし、それでも

本被験者の方が一般児童よりも12歳時点では早熟であったことが示唆された。12歳以降の身長や体重の発育から、とくに5年後の17歳において両者の身長の値に差がみられなくなってきたことは興味深いものであった。すなわち、本被験者の身長や体重の発育スパートが一般の子どもに比べ、早期であったことを示しており、本被験者は思春期の発育スパートの早い早熟な子どもたちであった。

2. 疾走速度、ピッチおよびストライドの継続的変化

表2は12歳から17歳までの実験走における疾走速度、ピッチ、ストライドおよびその身長比の各年齢の平均値を示したものである。平均値でみると、12歳から14歳にかけて、疾走速度は8.76m/sから9.69m/sへ有意に増加した。12歳から13歳ではストライドが1.947mから2.102mへ、13歳から14歳ではピッチが4.47Hzから4.62Hzへそれぞれ有意に増加した。一方、ストライドの身長比は12歳から13歳にかけて0.068の増加がみられたが13歳以降の増加はみられず、12歳から17歳の間での有意な変化は認められなかった。

17歳における本被験者の疾走速度、ピッチおよびストライドの各平均値を日本の成人スプリンタ

表2 実験走によるスプリントパフォーマンス

	12	13	14	15	16	17	Variance analysis	Multiple comparison
Sprint speed (m/s)	8.76 ±0.28	9.38 ±0.17	9.69 ±0.09	9.58 ±0.31	9.77 ±0.37	9.84 ±0.36	***	12<13<14=15=16=17
Step frequency (Hz)	4.50 ±0.14	4.47 ±0.14	4.62 ±0.17	4.64 ±0.19	4.69 ±0.09	4.67 ±0.08	**	12=13<14=15=16=17
Step length (m)	1.947 ±0.071	2.102 ±0.070	2.100 ±0.078	2.072 ±0.130	2.085 ±0.083	2.108 ±0.082	**	12<13=14=15=16=17
Step length / body height	1.197 ±0.057	1.265 ±0.047	1.247 ±0.059	1.223 ±0.066	1.227 ±0.033	1.238 ±0.058		

Values are means ± standard deviation.

< : p<.05, ** : p<.01, *** : p<.001

表3 等速性筋力からみた膝関節伸展力および屈曲力

	12	13	14	15	16	17	Variance analysis	Multiple comparison
Knee extension 60° (Nm)	152.6 ±31.3	173.9 ±26.7	200.5 ±27.4	180.1 ±13.7	221.0 ±15.1	211.9 ±22.5	**	12=13, 12<15, 13=14=15 13<17, 15<17, 14=17=16
Knee extension 180° (Nm)	116.1 ±18.4	134.7 ±9.0	156.4 ±20.4	140.0 ±6.9	157.8 ±17.4	159.8 ±20.1	**	12=13=15, 12<14, 13=14=16, 13<17, 15=17
Knee extension 300° (Nm)	99.9 ±15.9	110.2 ±17.4	120.1 ±17.0	112.4 ±6.6	126.5 ±12.0	125.5 ±14.5	*	12=13=15=14, 12<16=17, 13=16
Knee flexion 60° (Nm)	77.8 ±14.6	97.1 ±13.2	108.6 ±9.0	111.8 ±12.2	117.2 ±16.3	124.0 ±14.3	***	12<13=14=15, 13<16, 14=16=17
Knee flexion 180° (Nm)	62.1 ±11.3	83.3 ±11.2	92.4 ±7.8	99.7 ±12.7	105.2 ±14.9	105.3 ±17.7	***	12<13=14, 13<15, 14=15=16=17
Knee flexion 300° (Nm)	56.6 ±6.1	72.3 ±15.0	80.7 ±5.1	85.9 ±12.4	95.1 ±14.5	89.1 ±13.9	***	12<13=14=15, 13<17=16 14<16, 15=17=16

Values are means ± standard deviation.

< * : p<.05, ** : p<.01, *** : p<.001

一(井上, 杉本, 山下, 伊藤)の平均値^{1,11)}と比較すると、本被験者の値は成人スプリンターに対しても疾走速度が90.4%, ピッチが98.7%, ストライドが91.7%それぞれ相当するものであった。

ジュニアスプリンターの疾走速度の増加は14歳までは明確に認められたが、それ以降は停滞傾向にあることが示された。この原因として15歳以降の疾走速度の発達には個人差がより大きくなっていることが考えられた。このことは、15歳以降の疾走速度の標準偏差が0.31m/sから0.36m/sと14歳以前のそれらよりも大きくなっていることからもわかる。同様に15歳以降のストライドの標準偏差も大きくなっているが、ストライドをさらに増加させたものとそうでなったものの差が疾走速度の増大に影響したのではないかと考えられた。一方、ピッチは13歳から14歳にかけて有意な増大がみられた。14歳以降の値は4.64Hzから4.69Hzにあり、

成人スプリンターと比較しても遜色ない水準にあった。このことから、ジュニアスプリンターのピッチはかなり高い水準に達していると考えられる。すなわち、ジュニアスプリンターが疾走速度を向上させるには、ストライドを増大させることの方がピッチを高めることよりもトレナビリティーが大きいと推察できる。

3. 等速性脚筋力の変化

表3は等速性筋力からみた膝関節伸展力および屈曲力を示したものである。伸展力をみると角速度60°, 180°では12歳から14, 15歳にかけて有意に増大したが、14歳以降はともに有意な増大はみられなかった。角速度300°では12歳から16, 17歳にかけて有意な増大がみられた。一方、屈曲力をみるといずれの角速度においても12歳から13歳にかけて増大し、角速度60°では13歳から16歳にかけて

角速度180°では13歳から15歳にかけて、角速度300°では13歳から16、17歳にかけていずれも有意な増大を示した。勝田ら⁵⁾は本被験者の一部を含むトップジュニア選手における大腿部筋組成について経年的変化を種目別に検討している。これによるとスプリンターの特徴は全筋横断面積の増加が大腿上部で大きいこと、ハムストリングおよび内転筋群の発達が大腿四頭筋と比べ顕著であることをあげている。本研究にみられた加齢にともなう等速性膝関節における屈曲力や屈曲力の増大はこの時期のスプリンターの体力的発達の特徴を示している。

4. 12歳から17歳における疾走速度の増加量とその他の変数の増加量との関係

表4は12歳から17歳における疾走速度の増加量と有意な相関がみられた変数の増加量との相関係数を示したものである。12歳から15歳の間では身長、等速性膝関節屈曲力の角速度180°および300°の増加量と、12歳から16歳および12歳から17歳の間では身長とストライドの増加量といずれも高い相関係数が得られた。本被験者は歴年齢と骨年齢の差から早熟であることは前述した。の中でも12歳以降、身長の発育が大きいものが疾走速度の発達が大きいことが示唆された。同様にストライドの増加量と疾走速度の増加量とも関係があることが示された。このことは、発育期にある被験者にとって身長が伸びれば、ストライドも増加することを示していると考えられる。また、12歳から15歳において疾走速度の増加量と等速性膝関節屈曲力の増加量に関係がみられたことは15歳までの大腿部後面の発達が顕著であったことを示唆するものと考えられた。しかし、16歳以降において疾走

速度の増加量と等速性膝関節屈曲力の増加量には関係がみられなかったことは大腿部後面の発達が十分みられなかつたことを意味しており、今後のトレーニングの方向性を示唆するものと考えられる。

IV. まとめ

小学校6年生(12歳)で全国小学生陸上競技大会100mで入賞した男子児童6名について、その後17歳まで5年間にわたり形態、疾走能力、等速性脚筋力の発達を縦断的に検討した。その結果は以下のように要約される。

1) 12歳の身長、体重は本被験者の方が同年代の標準値よりも明らかに大きな値を示し、本被験者の身長と体重の値は同年代の標準値よりもそれぞれ12.1cm, 11.0kgと大きいものであった。しかし、17歳の身長と体重の差は本被験者の値と標準値の差がそれぞれ0.3cm, 4.3kgと小さいものになった。

2) 12歳から17歳までの実験走における疾走速度、ピッチ、ストライドおよびその身長比の値をみると、12歳から14歳にかけて、疾走速度は8.76m/sから9.69m/sへ有意に増加した。12歳から13歳ではストライドが1.947mから2.102mへ、13歳から14歳ではピッチが4.47Hzから4.62Hzへそれぞれ有意に増加した。一方、ストライドの身長比は12歳から13歳にかけて0.068の増加がみられたが13歳以降の増加はみられず、12歳から17歳の間での有意な変化は認められなかった。

3) 12歳から15歳の間では身長、等速性膝関節屈曲力の角速度180°および300°の増加量と、12歳から16歳および12歳から17歳の間では身長とストライドの増加量といずれも正の高い相関係数が得られた。

以上のことから、本被験者の疾走速度の発達の背景には身体の発育発達が関与していたと推察され、思春期における形態や脚筋力などの増加量を把握することはジュニア選手を育成する上で重要なと考えられた。

表4 12歳から17歳までの年齢間の疾走速度の増加量と有意な相関がみられた変数の増加量との相関係数

	12-15	12-16	12-17
Body height	0.839*	0.909*	0.908*
Step length		0.811*	0.835*
Knee flexion 180°	0.811*		
Knee flexion 300°	0.970**	*	

* : p<.05, ** : p<.01

文 献

- 1) 伊藤 章・斎藤昌久・佐川和則・加藤謙一・森田 正利・小木曾一之 (1994) 世界一流スプリンターの技術分析, 第3回世界陸上競技選手権大会報告書, 31-49.
- 2) 岩原信九郎 (1978) 教育と心理のための推計学(21版). 日本文化科学社: 東京, pp. 240-247.
- 3) 加藤謙一・宮丸凱史・久野譜也・秋間 広 (1995) ジュニアスプリンターの疾走能力に関する縦断的研究, 日本バイオメカニクス学会第12回大会論文集, 352-356.
- 4) 加藤謙一・宮丸凱史・松元 剛・秋間 広 (1995) 思春期におけるジュニアスプリンターの疾走能力の縦断的発達, 日本体育学会第48回大会号, 336.
- 5) 勝田 茂・稻木光晴・狩野 豊・藤本浩一・久野 譜也・高橋英幸・宮丸凱史・加藤謙一 (1995) トップジュニア選手における大腿部筋組成の経年変化-1992年から1993年まで-. 筑波大学体育科学系紀要18: 141-148.
- 6) 宮丸凱史, 加藤謙一, 久野譜也, 高井省三, 秋間 広 (1992) 発育期の子どもの疾走能力の発達に関する研究(2)-疾走能力の優れた児童の特徴-平成3年度日本体育協会スポーツ医・科学研究報告 スポーツタレントの発掘方法に関する研究-第3報-, pp.137-145.
- 7) 宮丸凱史, 加藤謙一, 久野譜也, 秋間 広 (1992) 疾走能力の優れた児童の疾走フォーム, 日本バイオメカニクス学会第11回大会論集, 222-229.
- 8) 宮丸凱史, 加藤謙一, 秋間 広 (1994) 男子短距離選手の体力特性について 平成5年度日本体育協会スポーツ医・科学研究報告 ジュニア期の体力トレーニングに関する研究-第2報-, pp.63-68.
- 9) 村田光範 (1993) 骨年齢 平成4年度日本体育協会スポーツ医・科学研究報告 ジュニア期の体力トレーニングに関する研究-第1報-, 8-12.
- 10) 日本体育協会スポーツ科学委員会 (1986) 青少年の体力に関する日中共同研究-第1報-昭和61年度日本体育協会スポーツ医・科学研究報告 No.IV.
- 11) 佐川和則・斎藤昌久・伊藤道郎・加藤謙一・市川博啓・伊藤 章 (1997) アジア男子トップスプリンターの中間疾走フォーム. 佐々木秀幸, 小林寛道, 阿江通良監修. アジア一流陸上競技者の技術. 創文企画: 東京, pp.33-48.
- 12) 高石昌弘・樋口 満・小島武次 (1981) からだの発達-身体発達学へのアプローチ. 大修館書店: 東京, pp.300-311.
- 13) 東京都立大学体育学研究室編 (1989) 日本人の体力標準値 (第4版). 不昧堂出版: 東京.
- 14) Wilcock,A.H.and Kirsner,R.L.G.(1969) A digital filter for biological data. Medical and Biological Engineering and Computing 7: 653-660.

発育期ウェイトリフティング選手の競技力に関する フィットネスチェックとその縦断的変化

報告者 船渡 和男¹⁾ 岡田 純一²⁾ 加賀谷淳子³⁾ 勝田 茂⁴⁾
高橋 英幸⁴⁾ 宮丸 凱史⁴⁾ 高松 薫⁴⁾ 福永 哲夫¹⁾

はじめに

ウェイトリフティング競技（以下 WL）の競技力に影響を及ぼす体力要素を抽出し、それらの変化を縦断的に観察することにより、ジュニア選手の育成と発掘に活用することが本研究のねらいである。具体的には、中学生時に全国大会優勝経験を持つ優秀なウェイトリフターのその後の 7 年間の縦断的変化を、形態および筋機能について検討した。発育期において WL を専門とする筋力トレーニングを行うことによる各体力項目の縦断的変化を明らかにすることを目的とした。

なお本研究では、シドニーオリンピックの日本

代表メンバーに加わるであろうと思われる大学生選手も含めて測定を行った。

方 法

(1) 被験者

1992年 8 月に開催された第 6 回全国中学生ウェイトリフティング選手権大会（栃木県小山市立大谷中学校）において、各体重階級で上位に入賞した選手 18 名を対象にした。彼らの当時の年齢は、平均で 15.5 歳であった。その後毎年ほぼ一年間隔で同じ測定を実施した。1999年度は、1998年 12 月 18 日東京大学教養学部（形態と筋出力）、19 日日本女子体育大学（有酸素的および無酸素的作業能

表 1 身長、体重、水中体重秤量法による体脂肪量、体脂肪率 (%fat)、除脂肪体重 (LBM : lean body mass) および四肢長と四肢周径

氏名	性別	年齢 (歳)	身長 (cm)	体重 (kg)	体脂肪率 (%)	体脂肪量 (kg)	除脂肪体重 (kg)	体肢長 (cm)			
								上腕長	前腕長	大腿長	下腿長
青木秀範	♂	21.0	169.0	84.6	17.3	14.6	70.0	33.0	22.5	39.0	39.0
今村俊雄	♂	18.0	162.0	62.5	6.0	3.7	58.8	32.0	21.0	37.0	36.0
菊妻康司	♂	20.0	147.5	57.7	7.7	4.5	53.2	24.0	17.5	30.0	30.0
木曾川章	♂	19.0	166.2	71.3	7.7	5.5	65.8	31.5	23.0	39.5	38.5
中條桂良	♂	20.0	164.8	75.5	15.0	11.3	64.2	31.5	23.0	37.5	39.0
中津原潤一郎	♂	21.0	167.3	95.2	22.4	22.2	73.0	32.0	24.0	36.0	40.0
福田行延	♂	20.0	177.0	114.8	20.9	24.0	90.8	35.0	24.5	40.0	41.0
山田政晴	♂	18.0	153.9	58.7	8.2	4.8	53.9	28.5	19.5	33.0	35.0
平均		19.6	163.5	77.5	13.2	11.3	66.2	30.9	21.9	36.5	37.3
標準偏差		1.2	9.2	19.9	6.6	8.2	12.2	3.3	2.4	3.5	3.6

氏名	周径 (cm) 上腕周 前腕周 大腿周 下腿周 バスト	ウエスト (細い)			ウエスト (腸骨) ヒップ	
		ウエスト (細い)	ウエスト (腸骨) ヒップ			
青木秀範	33.1 27.1 62.2 37.8 102.5 92.0 99.0					
今村俊雄	27.3 26.9 52.4 36.3 87.0 68.0 86.0					
菊妻康司	30.3 27.8 53.8 33.7 87.5 73.5 86.0					
木曾川章	30.0 27.4 58.3 38.9 90.0 74.5 90.0					
中條桂良	31.3 26.6 60.4 39.2 93.0 81.5 95.0					
中津原潤一郎	36.6 29.6 65.7 41.6 112.5 98.5 105.0					
福田行延	38.5 32.6 68.8 45.2 120.0 104.0 110.0					
山田政晴	29.5 27.6 54.1 36.3 86.5 68.5 85.5					
平均	32.1 28.2 59.5 38.6 97.4 82.6 94.6					
標準偏差	3.8 2.0 5.9 3.6 12.9 13.9 9.4					

1) 東京大学 2) 早稲田大学 3) 日本女子体育大学 4) 筑波大学

力), 20日筑波大学(MRIと基本的運動能)において測定を行った。被験者数は、1回目は18名であったが今回は残念ながら3名となった。しかしその3名は、各体重階級で上位に入賞した選手(中

條, 青木, 中津原選手, 以下“選手”は省略)であり, 彼らはその後高校生ではインターハイ上位入賞および個人記録を更新し, 現在は3名とも大学でWLを継続している。彼らは14, 15歳から20, 21

表2 MRI法による大腿部及び腹部の各筋群の解剖学的横断面積および皮下脂肪横断面積。(その1)

【大腿部70%部位】

名前	横断面積											
	全横断面積		筋横断面積		大腿		ハムスト					
	面積	面積	四頭筋	大腿直筋	外側広筋	内側広筋	中間広筋	リングス	内転筋群	縫工筋	大腿骨	脂肪量
今村俊雄	213.4	177.3	82.0	13.7	37.2	9.5	21.7	22.2	66.2	3.8	6.2	29.9
菊妻康司	223.7	173.3	76.7	11.6	32.7	13.5	18.9	26.1	61.4	3.1	4.3	46.2
中津原潤一郎	335.7	200.1	82.6	16.6	32.7	10.7	22.6	18.5	76.4	5.3	6.0	129.7
中條桂良	283.1	196.9	92.0	16.6	37.5	14.5	23.5	26.2	71.4	2.6	6.7	79.5
山田政晴	206.5	171.3	75.3	13.7	33.4	8.5	19.8	27.7	62.1	2.1	5.1	30.1
平均	252.5	183.8	81.7	14.4	34.7	11.3	21.3	24.2	67.5	3.4	5.7	63.1
標準偏差	55.5	13.6	6.6	2.1	2.4	2.6	1.9	3.7	6.4	1.3	1.0	42.4

名前	相対面積比									
	直筋/外側/内側/中間/		四頭筋/ハム/		内転筋群/ハム+内転筋群				脂肪率	
	四頭筋	四頭筋	四頭筋	筋面積	筋面積	筋面積	筋面積	/筋面積		
今村俊雄	16.7	45.3	11.6	26.4	46.2	12.5	37.3	49.9	14.0	
菊妻康司	15.2	42.6	17.6	24.6	44.3	15.1	35.5	50.5	20.6	
中津原潤一郎	20.1	39.6	12.9	27.3	41.3	9.3	38.2	47.5	38.6	
中條桂良	18.0	40.7	15.8	25.5	46.7	13.3	36.2	49.5	28.1	
山田政晴	18.1	44.3	11.3	26.2	44.0	16.2	36.2	52.4	14.6	
平均	17.6	42.5	13.8	26.0	44.5	13.3	36.7	50.0	23.2	
標準偏差	1.8	2.4	2.8	1.0	2.2	2.7	1.1	1.8	10.3	

【大腿部50%部位】

名前	横断面積											
	全横断面積		筋横断面積		大腿				ハムスト			
	面積	面積	四頭筋	大腿直筋	外側広筋	内側広筋	中間広筋	リングス	内転筋群	縫工筋	大腿骨	脂肪量
今村俊雄	180.9	160.4	86.0	6.6	31.3	23.0	25.2	27.8	42.4	4.1	5.7	14.8
菊妻康司	212.3	178.3	92.3	7.1	37.6	22.3	25.3	27.5	53.1	5.5	4.4	29.5
中津原潤一郎	256.0	199.1	107.7	8.6	38.7	23.7	36.6	35.5	53.2	2.7	7.0	49.9
中條桂良	315.2	209.5	101.4	9.9	39.0	22.9	29.6	33.6	69.2	5.4	5.9	99.8
山田政晴	198.2	178.1	94.4	8.3	35.5	23.3	27.3	26.1	54.5	3.1	4.8	15.3
平均	232.5	191.2	98.9	8.5	37.7	23.1	29.7	30.7	57.5	4.2	5.5	48.6
標準偏差	53.9	15.7	7.0	1.2	1.6	0.6	4.9	4.6	7.8	1.5	1.1	37.0

名前	相対面積比									
	直筋/外側/内側/中間/		四頭筋/ハム/		内転筋群/ハム+内転筋群				脂肪率	
	四頭筋	四頭筋	四頭筋	筋面積	筋面積	筋面積	筋面積	/筋面積		
今村俊雄	7.7	36.3	26.7	29.3	53.6	17.3	26.5	43.8	8.2	
菊妻康司	7.7	40.8	24.2	27.4	51.7	15.4	29.8	45.2	13.9	
中條桂良	8.0	35.9	22.0	34.0	54.1	17.8	26.7	44.6	19.5	
中津原潤一郎	9.8	38.4	22.6	29.2	48.4	16.0	33.0	49.0	31.7	
山田政晴	8.8	37.6	24.6	28.9	53.0	14.6	30.6	45.2	7.7	
平均	8.6	38.2	23.4	29.9	51.8	16.0	30.0	46.0	18.2	
標準偏差	0.9	2.0	1.2	2.9	2.5	1.4	2.6	2.0	10.2	

表2 MRI法による大腿部及び腹部の各筋群の解剖学的横断面積および皮下脂肪横断面積。(その2)

【大腿部30%部位】

名前	横断面積											
	全横断筋横断面積			大腿			ハムスト					
	面積	面積	四頭筋	大腿直筋	外側広筋	内側広筋	中間広筋	リングス	内転筋群	縫工筋	大腿骨	脂肪量
今村俊雄	112.4	86.0	47.9		5.9	32.1	10.0	31.1	3.9	3.1	8.1	18.3
菊妻康司	161.0	127.9	68.1	0.4	21.1	30.6	16.0	46.6	10.7	2.4	4.9	28.2
中津原潤一郎	177.6	123.0	72.3	1.3	16.4	36.1	18.4	42.8	5.3	2.6	7.9	46.7
中條桂良	216.6	138.1	77.6		21.0	40.2	16.4	45.5	10.4	4.7	7.7	70.8
山田政晴	131.5	101.8	59.9	1.7	9.8	31.4	17.0	34.8	4.4	2.7	6.9	22.8
平均	185.1	129.7	72.7	0.8	19.5	35.7	16.9	45.0	8.8	3.3	6.8	48.6
標準偏差	28.6	7.7	4.7	0.6	2.7	4.8	1.3	1.9	3.0	1.3	1.7	21.4

(n=3)

名前	相対面積比									
	直筋/四頭筋	外側/四頭筋	内側/四頭筋	中間/四頭筋	四頭筋/筋面積	ハム/筋面積	内転筋群/筋面積	ハム+内転筋群/筋面積	脂肪率	
今村俊雄	0.0	12.3	66.9	20.8	55.7	36.2	4.5	40.7	16.3	
菊妻康司	0.6	31.0	45.0	23.5	53.3	36.4	8.4	44.8	17.5	
中條桂良	1.8	22.7	50.0	25.5	58.7	34.8	4.3	39.1	26.3	
中津原潤一郎	0.0	27.0	51.8	21.1	56.2	32.9	7.5	40.4	32.7	
山田政晴	2.8	16.3	52.4	28.4	58.9	34.2	4.3	38.5	17.3	
平均	0.8	26.9	48.9	23.4	56.1	34.7	6.7	41.5	25.5	
標準偏差	0.9	4.1	3.6	2.2	2.7	1.8	2.2	3.0	7.6	

名前	腹部											
	大腰筋			起立筋群			腰方形筋			腹斜筋+腹横筋		
	L	R	total	L	R	total	L	R	total	L	R	total
今村俊雄	14.2	12.8	27.0	33.1	29.6	62.7	7.0		8.7	15.7	26.4	24.7
菊妻康司	17.6	17.4	35.0	42.9	45.8	88.7	4.5		3.9	8.4	28.5	24.1
中津原潤一郎	22.4	23.4	45.8	31.3	26.9	58.2			0.0	29.0	27.8	56.8
中條桂良	15.3	15.9	31.2	31.4	29.0	60.3	6.7		6.3	13.0	22.4	26.7
山田政晴	16.4	15.2	31.6	28.0	30.2	58.3	7.1		7.4	14.5	23.2	22.0
平均	17.9	18.0	35.9	33.4	33.0	66.4	6.1		5.9	9.0	25.8	25.2
標準偏差	3.1	3.8	6.8	6.5	8.7	14.9	1.4		1.8	6.5	3.5	5.0

単位は全て平方センチメートル (cm²)

歳にかけて7回の測定を受けたことになる。本報告では上記3名に全日本ジュニア選手5名を加え、た合計8名が研究の対象となった。彼らの年齢、身長、体重の平均値はそれぞれ19.6歳、163.5cm、77.5kgであった(表1)。

(2) 測定項目

形態計測では、身長、体重、四肢長および四肢周径囲の形態測定をおこなった(表1)。体格および身体組成では、超音波法による皮下脂肪組織厚と筋組織厚の測定を行った。また水中体重秤量法により体脂肪量、体脂肪率(% fat)および除脂肪

体重(LBM: lean body mass)などの身体組成を測定した(表1)。

MRI法により大腿部及び腹部の各筋群の解剖学的横断面積及び皮下脂肪面積を計測した(表2)。

単関節パワーでは、等速性筋力計(CybexII+およびCybex6000)を用いて、肘および膝関節の等速性ピークトルクを測定した。設定速度は、-60(eccentric), 0(static), 60, 180, 300(concentric)度/秒とした(表3)。

無酸素性パワーは、パワーマックスV(コンビ社製)を用いて、3種類の負荷でそれぞれ10秒間の全力ペダリング運動により評価される最大パワ

表3 等速性筋力計（CybexII+およびCybex 6000）による、肘および膝関節の等速性ピーコトルク。（単位：Nm）

Knee		青木	福田	今村	菊妻	木曾川	中津原	山田	中條	平均	標準偏差		
Isometric	Extension	302.1	384.5	245.7	122.3	280.8	217.8	230.8	336.5	265.1	80.3		
	Flexion	119.8	179.5	99.5	93.1	162.1	140.8	82.8	149.8	128.4	35.0		
60deg/s	Extension	209.8	257.0	199.3	98.7	222.4	189.5	158.8	227.8	195.4	48.6		
	Flexion	108.0	167.0	94.9	89.3	145.7	139.3	74.1	133.1	118.9	32.1		
180deg/s	Extension	105.9	158.8	113.4	60.0	118.0	110.5	78.7	124.4	108.7	29.6		
	Flexion	76.2	117.2	74.4	48.5	83.6	95.4	51.3	93.4	80.0	22.9		
300deg/s	Extension	69.5	75.7	72.3	39.5	70.5	66.7	42.6	90.8	66.0	17.0		
	Flexion	52.3	71.6	45.7	40.3	50.8	57.7	32.3	63.6	51.8	12.6		
Extension	First	118.0	124.2	104.5	57.6	93.9	106.0	68.8	114.5	98.4	23.8		
	Latter	82.0	69.8	33.1	29.6	48.1	51.9	44.5	77.0	54.5	19.7		
	Fatigue index	31%	44%	68%	49%	49%	51%	35%	33%	45%	12%		
Flexion	First	59.3	106.5	63.1	58.0	76.2	82.1	52.9	76.5	71.8	17.5		
	Latter	41.2	39.3	44.2	23.5	37.8	39.0	22.7	54.5	37.8	10.5		
	Fatigue index	30%	63%	30%	59%	50%	53%	57%	29%	46%	14%		
Elbow		青木	福田	今村	菊妻	木曾川	仲江川(R)	仲江川(L)	中津原	竹田	山田	平均	標準偏差
Isometric	Extension	65.2	75.6	45.0	59.8	71.7	40.6	55.2	61.2	26.7	46.6	54.8	15.1
	Flexion	47.8	65.2	36.7	47.7	59.1	44.0	39.4	38.9	29.4	30.8	43.9	11.5
60deg/s	Extension	49.6	67.2	43.8	55.0	53.3	31.3	37.1	58.9	25.1	40.4	46.2	13.0
	Flexion	36.0	61.0	32.0	29.5	43.3	33.8	33.8	39.9	24.6	28.1	36.2	10.3
180deg/s	Extension	36.6	51.9	32.7	47.5	43.8	28.0	32.5	43.8	21.5	27.4	36.6	9.9
	Flexion	27.3	38.3	20.9	26.0	30.4	27.3	25.3	29.2	17.8	18.8	26.1	6.1
300deg/s	Extension	30.4	42.6	22.5	32.5	23.7	23.0	22.3	32.5	11.6	20.7	26.2	8.5
	Flexion	22.3	25.5	9.1	20.7	14.8	19.9	13.0	21.1	11.3	13.2	17.1	5.5
Extension	First	34.1	46.9	24.4	36.1	36.6	32.2	29.0	39.5	21.2	25.2	32.5	7.8
	Latter	9.1	24.9	7.0	14.6	13.2	19.3	19.4	27.0	17.4	18.4	17.0	6.3
	Fatigue index	73%	47%	71%	60%	64%	40%	33%	32%	18%	27%	46%	20%
Flexion	First	24.4	44.8	24.6	28.3	24.9	27.3	25.3	31.0	19.0	19.8	26.9	7.2
	Latter	10.9	27.0	11.5	4.8	8.2	14.3	13.3	19.6	10.5	9.6	13.0	6.3
	Fatigue index	55%	40%	53%	83%	67%	48%	47%	37%	45%	51%	53%	14%

表4 自転車全力駆動による最大無酸素性パワー。

氏名	体重 (kg)	負荷値 (kp)	最高回転数 (rpm)	平均パワー (W)	MAnP (W)	MAnP/BW (W/kg)
中津原潤一郎	95.0	7.1	175.0	870.0	1333.0	14.0
中條桂良	75.0	5.6	185.0	744.0	1258.0	16.8
菊妻康司	56.6	4.2	172.0	510.0	887.0	15.7
今村俊雄	62.0	4.7	166.0	625.0	968.0	15.6
山田政晴	59.0	4.4	174.0	558.0	964.0	16.3
平均	69.5	5.2	174.4	661.4	1082.0	15.7
標準偏差	15.9	1.2	6.9	146.0	199.3	1.1

表5 自転車エルゴメータ駆動の負荷漸増法により計測した、最大換気量、最大酸素摂取量および最大心拍数。

氏名	VE (l/min)	VO2 (l/min)	VO2/BW (l/kg/min)	HRmax (bpm)
中津原潤一郎	143.2	3.5	36.9	196.7
中條桂良	120.2	3.0	39.8	197.8
菊妻康司	108.2	2.6	45.3	190.4
今村俊雄	108.9	2.7	42.3	192.5
山田政晴	117.0	2.2	38.7	196.8
平均	119.5	2.8	40.6	194.8
標準偏差	14.2	0.5	3.3	3.2

一値を求めた（表4）。

有酸素パワーは、最大酸素摂取量により評価した。負荷漸増法による自転車エルゴメータ（モナーク社製）駆動により最大換気量、最大酸素摂取量および最大心拍数を測定した（表5）。

動作パワーはパウダーブレーキを負荷とするダイナモーター（Power ProcessorII）を用いて測定された。測定の対象となった動作は、ベンチプレス（BPR：bench press）、インクラインドスクワット（ISQ：inclined squat）、セカンドプル（SP；second pull），ローイング（ROW：rowing），デッドリフト（DLT：dead lift）およびバックストレングス（BST：back strength）動作であった（表6）。

表6 Power ProcessorIIを用いて測定した動作パワー。測定の対象となった動作は、ベンチプレス（BPR：bench press）、インクラインドスクワット（ISQ：inclined squat）、セカンドプル（SP；second pull），ローイング（ROW：rowing），デッドリフト（DLT：dead lift）およびバックストレングス（BST：back strength）動作。（その1）

FName		Load	P-P (W)	P-V (m/s)	P-F (N)
SP(HIC)	AOKI	18.1	1981.3	1.947	1017.5
SP(HIC)	FUKUDA	20.2	3106.6	2.653	1170.8
SP(HIC)	IMAMURA	16.2	2024.1	2.329	869.1
SP(HIC)	KIKUTUMA	14.2	1635.1	2.024	808.0
SP(HIC)	KISOGAWA	13.2	1409.9	1.966	717.1
SP(HIC)	NAKAZUHARA	21.2	2121.2	1.737	1221.0
SP(HIC)	YAMADA	14.1	1715.9	1.985	864.3
平均		16.7	1999.1	2.092	952.5
標準偏差		3.2	548.1	0.303	189.3

FName		Load	P-P (W)	P-V (m/s)	P-F (N)
ISQ	AOKI	24.2	2152.2	1.623	1326.4
ISQ	FUKUDA	24.1	2442.9	2.157	1132.5
ISQ	IMAMURA	24.1	2088.5	1.604	1302.4
ISQ	KIKUZUMA	20.1	1347.3	1.565	860.7
ISQ	KISOGAWA	24.2	2173.9	1.680	1294.1
ISQ	NAKAJO	24.2	1993.2	1.699	1173.2
ISQ	NAKATSUHARA	24.1	2125.8	1.852	1148.0
ISQ	YAMADA	24.2	1590.5	1.145	1388.6
平均		23.7	1989.3	1.666	1203.2
標準偏差		1.4	351.7	0.284	166.4

FName		Load	P-P (W)	P-V (m/s)	P-F (N)
ROW	AOKI	20.1	2448.2	2.348	1042.7
ROW	FUKUDA	23.3	3459.1	3.035	1139.6
ROW	IMAMURA	16.1	1998.0	2.883	693.1
ROW	KIKUZUMA	19.1	1810.9	2.081	870.3
ROW	KISOGAWA	21.2	2464.5	2.463	1000.8
ROW	NAKATSUHARA	21.2	2603.3	2.443	1065.4
ROW	YAMADA	17.1	1654.0	2.100	787.7
平均		19.7	2348.3	2.479	942.8
標準偏差		2.5	607.7	0.364	162.7

second pull), ローイング (ROW: rowing), デッドリフト (DLT: dead lift) およびバックストレングス (BST: back strength) 動作であった（表6）。

フィールドテスト項目は WL のコーチの意向により、倒立腕屈伸運動, 5kg メディシンボール後方投げ, 立ち幅跳び, 30秒間の腹筋運動, および50m 走を設定した。なお5kg メディシンボール後方投げと立ち幅跳びは, ハンガリーのジュニア選手の育成に取り入れられている項目である。(表7—

表6 Power ProcessorIIを用いて測定した動作パワー。測定の対象となった動作は、ベンチプレス (BPR : bench press), インクラインドスクワット (ISQ : inclined squat), セカンドプル (SP;second pull), ローイング (ROW : rowing), デッドリフト (DLT : dead lift) およびバックストレングス (BST : back strength) 動作。(その2)

FName		Load	P-P (W)	P-V (m/s)	P-F (N)
BP	AOKI	8.2	655.2	2.138	306.5
BP	FUKUDA	12.2	1185.7	2.081	569.8
BP	IMAMURA	10.2	631.2	1.546	408.2
BP	KIKUZUMA	8.1	605.7	1.814	334.0
BP	KISOGAWA	10.2	668.7	1.451	460.9
BP	NAKAZUHARA	10.2	619.8	1.527	405.8
BP	YAMADA	8.2	457.6	1.699	269.3
平均		9.6	689.1	1.751	393.5
標準偏差		1.5	229.8	0.273	102.1

FName		Load	P-P (W)	P-V (m/s)	P-F (N)
BS	AOKI	14.2	729.4	1.145	636.9
BS	FUKUDA	20.3	1919.5	1.546	1241.4
BS	IMAMURA	12.1	1340.3	2.195	610.5
BS	KIKUZUMA	12.2	1114.9	1.794	621.3
BS	KISOGAWA	17.3	925.7	0.993	932.5
BS	NAKAZUHARA	15.2	931.6	1.222	762.6
BS	YAMADA	12.1	760.2	1.260	603.3
平均		14.8	1103.1	1.451	772.6
標準偏差		3.1	416.5	0.423	238.6

FName		Load	P-P (W)	P-V (m/s)	P-F (N)
DL	AOKI	18.1	2146.0	2.119	1012.7
DL	FUKUDA	20.2	2079.2	1.852	1122.9
DL	IMAMURA	14.2	1449.9	1.966	737.4
DL	KIKUTUMA	12.3	1165.5	1.909	610.5
DL	KISOGAWA	19.2	1601.1	1.546	1035.5
DL	NAKAZUHARA	15.2	1396.0	1.756	794.9
DL	YAMADA	16.1	1289.2	1.642	785.3
平均		16.5	1589.6	1.827	871.3
標準偏差		2.8	382.2	0.196	186.8

1). また本プロジェクト発足当時から行われてきたフィールドテスト項目の結果についても示した(表7-2)。

これらの測定についての詳細は本報告書第1-2報を参照のこと。

競技成績の記録は、測定時に過去3ヶ月間での試合時における最高記録(スナッチ、クリーンアンドジャークおよびトータル重量)を採用した。

結果と考察

本報告では、紙面制限の関係から上記の表1~7の結果説明及び考察についての記述は割愛し、以

下に本測定継続者3名についての結果と競技力と関連づけた考察を論じることにする。なお、上記3名は、1993年以降からは骨年齢が平均15.7歳であることから歴年齢15.6歳時にはすでに生理学的に成熟していた。

1. 形態的変化

表8に身長、体重、身体組成、周径囲の変化を示した。7年間の身長の伸びは2.0cm以内であったのに対して、体重は中條が18.7kg、青木、中津原はそれぞれ10.2kg、1.0kgの增量を示した。また中條は体重が増え続けているのに対し、青木と

表 7-1 フィールドテスト（ウェイトリフティング選手用）結果。

氏名	年齢 (歳)	手長 (cm)	足高 (cm)	指極 (cm)	立位体前屈 (cm)	垂直跳び (cm)	握力 (右) (kg)	握力 (左) (kg)
中條桂良	20.0	19.4	7.8	173.0	17.0	66.0	46.4	50.1
青木秀範	21.0	19.5	7.5	175.0	0.0	71.0	55.1	56.5
中津原潤一郎	21.0	20.0	7.0	175.0	13.5	60.0	49.1	41.5
福田行延	20.0	21.0	7.5	185.0	24.8	72.0	66.4	63.1
木曾川章	19.0	19.0	7.2	172.0	10.0	72.0	53.8	55.1
山田政晴	18.0	18.0	6.5	152.0	14.5	73.0	41.7	39.2
菊妻康司	20.0	18.0	7.8	141.0	22.7	67.0	33.9	37.8
今村俊雄	18.0	18.3	6.8	164.0	21.0	85.0	51.1	49.2
平均	19.6	19.2	7.3	167.1	15.4	70.8	49.7	49.1
標準偏差	1.2	1.1	0.5	14.3	8.0	7.2	9.6	9.0

氏名	ボール				
	倒立腕屈伸 (回)	後方投* (m)	30秒腹筋 (回)	背筋力 (kg)	立幅跳び (cm)
中條桂良				36.0	197.0
青木秀範	11.0	11.1	28.0	192.0	245.0
中津原潤一郎	10.0	9.6	27.0	170.0	226.0
福田行延	14.0	13.9	27.0	200.0	263.0
木曾川章	6.0	9.7	30.0	178.0	247.0
山田政晴	22.0	6.9	25.0	165.0	245.0
菊妻康司	35.0	6.4	27.0	136.0	218.0
今村俊雄	15.0	10.8	28.0	157.0	278.0
平均	16.1	9.8	28.5	174.4	247.1
標準偏差	9.7	2.6	3.3	22.0	19.2
					0.3

*ボール=5kg メディシンボール

表 7-2 フィールドテスト（本プロジェクト用）結果。

名前	身長 (cm)	体重 (kg)	指極 (cm)	サイド	50m方向 変換走 (回)	垂直跳び (cm)	立ち5段跳び (m)	10回連続跳び (秒)	ハンド ボール投げ (m)
				ステップ					
中津原潤一郎	166.8	94.8	175	52	13.14	63	12	7.05	28.2
中條桂良	164.2	75.9	175	53	12.26	70	13.1	6.66	
今村俊雄	162.1	62.1	165	52	13.08	82	13	7.34	34.5
山田政晴	153.9	59.2	152	50	13.49	75	11.6	8.03	24.8
菊妻康司	147	57.4	142	50	13.56	69	10.9	8.17	31.5

名前	デブスジャンプ				ハンド ボール投げ (m)	メディシンボール投げ		握力		背筋力 (kg)	立位 体前屈 (cm)	上体 そらし (cm)
	滞空時間 (秒)	跳躍高 (cm)	接地時間 (秒)	Index (m/秒)		前方 (m)	後方 (m)	右 (kg)	左 (kg)			
中津原潤一郎	0.466	26.6	0.147	1.81	28.2	9.6	13.1	45	40	164	13.0	58.0
中條桂良	0.561	38.6	0.13	2.97				49	49	192	13.5	51.0
今村俊雄	0.539	35.6	0.196	1.82	34.5	8.5	15.3	52.5	53	160	18.0	59.0
山田政晴	0.553	37.5	0.154	2.44	24.8	7.4	9.5	42	41	158	12.5	58.5
菊妻康司	0.546	36.6	0.154	2.37	31.5	7.8	9	36	44	152	21.0	70.5

表8 身長、体重、身体組成、周径囲の7年間の縦断的変化。

中條

年齢	年	身長 (cm)	体重 (kg)	%Fat (%)	Fat (kg)	LBM (kg)	前腕囲 (cm)	上腕囲 (cm)	大腿囲 (cm)	下腿囲 (cm)	胸囲 (cm)	胴囲 (cm)	臀囲 (cm)
14	1992	162.8	56.8	5.5	3.1	53.7	23.5	25	50	35.7	81.5	65.5	86.0
15	1993	164.3	59.8	3.8	2.3	57.5	24.1	27.2	51.8	36.8	83.3	67.9	87.4
16	1994	165.0	63.6	2.6	1.7	61.9	25.3	27.7	55.5	36.5	88.0	70.0	91.5
17	1995	164.6	66.6	5.7	3.7	62.1	26.4	28.6	57.8	37.5	90.8		
18	1996	164.7	71.0	9.1	6.4	64.6	26.6	30.7	58.3	38.1	91.8	80.0	96.5
19	1997	165.3	72.9	9.6	7.0	65.9	26.8	31.2	59.1	39.2	95.0	81.6	97.4
20	1998	164.8	75.5	15.0	11.3	64.2	26.6	31.3	60.4	39.2	93.0	84.0	95.0

青木

年齢	年	身長 (cm)	体重 (kg)	%Fat (%)	Fat (kg)	LBM (kg)	前腕囲 (cm)	上腕囲 (cm)	大腿囲 (cm)	下腿囲 (cm)	胸囲 (cm)	胴囲 (cm)	臀囲 (cm)
15	1992	167.9	74.4	19.5	14.5	59.9	26.0	31.5	58.0	36.5	95.5	82.0	97.5
16	1993	168.8	76.8	15.1	11.5	64.5	27.7	31.7	58.3	37.1	96.7	83.3	97.0
17	1994	168.9	85.4	16.5	14.1	71.3	28.0	33.8	63.5	38.5	104.0	90.5	104.0
18	1995	168.6	87.5	18.3	15.9	70.7	28.5	34.1	65.4	39.0	105.9		
19	1996	169.0	84.3	12.0	10.1	74.2	28.2	33.8	61.7	38.7	104.8	91.3	103.3
20	1997	169.4	83.0	13.2	11.0	72.0	28.0	33.6	62.2	38.1	103.4	88.1	100.0
21	1998	169.0	84.6	17.3	14.6	70.0	27.1	33.1	62.2	37.8	102.5	92.0	99.0

中津原

年齢	年	身長 (cm)	体重 (kg)	%Fat (%)	Fat (kg)	LBM (kg)	前腕囲 (cm)	上腕囲 (cm)	大腿囲 (cm)	下腿囲 (cm)	胸囲 (cm)	胴囲 (cm)	臀囲 (cm)
15	1992	165.2	94.2	28.4	26.7	67.5	30.0	36.5	68.5	42.3	108.0	97.0	107.0
16	1993	166.6	93.1	24.8	23.1	70.0	29.6	36.7	67.5	42.3	106.0	94.1	104.2
17	1994	166.3	90.5	19.4	17.6	72.9	29.4	35.0	67.2	41.6	106.5	93.5	102.5
18	1995	166.7	101.5	26.4	26.8	74.8	30.4	37.8	73.5	43.4	116.1		
19	1996	167.2	99.7	22.1	22.1	77.7	30.8	38.0	68.7	43.5	117.0	104.5	109.6
20	1997	167.4	97.8	23.2	22.7	75.1	30.4	37.5	67.3	42.7	114.0	105.0	108.2
21	1998	167.3	95.2	22.4	22.2	73.0	29.6	36.6	65.7	41.6	112.5	103.5	105.0

中津原は高校3年次が最高体重を示し、大学時には体重減少を示している。しかしLBMは3名とも1992年に比べると増加を示しているが、3名とも共通していることは、大学1学年時にLBMが最大値を示しその後は、横這い（中條）あるいは減少傾向（青木、中津原）を示している。なおこの傾向は後述する競技成績の傾向と連動している。また%Fatに関しては、青木と中津原に関しては5年間で約2-6%の減少傾向を示しているのに対して、中條は高校2年次では約3%を示していたが、高校3および大学1年次にかけて増加傾向を示し、今回の計測では15.0%と約5倍もの増加を示している。中條の脂肪量をみると、中学2年次には3.1kgであったのに対して大学2年次では11.3kgと5年間で約8.2kgの増加を示し、特にこの増加はここ2年間でもたらされている。このことは明らかに競技力にマイナスの要因である。中條の競技成績の頭打ち傾向は、LBMより体脂肪量の増

加が原因となっていると思われる。またこのことは、後述する動作パワーやフィールドテスト項目においても低下をもたらしている。

さらに皮下脂肪厚と筋厚の変化をみると、LBMの大学1年時での頭打ち傾向は、肩甲骨下部や大腿前後の大筋群での筋厚に値に示されている。また中條の体脂肪量の増加は皮下脂肪厚に増加がみられないことから、内臓脂肪量の増加が大きく関与していることが推察される。

2. 競技成績の変化

表9に測定から一ヶ月前以内での公式競技会での記録変化をスナッチ、クリーン＆ジャーク、トータル重量について示した。3名とも中・高校生期に競技成績は顕著な増加をみせ、高校3年から大学1年次に頭打ち傾向を示している。つまり彼らの大学入学後の競技成績の増加は極僅かであることが分かる。また競技成績の増加が鈍くなるの

表9 競技成績の7年間の縦断的変化。

中條		スナッチ (kg)	C&J* (kg)	Total (kg)
14	1992	82.5	105.0	187.5
15	1993	95.0	115.0	210.0
16	1994	100.0	127.5	222.5
17	1995	112.5	130.0	245.0
18	1996	122.5	147.5	270.0
19	1997	122.5	152.5	275.0
20	1998	122.5	152.5	275.0

青木		スナッチ (kg)	C&J* (kg)	Total (kg)
15	1992	90.0	125.0	215.0
16	1993	97.5	130.0	227.5
17	1994	115.0	150.0	260.0
18	1995	122.5	168.0	287.5
19	1996	125.0	170.0	295.0
20	1997	130.0	170.0	295.0
21	1998	130.0	172.5	295.0

中津原		スナッチ (kg)	C&J* (kg)	Total (kg)
15	1992	90.0	115.0	205.0
16	1993	90.0	120.0	210.0
17	1994	100.0	135.0	230.0
18	1995	110.0	152.5	257.5
19	1996	115.0	152.5	265.0
20	1997	117.5	155.0	272.5
21	1998	117.5	155.0	272.5

*C&J=クリーン＆ジャーク

表10 膝関節の等速性伸展および屈曲トルクの7年間の縦断的変化。

中條		Knee flexion (Nm) 0度/秒 60度/秒 180度/秒 300度/秒			Knee extension (Nm) 0度/秒 60度/秒 180度/秒 300度/秒		
年齢	年	14	1992	152.5	129.4	72.6	61.0
15	1993	154.4	121.1	84.5	66.0	243.9	222.7
16	1994	144.0	146.0	127.0	96.0	263.5	254.1
17	1995	100.4	121.1	125.9	105.6	343.0	248.0
18	1996	139.2	151.6	118.5	100.5	397.1	248.7
19	1997	149.8	133.1	93.4	63.6	307.0	208.3
20	1998					336.5	227.8

青木		Knee flexion (Nm) 0度/秒 60度/秒 180度/秒 300度/秒			Knee extension (Nm) 0度/秒 60度/秒 180度/秒 300度/秒		
年齢	年	15	1992	139.3	137.7	86.4	67.0
16	1993	88.8	91.0	64.8	36.4	271.0	242.3
17	1994	118.0	119.0	88.0	81.0	165.3	169.3
18	1995	108.1	124.0	94.5	83.8	266.0	239.0
19	1996	108.5	103.4	83.1	65.6	241.4	205.9
20	1997	119.8	108.0	76.2	52.3	260.5	219.6
21	1998					302.1	209.8

中津原		Knee flexion (Nm) 0度/秒 60度/秒 180度/秒 300度/秒			Knee extension (Nm) 0度/秒 60度/秒 180度/秒 300度/秒		
年齢	年	15	1992	162.5	152.3	98.5	46.8
16	1993	176.4	142.2	81.4	53.8	272.3	211.6
17	1994	152.0	148.0	95.0	75.0	278.9	241.6
18	1995	143.2	146.9	134.7	95.2	308.0	210.0
19	1996	129.4	140.9	101.1	92.2	332.2	210.4
20	1997	140.8	139.3	95.4	57.7	227.9	191.1
21	1998					217.8	189.5

はクリーン＆ジャークよりもスナッチ種目に顕著であることが示される。

3. 単関節トルクの変化

表10に膝関節の等速性伸展および屈曲トルクの7年間の変化を示した。3名の屈曲、伸展動作とも低速では発揮パワーの増加は殆どみられていない。これに対して300度／秒という高速で発揮されるトルクは年齢增加に伴い顕著な増加を示すが、1997と1998年の2年間で高速の角速度条件で発揮される伸展及び屈曲トルクに減少傾向がみられる。このことは競技成績に連動して興味深いところである。

4. 動作パワーの変化

表11に6種類の動作パワーの7年間の変化率を示した。中條選手の場合、概ね高校3年時に最大のパワー発揮が示されており、その後は横這いあるいは漸減傾向を示している。残念ながら今回の測定では肘を故障していたために、多くの動作パ

表 11 6種類の動作パワーの7年間の縦断的変化。

中條		HIC (W)	DLT (W)	BST (W)	BPR (W)	ISQ (W)	ROW (W)
年齢	年						
14	1992	1601	1280	814	320	1137	1416
15	1993	1315	1357	1115	400	1095	1739
16	1994	1726	1458			1720	
17	1995	1717	1323	1280	484	1455	2112
18	1996	2415	1853	1485	612		2230
19	1997	1650	1689	1184		1725	2163
20	1998					1993	

青木		HIC (W)	DLT (W)	BST (W)	BPR (W)	ISQ (W)	ROW (W)
年齢	年						
15	1992	1766	1507	862	506	1201	1661
16	1993	1564	1403	774	642	1137	2161
17	1994	1779	1480	763		1119	
18	1995	1811	1756	907	818	1753	2545
19	1996	1862	2147	1031	869		2679
20	1997	1688	1922	1201		2059	2347
21	1998	1981	2146	729	655	2152	2448

中津原		HIC (W)	DLT (W)	BST (W)	BPR (W)	ISQ (W)	ROW (W)
年齢	年						
15	1992	1751	1150	900	513	1433	2252
16	1993	1514	1165	1394	634	1252	1959
17	1994	2192	1510	1534	578	1327	2232
18	1995	2059	1235	1229	629	1706	2338
19	1996	2208	1555	1417	753		2789
20	1997	1869	1504	1417		1961	2652
21	1998	2121	1396	932	620	2126	2603

ワーを測定することができなかったが、唯一測定したスクワット動作 (ISQ) のパワー増加 (1993 W) がみられたことは今年度大学3年次の記録更新が期待できそうである。一方青木選手の場合には、スクワットやデッドリフトおよびハイクリーン動作でのパワーは増加傾向を示しているものの、背筋群を主とした腰部の伸展動作であるバックストレングス動作で低下が示されている点が問題である。これらのパワー増加をねらいとするトレーニング内容の作成が必要であろう。

5. フィールドテスト項目の変化

表12にフィールドテスト項目の7年間の変化を示した。中條の場合倒立腕屈伸、握力、立位体前屈では記録に向上がみられるものの、5 kg ボール後方投げ、50m走、垂直跳び等の大きなパワーを発揮する項目において記録の低下が示される。一方青木は大学2年次に50m走と垂直跳びの記録に向

上が示されたこと、中津原も多くの種目において概ね大学1~2年時にピークが示されている。しかし3名の競技成績が頭打ち傾向を示したことを、比較的良好反映している項目とそうでない項目があるように観察される。競技成績の変化と連動しているフィールドテスト項目としては、倒立腕屈伸、5 kg メディシンボール後方投げ、30秒間全力腹筋回数、50m走、垂直跳び、及び背筋力が揚げられる。

6. 最大酸素摂取量の変化

表13に7年間の最大運動時における心拍数、最大酸素摂取量（絶対値と対体重値）の縦断的変化を示した。最大酸素摂取量は絶対値および対体重値とも高校1年次（中條、中津原）あるいは高校2年次（青木）にピークがみられている。大学生になると最大酸素摂取量は、中條39.8ml/分/kg、青木（今回体調不良により測定できず昨年度大学

表12 フィールドテスト項目の7年間の縦断的変化。

中條

年齢	年	倒立腕屈伸 (回)	ボール 後方投* (m)	立ち幅跳 (m)	腹筋運動 (回/30秒)	50m走 (秒)	握力		垂直跳び (cm)	立位体前屈 (cm)	背筋力 (kg)
							(右) (kg)	(左) (kg)			
14	1992	12	6.80	2.37	33	7.0	32.0	37.0	63.0	9.5	145
15	1993	12	7.92	2.48	37	6.7	38.6	41.6	70.0	13.2	163
16	1994	22	8.65	2.65	41	6.8	37.0	45.0	73.0	17.0	214
17	1995	11	8.90	2.40	35		40.0	45.0	72.0	14.5	190
18	1996	10	10.45	2.42	37	6.7	45.0	45.0	75.0	15.5	209
19	1997	18	9.40	2.53	39	7.0	41.0	44.0	63.0	12.5	248
20	1998			2.55	36	6.9	46.4	50.1	66.0	17.0	197

青木

年齢	年	倒立腕屈伸 (回)	ボール 後方投* (m)	立ち幅跳 (m)	腹筋運動 (回/30秒)	50m走 (秒)	握力		垂直跳び (cm)	立位体前屈 (cm)	背筋力 (kg)
							(右) (kg)	(左) (kg)			
15	1992	6	7.10	2.32	26	7.0	54.0	52.5	62.0	12.0	157
16	1993	9	9.58	2.42	28		56.7	54.0	67.0	9.8	172
17	1994	12	9.65	2.30	29		59.0	57.0	61.0	7.0	176
18	1995	8	10.12	2.21	27		57.0	56.0	63.0	10.5	178
19	1996	18	11.03	2.24	30	7.0	61.0	62.0	67.0	10.5	166
20	1997	18	11.26	2.48	31	6.8	64.0	66.0	74.0	5.2	184
21	1998	11	11.10	2.45	28	6.9	55.1	56.5	71.0	0.0	192

中津原

年齢	年	倒立腕屈伸 (回)	ボール 後方投* (m)	立ち幅跳 (m)	腹筋運動 (回/30秒)	50m走 (秒)	握力		垂直跳び (cm)	立位体前屈 (cm)	背筋力 (kg)
							(右) (kg)	(左) (kg)			
15	1992	0	7.50	2.24	23	7.7	48.0	49.0	59.0	10.0	184
16	1993	24	10.41	2.20	24	7.4	43.3	39.3	53.0	15.8	153
17	1994	10	10.00	2.45	29	7.2	53.0	44.0	64.0	14.0	180
18	1995	11	9.44	2.07	27		51.0	41.0	55.0	15.0	147
19	1996	16	10.08	2.18	26	7.4	53.0	45.5	59.0	11.0	168
20	1997	15	10.20	2.32	28	7.3	53.0	49.0	59.0	13.0	223
21	1998	10	9.60	2.26	27	7.3	49.1	41.5	60.0	13.5	170

*ボール=5kg メディシンボール

2年次の値は)41.36ml/分/kg、中津原36.9ml/分/kgと一般大学生並の低い値となっている。この発育期の低下は最大酸素摂取量向上のためのトレーニングを行っていないことに起因していると考えられる。つまり中学生期からウエイトリフティング競技に関連した筋力トレーニングのみを継続していることは、筋量は大きくしても酸素摂取能力は低下させてしまうことを示している。

7. 最大無酸素パワーの変化

表14に自転車ペダリング全力パワーの変化を示した。パワーの最高値は概ね高校生までに示されている。そして大学生になってからは低下がみられ、特に体重当たりやLBMあたりのパワー出力の低下が顕著である。同様に高校1、2年で最大値を示しそれ以降の大学生時になって急激に遞減傾

向を示している。彼らは中学生期からWL競技に関連した筋力トレーニングを継続している訳であるが、そのトレーニングは筋量は多くても無酸素性パワーや前述した酸素摂取能力の増加を伴っていないことが示される。これらの指標の低下はWL選手がトレーニング量をこなすという点からして明らかに不利と言える。

今後の指針として特にジュニアからシニアの移行期となる大学生時のトレーニングでは、専門種目のトレーニングに偏重するあまり、ジュニア時に培った基本的フィットネスを維持あるいは向上させることがキーポイントと言えそうである。本研究結果から導かれるように、ウエイトリフティングのトレーニング内容に無酸素性かつ有酸素性機能も向上させるようなドリルが組み込まれる必要があることが提言できる。

表13 最大運動時における心拍数、最大酸素摂取量の
7年間の縦断的変化。

中條

年齢	年	HRmax (bpm)	VO2max (l/min)	VO2max (ml/kg/min)
14	1992	191	3.00	53.00
15	1993	189	3.39	54.20
16	1994	193	3.41	54.00
17	1995	197	3.32	49.70
18	1996			
19	1997	190	2.71	37.62
20	1998	198	3.01	39.80

青木

年齢	年	HRmax (bpm)	VO2max (l/min)	VO2max (ml/kg/min)
15	1992	187	3.11	41.40
16	1993	194	3.72	41.30
17	1994	190	3.85	45.70
18	1995	194	3.46	39.20
19	1996			
20	1997	186	3.40	41.36
21	1998			

中津原

年齢	年	HRmax (bpm)	VO2max (l/min)	VO2max (ml/kg/min)
15	1992	196	3.66	38.60
16	1993	198	3.93	42.20
17	1994	197	3.83	42.00
18	1995	213	3.56	34.70
19	1996			
20	1997	200	3.73	38.70
21	1998	197	3.50	36.90

表14 自転車ペダリング全力パワーの7年間の縦断的
変化。

中條

年齢	年	Maximum anaerobic power		
		(W)	(W/kgBW)	(W/kgLBM)
14	1992	934	16.4	17.4
15	1993	934	15.6	16.2
16	1994	1033	16.3	16.7
17	1995	1113	16.9	17.9
18	1996			
19	1997	1022	14.0	15.5
20	1998	1258	16.8	19.6

青木

年齢	年	Maximum anaerobic power		
		(W)	(W/kgBW)	(W/kgLBM)
15	1992	989	13.3	16.5
16	1993	1026	13.4	15.9
17	1994	1341	15.8	18.8
18	1995	1352	15.4	19.1
19	1996			
20	1997	1048	12.6	14.6
21	1998			

中津原

年齢	年	Maximum anaerobic power		
		(W)	(W/kgBW)	(W/kgLBM)
15	1992	1099	11.7	16.3
16	1993	1099	11.8	15.7
17	1994	1306	12.8	17.9
18	1995	1352	16.3	18.1
19	1996			
20	1997	1028	10.5	13.7
21	1998	1333	14.0	18.3

一流ジュニアテニス選手のサービス速度に影響する要因とその男女差

報告者 大森 肇¹⁾ 勝田 茂¹⁾
研究協力者 手塚 恵美²⁾ 狩野 豊³⁾ 道上 静香⁴⁾ 高橋 英幸⁵⁾
久野 譜也¹⁾ 高井 省三¹⁾

I. はじめに

テニスにおける有効なサービスは、その一打でポイントを獲得することを可能にする。あるいは、そのようなサービスから有利な展開が生まれ、ポイントの獲得に結びつくことが多い。近年のテニス競技では、ラケット性能の飛躍的向上などを背景としてサービス速度が増大し、勝敗に及ぼすサービスの重要性はますます大きくなっている。

サービス速度を決定するさまざまな要因の内、代表的なものとして技術、形態、体力が挙げられる。体力の中では、特に筋力との関係が高く、握力や背筋力とサービス速度との間に高い正の相関があること⁵⁾、等尺性および遅い角速度(60deg/sec)における等速性膝伸展筋力とサービス速度との間に、また、速い角速度(180deg/sec, 300deg/sec)における等速性肘伸展筋力とサービス速度との間に有意な正の相関が認められること^{1,2)}などが既に報告されている。しかしながらこれらの先行研究は、対象が成熟に達した成年期の選手に限定されている。一方、ジュニア期が選手の将来に大きな影響を及ぼす時期であることを考えると、ジュニア選手のサービスについて検討することは重要であると思われるが、こうした研究やそのことに関して性差を検討した研究はほとんどなされていない。

そこで、日本体育協会により1992年から継続されているプロジェクト研究である「ジュニア期の体力トレーニングに関する研究」の一環として、日本の一流ジュニアテニス選手を対象に、体格、

大腿部筋形態、筋力、基礎的運動能力、サービス技術の各々とサービス速度との関係を検討し、男女間で比較した。今回はその結果を報告する。

II. 方 法

被検者には13歳から17歳までの男子のべ13名(15.6±0.9歳、身長170.9±5.5cm、体重59.5±9.1kg)、女子のべ10名(15.3±0.8歳、身長158.0±5.3cm、体重50.8±2.3kg)、合計のべ23名のジュニアテニス選手を用いた。これらのジュニアテニス選手は地区大会または全国大会出場、あるいは上位入賞レベルである。なお、測定は1年の間隔をおいて2度行い、そのうち男子4名、女子4名は継続して被検者となった。

測定項目は、骨年齢、体格、筋力、基礎的運動能力、無酸素的能力、大腿部筋形態、サービス速度、サービス技術であった。

骨年齢の評価方法としてTW 2法(Tanner-Whethouse 2方式)を採用し、評価部位にはRUSを用いた。骨年齢評価対象の骨には、それぞれAからHあるいはIまでの成熟段階が定められている。これらの成熟段階にはそれぞれ点数(スコア)が付けられており、その合計点数(1000点満点)から村田たちの日本人標準化TW 2スコア年齢概算表に基づいて、骨年齢を算出した⁴⁾。RUSを用いた場合、骨年齢が男子では16.1歳、女子で14.7歳に達した時点が骨成熟であるとされる⁴⁾。

体格については大槻たちの方法⁸⁾に基づいて、長育として身長、上肢長、指極、転子点高を、幅育として肩峰幅、腸骨稜幅を、周育として胸囲、伸展上腕囲、前腕囲、大腿囲、下腿最大囲を、量育として体重の測定を各々行った。また、皮下脂肪厚(上腕背部、肩甲骨下部)も測定した。

膝関節の伸展・屈曲における等速性筋力測定(角

1) 筑波大学体育科学系 2) 飯野川高校

3) 電気通信大学 4) 筑波大学体育センター

5) 国立スポーツ科学センター

速度60, 180, 300deg/sec)にはBiodes (Biodes社製)を用いた。肘関節の伸展・屈曲における等速性筋力測定(角速度60, 180, 300deg/sec)にはCybex (Lumex社製)を用いた。握力はスタッドレー式握力計により左右の筋力を、背筋力はデジタル背筋力計により測定した。

基礎的運動能力は高松たちの方法⁹⁾により、サイドステップ、50m走、50m方向変換走、垂直跳び、立ち5段跳び、ハンドボール投げ、メディシンボール投げ(前方、後方、右側方、左側方)、立位体前屈、上体そらしについて各々測定を行った。

無酸素性能力の指標として、最大無酸素パワーおよび30秒パワーを電磁ブレーキ式自転車エルゴメーター(パワーマックスV;コンビ社製)を用いて測定した。

大腿部の形態測定には超電導MR装置(Signa; General Electric社製)を用いた。あらかじめ大腿部の縦断像を撮影し、その像より大転子と脛骨頭の外側顆間結節を同定した。さらに膝から50%, 70%の位置を決定した。横断像は、70%の位置から遠位の方向へ等間隔で14枚撮影した。分析は全横断面積、筋横断面積、伸筋群である大腿四頭筋(大腿直筋、外側広筋、内側広筋、中間広筋)、屈筋群であるハムストリング(大腿二頭筋、半腱様筋、半膜様筋)、内転筋群(内転筋、薄筋)、脂肪の各横断面積について行った。撮影された写真を基にトレースし、デジタイザーを用いて各部位の面積を測定した。脂肪横断面積を全横断面積で割った値を脂肪面積比とした。

サービス速度の測定は以下の方法で行なった。被検者をデュースコートのセンターマーク付近に立たせ、サービスエリアのセンター付近に設けた区域内(2m四方)に、可能な限り速いサービスを打たせた。ボールはXT-8(ブリヂストン社製)を用い、ラケットは各被検者が通常使用している物を用いた。十分なウォーミングアップを行った後に20球のサービスを打たせ、区域内に入ったサービスの中で速かったものを3球選び、その平均値を各自のサービス速度として用いた。ただし20球の試技中に3球以上の成功試技が得られなかつたときは、3球成功するまでサービスを打たせた。サービス速度の測定にはハイスピードビデオカメ

ラを用い、撮影地点から37メートル離れた場所に設置して撮影した。分析は毎秒100コマで行い、ボールがラケットに当たった瞬間の2コマ先からさらに1~3コマ先までのボールの移動距離を基にサービス速度を算出した。

サービス技術の測定には村松たちのスキルテスト³⁾を用いた。このテストは設定されたボックスに向けてサービスを打ち、1バウンド目では正確性を、2バウンド目では1バウンド後のボールの飛距離からサービスの威力をそれぞれ点数化し、その合計点によって技術レベルを検定するものである。被検者が立つエンドの反対側クロス方向のサービスコートに、1バウンド目の点数として1点から4点までの4種類のエリアを設定した。さらに2バウンド目の点数については、ベースラインからフェンス方向へ向かって2.7425m間隔で2本のラインを設定し、ベースライン側からそれぞれ1点、2点、4点とした。なお、サービスライン及びその延長線とベースライン及びその延長線との間のエリアは0点とした。被検者は設定されたエリアに向けてサービスを打ち、1バウンド目の点数と2バウンド目の点数の合計点を1回の試技の点数とした。ボールはXT-8(ブリヂストン社製)を用い、ラケットは各自が通常使用している物で行った。十分なウォーミングアップの後、デュースサイドから5球、アドバンテージサイドから5球の計10球の試技を行い、これを1セットとした。1セットの満点は80点で、4セットを行いその平均値を個人の値とした。なお、フォルトは0点、レットはやり直しとした(図1)。

III. 結 果

1. 骨年齢

骨年齢は男子が 14.8 ± 0.9 歳、女子が 14.3 ± 0.7 歳で、統計的に差は認められなかった。一方、スコアでは男子が 787.3 ± 160.4 点、女子が 948.6 ± 54.8 点で男女間に有意な($p < 0.01$)差が認められた。

2. サービス速度との関係

1) 骨年齢

サービス速度と骨年齢との間に、男子では有意

な相関関係が認められた ($r = 0.757$, $p < 0.05$) が、女子では認められなかった。

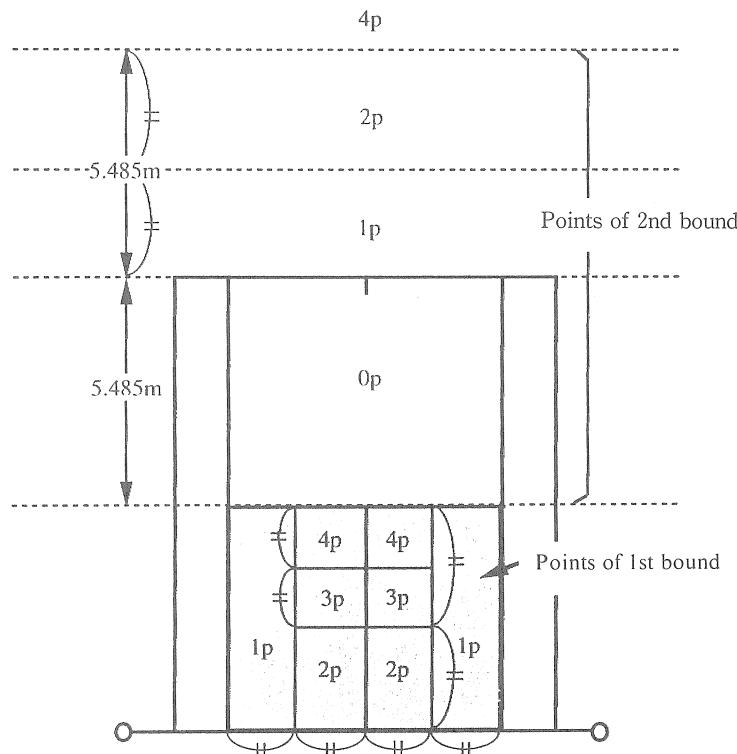
2) 体格

サービス速度、骨年齢のそれぞれと体格との関係を表1に示した。男子は身長、体重、伸展上腕囲、大腿囲、下腿最大囲、肩峰幅、腸骨稜幅でサービス速度との間に有意な相関関係が認められ、女子は下腿最大囲で有意な負の相関関係が認められた。骨年齢との間には男子の身長、体重、胸囲、指極、伸展上腕囲、前腕囲、大腿囲、下腿最大囲、肩峰幅で有意な相関関係が見られたが、女子はど

の項目とも相関関係は認められなかった。

3) 筋力

サービス速度、骨年齢のそれぞれと筋力との関係を表2に示した。男子の等速性筋力と骨年齢との間には、膝における伸展・屈曲の全ての角速度、肘伸展300deg/sec, 肘屈曲60deg/sec, 180deg/secで有意な相関関係が認められた。以上のように多くの項目で発育の影響を受けていることが示されたが、サービス速度との間に有意な相関関係が認められたのは膝伸展筋力60deg/secのみであった。女子はいずれの項目でもサービス速度、骨年齢と



	Deuce side					Advantage side					Total points
	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	
Points of 1st bound											
Points of 2nd bound											
Total points											

図1 Method of service skill test.

もに等速性筋力との間に相関関係は認められなかった。

サービス速度と握力との間には、男子では利き手、非利き手の両方で、女子では非利き手で有意な相関関係が認められた。握力と骨年齢との間には男子の利き手、非利き手で有意な相関関係が認められたが、女子では認められなかった。

サービス速度と背筋力との間には男子では有意な相関関係が認められたが、女子では認められなかった。骨年齢と背筋力との間には男子では有意な相関関係が認められたが、女子では認められなかった。

4) 基礎的運動能力

基礎的運動能力と骨年齢との関係を表3に示し

た。基礎的運動能力と骨年齢との間に、男子は立ち5段跳び、メディシンボール投げの前方、後方、女子はサイドステップで有意な相関関係が認められた。基礎的運動能力とサービス速度との間に、男子は立ち5段跳び、ハンドボール投げ、メディシンボール投げの前方、後方、非利き手側、女子ではメディシンボール投げの後方、非利き手側、立位体前屈）で有意な相関関係が認められた。

5) 無酸素性能能力

サービス速度と無酸素性能能力との関係を表3に示した。サービス速度と無酸素性能能力との間に、男子は最大無酸素パワー、30秒パワー、30秒パワー／体重、女子は無酸素最大パワー、無酸素最大パワー／体重で有意な相関関係が認められた。骨

表1 Correlation coefficients between physical characteristics and service speed or bone age

	Boys		Girls	
	service speed	bone age	service speed	bone age
Height	0.559 *	0.897 **	0.185	0.166
Weight	0.582 *	0.864 **	-0.055	0.205
Chest girth	0.520	0.720 *	0.120	0.520
Upper limb length	0.580	0.584	-0.098	0.170
Finger reach span	0.290	0.757 **	0.028	0.016
Trochanteric height	0.161	0.455	0.129	-0.003
Upper arm girth	0.604 *	0.740 **	0.108	0.035
Forearm girth	0.564	0.758 **	-0.476	-0.339
Thigh girth	0.609 *	0.804 **	-0.415	0.191
Lower leg girth	0.618 *	0.740 **	-0.699 *	-0.412
Biscrominal breadth	0.787 **	0.776 **	-0.413	-0.560
Bicristal breadth	0.586 *	0.395	-0.385	-0.195
Skin fold (back)	-0.57	0.088	0.143	0.609
(upperarm)	-0.587	-0.094	0.186	0.865

*; p<0.05 **; p<0.01

年齢と無酸素性能能力との間に、男子は最大無酸素パワー、30秒パワーで有意な相関関係が認められたが、女子はいずれの項目とも相関関係は認められなかった。

6) サービス技術

サービス速度とサービス技術との関係を表3に示した。サービス速度とサービス技術との間に、女子は有意な相関関係が認められたが、男子は見られなかった。骨年齢とサービス技術との間に、男女とも有意な相関関係は認められなかった。

サービス速度、骨年齢のそれぞれと基礎的運動能力、無酸素性能能力、サービス技術との相関関係を表4に示した。

7) 大腿部筋形態

サービス速度、骨年齢のそれぞれと大腿部筋形態との関係を表4に示した。サービス速度と大腿部筋形態との間に男子は全横断面積、筋横断面積、大腿四頭筋、大腿直筋、外側広筋、内転筋群の各横断面積、脂肪面積比、女子では中間広筋横断面積で有意な相関関係が認められた。骨年齢と筋横

表2 Correlation coefficients between strength and service speed or bone age

		Boys		Girls	
		service speed	bone age	service speed	bone age
Knee extension	60deg/sec	0.626 *	0.955 **	0.535	0.470
	180deg/sec	0.346	0.908 **	0.326	-0.145
	300deg/sec	0.423	0.893 **	0.039	-0.418
Knee flexion	60deg/sec	0.133	0.73 *	0.064	0.580
	180deg/sec	0.327	0.771 *	-0.077	0.268
	300deg/sec	0.214	0.834 **	0.057	0.480
Elbow extension	60deg/sec	0.285	0.609	-0.302	-0.308
	180deg/sec	0.199	0.695	-0.256	-0.407
	300deg/sec	0.260	0.771 *	0.143	0.378
Elbow flexion	60deg/sec	0.297	0.794 *	-0.156	-0.540
	180deg/sec	0.239	0.742 *	0.146	-0.617
	300deg/sec	0.198	0.696	0.303	-0.047
Grip strength	dominant	0.612 *	0.824 **	0.572	0.251
	non dominant	0.607 *	0.773 **	0.749 *	0.340
Back strength		0.623 *	0.769 **	0.341	0.444

*; p<0.05 **; p<0.01

断面積との関係は男子では全横断面積、筋横断面積、大腿四頭筋、ハムストリング、外側広筋、内側広筋、中間広筋、内転筋群の各横断面積で、女子は内転筋群横断面積、大腿四頭筋横断面積／筋横断面積で有意な相関関係が認められた。

以上に述べた骨年齢とサービス速度のそれぞれと各測定項目との関係を抜粋し、図2にまとめた。

IV. 考察

1. 骨成熟の男女差

本研究において暦年齢に男女差は見られなかつたが、骨年齢スコアには有意差が認められた。すなわち、女子はほぼ成熟に達しているのに対し、男子は測定時も発育の途上にあったといえる。通常女子は男子よりも発育発達が2年ほど早く始まり、早く終わる。骨年齢スコアに見られた男女間の差は一般的な発育発達にみられる性差といえるだろう。

表3 Correlation coefficients between physical performance and service speed or bone age

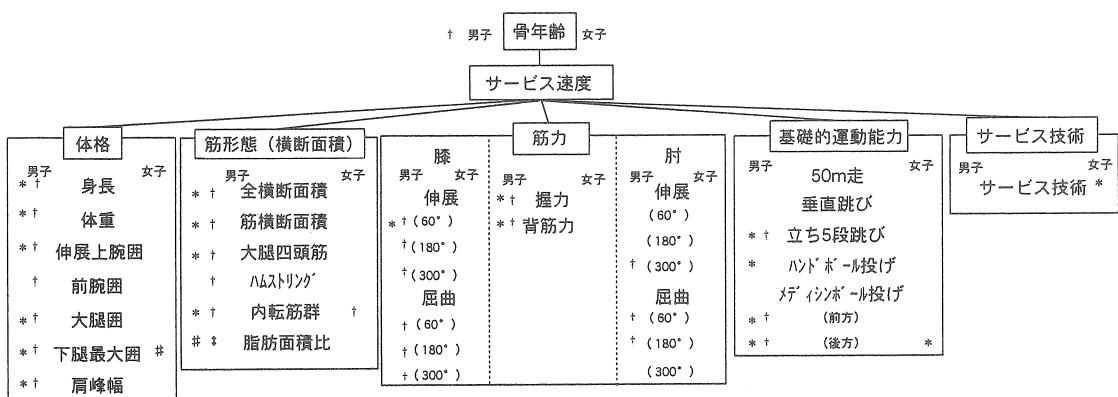
	Boys		Girls	
	service speed	bone age	service speed	bone age
Side step	0.327	0.548	-0.282	-0.644 *
50m sorint	-0.664	-0.585	-0.340	-0.424
50m sprint with changing direction	0.103	-0.408	0.008	-0.482
Vertical jump	0.545	0.612	0.217	-0.360
5 step jump	0.603 *	0.715 *	0.446	-0.208
Handball throw	0.645 *	0.587	0.281	0.007
Medicineball throw				
Forward	0.846 **	0.743 **	0.363	0.222
Backward	0.719 **	0.698 *	0.651 *	0.480
dominant side	0.870	0.406	0.758	-0.294
non dominant side	0.607 *	0.685	0.925 *	-0.649
Standing trunk flexion	0.126	0.549	0.733 *	0.129
Trunk extension	0.277	0.458	-0.218	0.453
Anaerobic power	0.690 *	0.823 **	0.682 *	0.260
Anaerobic power/wt	0.451	0.460	0.683 *	0.106
30 power	0.699 **	0.833 **	0.649	-0.002
30 power/wt	0.649	0.567	0.528	-0.156
service skill	0.422	0.095	0.640 *	0.126

*; p<0.05 **; p<0.01

表 4 Correlation coefficients between cross sectional area of femoral muscles and service speed or bone age

	Boys		Girls	
	service speed	bone age	service speed	bone age
T-CSA	0.647 *	0.849 **	-0.304	0.204
M-CSA	0.743 **	0.842 **	0.168	0.972
QF-CSA	0.635 *	0.819 **	-0.202	-0.305
Ham-CSA	0.533	0.821 **	-0.044	-0.519
Add-CSA	0.761 **	0.714 *	0.411	0.631 *
RF-CSA	0.706 **	0.565	-0.520	-0.315
VL-CSA	0.679 *	0.887 **	-0.413	-0.207
VM-CSA	0.295	0.639 *	-0.114	-0.601
VI-CSA	0.568	0.727 *	0.667 *	0.496
QF-CSA/M-CSA	-0.573	-0.312	-0.594	-0.721 *
Ham-CSA/M-CSA	-0.372	-0.329	-0.127	-0.496
Ham+Add-CSA/M-CSA	0.467	0.278	0.345	0.332
Fat	-0.114	0.213	-0.547	0.217
%Fat-CSA	-0.721 **	-0.611	-0.540	0.178

*; p<0.05 **; p<0.01



* ; サービス速度と有意な正の相関の認められた項目 † ; 骨年齢と有意な正の相関の認められた項目
‡ ; サービス速度と有意な負の相関の認められた項目 § ; 骨年齢と有意な負の相関の認められた項目

図 2 結果のまとめ

2. サービス速度と各測定項目との関係とその性差

1) 骨年齢

サービス速度と骨年齢との間に男子では有意な相関関係が認められたが、女子ではそのような関係は見られなかった。男子は、骨年齢スコアが被検者間で差が大きいこと、発育が進むにつれて筋量が増す時期であることから、骨年齢とサービス速度との間に相関関係が見られたものと思われる。一方女子は、骨成熟に達している被検者が多かったこと、発育が進むにつれて筋が増加するのではなく逆に脂肪の沈着が進む時期であることから、骨年齢とサービス速度との間に相関関係が認められなかつたことも考えられる。

男子においてはサービス速度に発育発達の度合いが影響していることが示唆された。発育期の影響を受けていることを前提として、各要因とサービス速度にどのような関係が見られるかを以下に考察する。

2) 体格

男子は身長、体重、胸囲、指極、伸展上腕囲、前腕囲、大腿囲、下腿最大囲、肩峰幅の9項目で骨年齢との間に有意な相関関係が認められたが、女子はどの項目との間においても認められなかつた。骨年齢との関係からも見られるように、男子は体格の多くの項目で発育の影響を受けている。その中でサービス速度との間に相関関係が認められたものは、身長、体重、伸展上腕囲、大腿囲、下腿最大囲、肩峰幅、腸骨稜幅であった。女子は下腿最大囲で負の相関関係が認められただけであった。男子については体格の大きさ、特に体重や周径は筋肉の発育によるところが大きいため、サービス速度との間に相関関係が得られたものと思われる。男子において、身長とサービス速度との間に相関関係が認められたことは、高い打点で打てるという力学的な側面の影響もあるかもしれない。逆に女子において負の相関関係が認められた下腿最大囲は、普通は上腕囲や大腿囲に現れる脂肪の沈着が、思春期の女子においては下腿囲にも現れるため、負の相関関係が認められたのかもしれない。

3) 筋力

男子では骨年齢と筋力のほとんどの項目において相関関係が認められた。一方、等速性筋力に注目するとサービス速度との間に相関関係が認められたのは膝伸展筋力60deg/secのみであった。理想的なサービス動作は下肢から体幹、上肢へと伝えられるため、大森たち⁶⁾⁷⁾や三橋¹⁾²⁾は下肢では遅い角速度、上肢では速い角速度で、サービス速度との相関があると報告している。本研究の結果から考えても、特にサービス速度に影響する筋力として膝伸展筋力60deg/secの重要性が示唆される。肘筋力においてはサービス動作中の速度が測定時よりもかなり高速であるために相関関係が認められなかつたのかもしれない。握力や背筋力は全身の筋力との相関が高いといわれるが、発育の影響もサービス速度との相関関係とともに認められた。

女子では骨年齢との間に相関関係の認められる項目はなく、サービス速度との間においても握力の非利き手でのみ有意な相関関係が認められた。女子の場合、サービス速度に筋力が貢献しなかつたのは、筋力、特に下肢の筋力をラケットやボールに伝えるのに十分な技術を持っていなかつたためなのかもしれない。握力は非利き手側でのみ相関関係が認められたが、非利き手側とサービス速度との関係は考えにくく、今回の被検者に独特の特性であるかどうかは不明である。

4) 基礎的運動能力

男子は立ち5段跳び、ハンドボール投げ、メディシンボール投げの前方、男女のメディシンボール投げの後方、非利き手側、女子は立位体前屈でサービス速度との間に有意な相関関係が認められた。立ち5段跳びは脚力発揮の、前後へのメディシンボール投げは体幹の筋力発揮の指標であるため、男子においてはこれらの指標とサービス速度との間に相関関係が見られたのかもしれない。メディシンボール投げの側方は、利き手側よりも非利き手側においてサービス速度との関係が見られた。しかし被検者(男女ともにn=5)が少なかつたため、利き手側よりも非利き手側の方がサービス速度に影響するのか、それとも今回の被検者の特性であったのかは分からぬ。今後、被検者を増やした上で再検討が必要であろう。

5) 無酸素性能

無酸素性能力において男子では絶対的な能力と骨年齢との間に発育に伴う正の相関関係が認められるが、体重の増加を伴うため相対的な能力との間に相関関係は見られない。無酸素性能力とサービス速度との間に、男女とも有意な相関関係が認められたことは脚のパワー発揮がサービス速度に貢献していることを示すものなのかもしれない。

6) 大腿部筋形態

男子では、サービス速度と全横断面積、筋横断面積、大腿四頭筋、大腿直筋、外側広筋、内転筋群の各横断面積、脂肪面積比との間に、有意な相関関係が認められた。大腿部においては筋量が多いほどサービス速度が速いことが示唆された。サービス速度と大腿四頭筋横断面積との間には相関があり、ハムストリング横断面積との間にはなかったこと、等速性膝筋力においても屈曲では相関関係が認められず、伸展筋力(60deg/sec)でのみ相関関係が認められたことから、屈筋群よりも伸筋群の方がサービス速度への貢献が大きいことが示唆される。女子では中間広筋横断面積でのみ有意な相関関係が認められたが、その他では認められなかつた。これらのことから、今回の被検者の女子においては、サービス速度に与える筋力の影響は少なかつたものと考えられる。

V. まとめ

男子は体格、筋量、筋力に関わる複数の測定項目とサービス速度との間に相関関係が認められ、中でも遅い角速度での膝伸展筋力と大腿四頭筋量の重要性が示唆された。女子では男子とは対照的に、そういった関係性はほとんど認められない反面、サービス速度とサービス技術との間に相関関係が認められた。大森たち^{6,7)}は、技術レベルが一定レベルよりも低い被検者が含まれているとサービス速度との間の相関関係が認められなくなると報告している。本研究において、サービス技術は男子の方が女子よりも有意に($p < 0.01$)高値を示

した。男子はサービス技術が高いため持っている筋力をサービス動作で発揮し、速度へ貢献させることができた。一方、サービス技術レベルの低い女子は持っている筋力をサービス速度に貢献させることができず、サービス技術とサービス速度との間でのみ相関関係が認められたものと考えられた。

参考文献

- 1) 三橋大輔：等速性筋力がテニス競技におけるサービスのスピードに及ぼす影響。平成3年度筑波大学体育専門学群卒業研究論文：1-90, 1992.
- 2) 三橋大輔：テニスプレーヤーの筋力発揮特性とサービススピードの関係。平成6年度筑波大学体育研究科修士論文：1-100, 1995.
- 3) 村松憲たち：簡便で信頼度の高いテニスのスキルテストの開発。テニスの科学，4：46-52, 1996.
- 4) 松岡尚史たち：骨年齢。平成7年度日本体育協会スポーツ医・科学研究報告。No. V ジュニア期の体力トレーニングに関する研究—第4報—：8-15, 1996.
- 5) 中村輝男たち：テニスプレーヤーの基礎体力とサーブの速度との相関について。昭和57年度日本体育協会スポーツ医・科学研究報告。No. II 競技種目別競技力向上に関する研究—第6報—：65-71, 1983.
- 6) 大森肇たち：テニスのサービス速度と筋力との関係は技術レベルによって変化する。日本体育学会第46回大会号：308, 1995.
- 7) 大森肇たち：等速性筋力とテニスのサービス速度との関係；技術レベルを考慮した検討。日本体育学会第47回大会号：292, 1996.
- 8) 大槻文夫たち：平成5年度日本体育協会スポーツ医・科学研究報告。No. V ジュニア期の体力トレーニングに関する研究—第2報—：4-8, 1994.
- 9) 高松薰たち基礎的運動能。平成4年度日本体育協会スポーツ医・科学研究報告。No. II ジュニア期の体力トレーニングに関する研究—第1報—：33-36, 1993.

