

## 男子エリートテニス選手における体力・運動能力の 発達に関する横断的研究

小屋菜穂子<sup>1)</sup> 北村 哲<sup>2)</sup> 梅林 薫<sup>3)</sup>

### A cross-sectional study on age-related development of physical fitness and motor ability in male elite tennis players

Nahoko Koya<sup>1)</sup>, Tetsu Kitamura<sup>2)</sup> and Kaoru Umebayashi<sup>3)</sup>

#### Abstract

This cross-sectional study investigated the comprehensive physical fitness and motor ability for Japanese elite age-group tennis players. Sixty one male players were divided into three age groups : group A (12-14 yr), group B (15-17 yr), group C (18- yr). It was found that : 1) There was a significant correlation between total Principal Component Analysis score (all PCAS) which summed up laboratory and field test results and match performance based on the Japan Tennis Association ranking points per 1 tournament (JTA RP/1tournament). 2) Several variables such as jump ability and medicine-ball throw did not show differences significantly from groups B to C, but only isokinetic strength in leg and trunk showed differences significantly across the three age groups. 3) A significant regression between the laboratory test and field test scores was found ( $y=0.863x-0.108$ ,  $r=0.802$ ,  $p<0.01$ ). Based on this regression, some players were judged to poor motor ability for their physical fitness. These results suggest that well-balanced training between physical fitness and motor ability was essential to progress tennis performance.

Key words: tennis, physical fitness, motor ability, performance level, comprehensive evaluation  
テニス, 体力, 運動能力, 競技力, 総合的評価

#### 1. 緒言

テニスは、打つ・走る・切り返す・止まる等の動作を高強度で繰り返しながら、ポイントを競う競技である。実際の1ポイントにかかる時間は平均5~10秒であるが、試合時間は定まっていないため、試合時間は2時間を超えることもめずらしくない (Pearson, 2007)。従ってポイントを得るためには、短時間で素早く動き大きな力を出す無酸素性パワー系の体力要因は不可欠であるものの、勝利するためにはそれを試合の終盤まで継続して繰り返す有酸素性持久力も求められる (Kovac, 2010)。そのためテニス選手には全面的な体力が要求されるが、パワーテニス全盛の今日では、より強いボールを打ちダイナミックに動くための速筋線

維に効果的な体力トレーニングが主流となっている (Kovac, 2010)。

テニスに関する体力については、数多くの報告がある (Kibler and Safran, 2000; Marques, 2005; Roetert et al., 1996; Scott et al., 1998; Young et al., 2001)。これらの報告によると、テニスのパフォーマンス向上に直結している体力要因はひとつではない。Powers and Walker (1982) は女子学生テニス選手を対象にした調査のなかで、パフォーマンスレベルの高い学生ほど握力と最大換気量・最大酸素摂取量に優れていたと報告している。Signorile et al. (2005) は、等速性筋力とボールスピードの相関関係について述べている。Marques (2005) はストレングストレーニングの重要性を報告するなかで、最大筋力・筋パワー・筋持久力に分類し

1) 九州共立大学スポーツ学部  
Kyushu Kyoritsu University Faculty of Sports Science

2) びわこ成蹊スポーツ大学  
Biwako Seikei Sports College

3) 大阪体育大学  
Osaka University of Health & Sport Science

て、それぞれの向上に適したプログラムを提示している。プログラムはテニスに必要な動作をもとに構成されており、そこでは技術と体力を切り離さずにトレーニングを行う重要性が示唆されているが、特に力の立ち上がりの速さを重要視している。これら先行研究の結果は、対象者の競技レベル・パフォーマンスの指標としたテニス技術等（サーブ、ストローク等）によってそれぞれ結論が異なり、無酸素性パワーの重要性は理解されているものの、統一した見解が得られていない。その理由の一つとして、動作の多様性が考えられる。ボールを追いかける、ラケットを振りボールを打つという一連の動作の中には、状況に応じて様々な走り方・止まり方・ラケットスイングがある。Perry et al. (2004) は、テニスパフォーマンスには多くの体力要因が関係しており、選手個人の身体的特性や総合体力レベルがコート上のパフォーマンスを反映していることを報告している。その中でひとつの体力要因に優れていることよりも、バランスよく体力を培う意識を持つことが競技力向上につながる可能性を示唆しており、オンコートのテニスパフォーマンスと多様な体力特性を結び付けるには、より多くの研究が必要であると述べている。これらを鑑みると、パフォーマンスに直結する体力要因を絞り込むよりはむしろ各動作に応じた測定項目を設定し、複数の体力要因から総合的に体力を評価することの方が、選手の競技力を判断する一助になると考えられる。

現在日本のテニス界では、男子選手の躍進が目覚ましい。国別団体戦のデビス杯では、2011年に27年ぶりのワールドグループ復帰を果たし（ワールドグループに入るのは世界で16カ国のみ）、翌2012年にアジア/オセアニアゾーンへ降格したものの、2014年にはワールドグループに再度復帰し初勝利を収め、世界のベスト8入りを果たした。その原動力となっているA選手は、2014年に日本人男子選手史上最高位となるATPランキング5位を記録した。また2012年3月のランキングでは、史上初めて日本人男子選手3名が同時に100位以内に入り、再度2014年にも3選手が100位以内に入った。幅広い体力が求められるテニスの世界で、体格やエネルギー供給系のパワーで劣る日本人選手が世界で活躍していくためには、技術だけではなく体力においても計画的な強化が不可欠である。彼らに続くジュニア選手がどのような観点をもって体力向上にとりくみ、培った体力をテニスパフォーマンスにつなげるべきか、技術を支える体力面からの検討が必要である。

テニスのパフォーマンスを専門的運動スキルと捉えた場合、それを支えているのは走る・跳ぶ・投げる等の基礎的運動スキル、次に柔軟性・バランス・敏捷性等の基礎運動要素と続き、その土台として体格や筋力・呼吸循環機能等の身体機能がある（日本テニス協会, 2005）。本研究ではこの考え方を応用し、テニスパフォーマンスを競技力、基礎的運動スキルを基礎的運動能力、そして基礎的運動要素と身体機能を体力と捉え、オフコートで培うべき体力・基礎的運動能力について検討する。具体的には、ジュニアから大学生まで各年代トップレベルの日本男子テニス選手の総合的な体力・基礎的運動能力を横断的に調査し、各年代における体力特性に関する基礎的知見を得ることを目的としている。さらに採用した測定項目の総合的評価と競技力との関連についても検討した。

## II. 研究方法

### 1. 対象者

対象者は12~14歳のナショナルジュニア男子選手22名（A群）、15~17歳のナショナルジュニア男子選手19名（B群）、18歳以上のナショナルジュニア男子選手とユニバーシアード代表候補選手20名（C群）の計61名である。すべての対象者（保護者を含む）に対し、研究目的・方法の事前説明を行い、同意を得た上で測定に協力してもらった。また本研究は筆者所属機関の倫理審査委員会の審査を受け、承認を得ている。

### 2. 測定項目

対象者の身体的特性および体力測定結果をTable 1に示した。体力測定として、実験室で行うラボラトリーテスト（以下ラボテスト）とコート上で行うフィールドテストの2種類を行った。測定は、2008年から財）日本テニス協会が実施している項目で実施した（小屋ほか, 2011；小屋ほか 2014）。

ラボテスト測定項目を以下に示す。

#### 1) 垂直方向のジャンプ

手を腰に固定したスクワット姿勢からのスクワットジャンプ（SQJ）と腕振りを用いたカウンタームブメントジャンプ（CMJ）の値を合計し、記録とした。測定はマットスイッチ（マルチジャンプテスタ・DKH製）を用いた。

#### 2) RJ-Index

手を腰に固定した状態から、連続6回リバウンドジャンプを実施した。跳躍高の最も高いジャンプ時の

**Table 1** Physical characteristics and test results of players in each group. Significant differences ( $p < 0.05$ ) compared to different aged groups as to 12-14yrs (A), 15-17yrs (B), 18-yrs (C) were also indicated.

Items	12-14 Junior (A)	15-17 Junior (B)	18- univ (C)	
Number of Sub.	22	19	20	
Average Age	13.23 ± 0.65	15.67 ± 0.73	20.70 ± 1.69	
Height (cm)	167.11 ± 7.76 BC	173.76 ± 4.19 A	173.30 ± 5.15 A	
Weight (kg)	56.18 ± 8.84 BC	66.48 ± 3.52 A	68.90 ± 4.64 A	
Laboratory Test	Vertical Jump (cm)	73.66 ± 10.23 BC	80.94 ± 7.24 A	84.10 ± 5.95 A
	RJ-index (m/sec)	1.934 ± 0.293	1.968 ± 0.274	2.157 ± 0.438
	Stepping (n)	62.58 ± 5.01 B	66.00 ± 2.97 A	64.70 ± 4.38
	Leg isokinetic strength (Nm)	417.92 ± 88.27 BC	534.28 ± 78.39 AC	638.30 ± 111.89 AB
	(Nm/kg)	7.44 ± 1.13 C	8.07 ± 1.30 C	9.26 ± 1.56 AB
	Trunk isokinetic strength (Nm)	349.82 ± 99.86 BC	432.06 ± 73.05 AC	518.33 ± 78.45 AB
	(Nm/kg)	6.17 ± 1.28 C	6.51 ± 1.12 C	7.52 ± 0.96 AB
	Intermittent Test (W)	480.44 ± 106.11 BC	624.38 ± 53.42 A	648.78 ± 44.29 A
	(W/kg)	8.48 ± 0.85 BC	9.39 ± 0.56 A	9.42 ± 0.41 A
	Field Test	Horizontal Jump (m)	8.71 ± 0.78 C	9.15 ± 0.47
5m sprint (m/sec)		4.50 ± 0.26 C	4.61 ± 0.22 C	4.87 ± 0.49 AB
505 Agility test (m/sec)		4.26 ± 0.21 BC	4.41 ± 0.15 A	4.49 ± 0.13 A
CODS (m/sec)		15.27 ± 0.61	15.43 ± 0.36	15.43 ± 0.60
Medicine ball throw (m)		55.62 ± 8.79 BC	67.49 ± 5.77 A	68.55 ± 6.03 A
(m/kg)		0.97 ± 0.13	1.01 ± 0.08	1.00 ± 0.08
Multistage Shuttle Run (n)		125.82 ± 11.69 BC	136.89 ± 11.74 A	138.85 ± 11.42 A

\*Values represent mean ± S.D.

接地時間と滞空時間より、リバウンドジャンプ指数 (RJ-Index; 関子ほか, 1993) を算出し記録とした。測定時には最大限接地時間を短くし、かつ最大限高く跳躍することを口頭で指示した。測定はマットスイッチ (マルチジャンプテスト・DKH 製) を用いた。

### 3) ステッピング

最大努力で5秒間のステッピングを実施し、回数を記録とした。測定はマットスイッチ (マルチジャンプテスト・DKH 製) を用いた。

### 4) 等速性筋力測定 (下肢・体幹)

Biodex を用い、60deg/sec の負荷設定で等速性筋力を測定した。下肢は左右両脚の屈曲、伸展の最大トルクの合計を記録とした。体幹は体幹の屈曲、伸展の最大トルクの合計を記録とした。

### 5) インターミットtentテスト

Powermax を用い、体重の7.5%の負荷設定で5秒間の全力ペダリングを10セット実施した。セット間の休息は20秒に設定した。発揮したパワー (W) から、10セットの平均値を記録とした。

フィールドテストの測定項目を以下に示す。

#### 1) 水平方向のジャンプ

立幅跳び (文部省, 2000) の記録と立ち三段跳びの

記録を合計し、水平方向のジャンプとして記録した。単位はmに設定し、小数点第2位までを表記した。

#### 2) 5mスプリント

5m走のタイムを、光電管 (Timing systems・Brower 社製) を用い計測した。分析の際は、速度 (m/sec) に換算し記録とした。

#### 3) 505アジリティテスト (ASC, 2000)

Fig. 1に測定方法を示した。スタートラインから光電管ゲートを通り、ターニングポイントで切り返し、再度ゲートを走り抜けた (切り返し足は自由)。記録はゲートを通じた時点から、切り返し後再度ゲートを通じた時点 (10m) までのタイムを計測した。分析の際には速度 (m/s) に換算した。距離は10mで計算した。

#### 4) 方向変換走 (CODS; Change-of-Direction/

Acceleration Agility Test, ASC, 2000)

##### a. Sideways (180度の切り返し)

Fig. 2aに測定方法を示した。スタートからセンターマークへサイドステップで進み、センターマークを踏む、もしくは超えたら切り返し、A地点を走り抜けた。逆サイドからスタートの測定も同様に実施した。分析の際には速度 (m/s) に換算した。この際、距離は

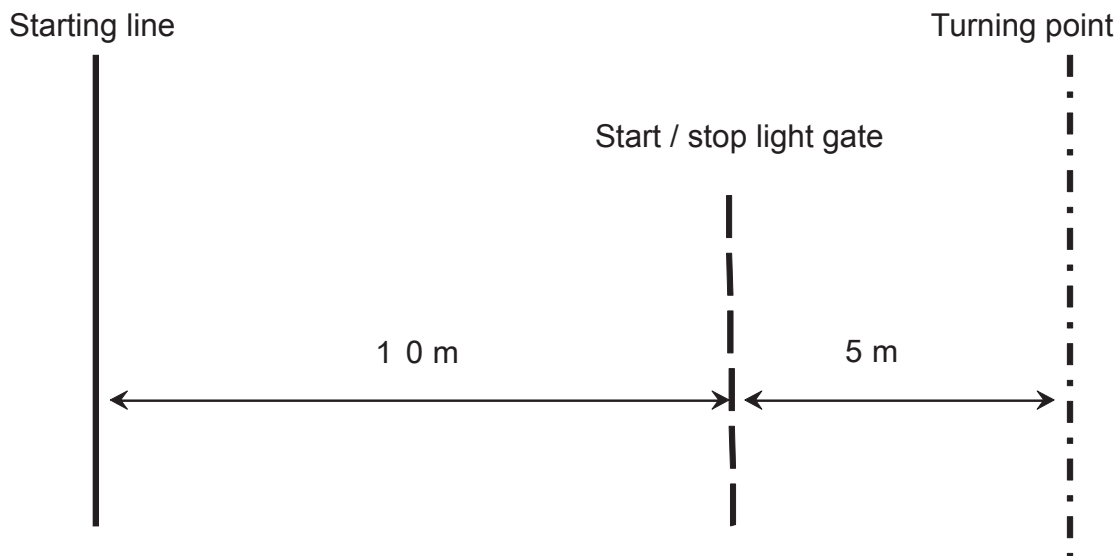


Fig. 1 Equipment set up for 505 Agility Test (ASC, 2000)

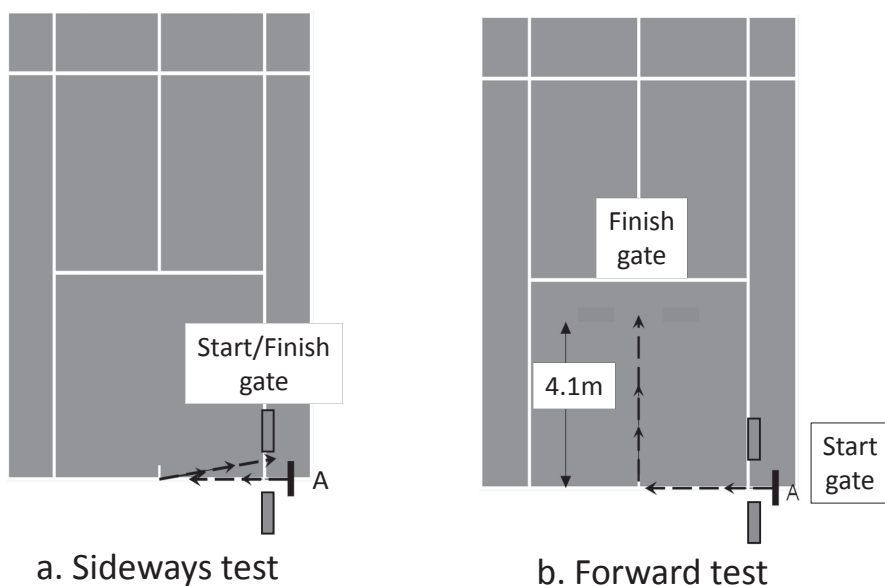


Fig. 2 Change-of-Direction/ Acceleration Agility Test (ASC, 2000)

8.3mで計算した。

b. Forward (90度の切り返し)

Fig. 2bに測定方法を示した。スタートからセンターマークへサイドステップで進み、センターマークを踏む、もしくは超えたら切り返し、ネット方向へ走り抜けた。逆サイドからスタートの測定も同様に実施した。分析の際には速度 (m/s) に換算した。この際、距離は8.3mで計算した。

5) メディシンボール投げ

前方向で3項目(上投げ、右投げ、左投げ)、後方

向で3項目(上投げ、右投げ、左投げ)の計6項目を実施した。前方向投げは両脚は肩幅よりやや広めに固定し、2kgのメディシンボールを両手で保持した。股関節や肩関節、体幹の反動を利用し、上投げは頭上から前方上へ投球した。その際、両脚は投げ終わるまで固定した。右投げ・左投げは、テニスのストロークの要領でフォアハンド・バックハンドのスイングでボールを投げた。スタンスはオープンスタンスとした。後方投げは、投方向を背に構え下から後方上へ投げた。同様に右投げ・左投げも実施した。

## 6) 20mシャトルラン

文部科学省新体力テストの方法(文部省, 2000)に準じ, 測定した。

## 3. 統計処理

各測定値はすべて平均値±標準偏差で示した。3群の比較には一元配置の分散分析を行い, その後の検定としてTukey HSD法による多重比較を実施した。次に各選手の体力を総合的に判断するため, ラボテストとフィールドテストの測定結果から主成分分析を行い, それぞれの第1主成分得点を抽出した。各第1主成分得点をもとに, ラボテストとフィールドテストの関係性を求め残差を算出した。またラボテスト・フィールドテストを合わせた総合体力評価とテニスパフォーマンスとの関係は, Pearsonの相関分析を用いた。有意水準は5%未満( $p < 0.05$ )とした。統計処理には, 統計ソフトSPSSver.21.0を用いた。

## Ⅲ. 結果

## 1. 発育発達からみた体力・基礎的運動能力の比較

各群の測定結果をTable 1に示した。本研究では, ラボテストで主に発育発達段階に応じた素材としての体力のチェック, フィールドテストで体力に応じた基礎的運動能力のチェックを目的としている。

ラボテストの結果を以下に示す。

## 1) 体格

身長・体重ともにA-B群間・A-C群間には有意な差が認められたが( $F = 8.93, p = 0.00$ ), B-C群間では有意差は認められなかった。

## 2) 垂直方向のジャンプ

下肢の筋パワーの測定項目として, 以下の2項目を設定した。Table 1ではこの2項目を合計し, 垂直方向のジャンプの記録としている。

SQJはA群 $32.41 \pm 4.58$ cm, B群 $35.51 \pm 3.60$ cm, C群 $36.75 \pm 2.45$ cm, CMJはA群 $41.25 \pm 5.92$ cm, B群 $45.43 \pm 4.08$ cm, C群 $47.35 \pm 3.92$ cmという結果であった。各項目ともにA-B群間・A-C群間には有意な差が認められたが( $F = 9.89, p = 0.00$ ), B-C群間では有意差は認められなかった。

## 3) RJ-Index

足関節のSSC機能の指標として連続6回リバウンドジャンプを実施し, 最高試技の接地時間と滞空時間よりRJ-Indexを算出した。各群間での有意差は認められなかった( $F = 2.74, p = 0.07$ )。

## 4) ステッピング

アジリティの指標として5秒間のステッピングを行った。A-B群間でのみ有意差が認められた( $F = 3.86, p = 0.03$ )。

## 5) 等速性筋力測定

本研究では, 等速性筋力の測定を両脚・体幹で実施した。

まず両脚の下肢筋力( $F = 31.97, p = 0.00$ ), 体幹筋力( $F = 21.80, p = 0.00$ )ともに有意に年代に応じた高値を示した。次に体重比でみると, 体幹筋力( $F = 8.12, p = 0.00$ ), 下肢筋力( $F = 10.88, p = 0.00$ )ともにA-B群間では有意差がなく, C群のみ有意に高い値を示した。

## 6) インターミットテスト

Powermaxの全力ペダリングを用いて測定した間欠的持久力は, A-B群間・A-C群間には有意な差が認められたが, B-C群間では有意差は認められなかった。体重比でみると, A-B群間・A-C群間で有意差が認められたが( $F = 33.42, p = 0.00$ ), B-C群間での差は認められなかった。

フィールドテストの結果を以下に示す。

## 1) 水平方向のジャンプ

水平方向への下肢筋パワーの指標として, 立ち幅跳び・立ち三段跳びを測定した。Table 1ではこの2項目を合計し, 水平方向のジャンプ記録としている。内訳として立ち幅跳びはA群 $2.22 \pm 0.18$ m, B群 $2.32 \pm 0.11$ m, C群 $2.33 \pm 0.13$ m, 立ち三段跳びはA群 $6.49 \pm 0.60$ m, B群 $6.81 \pm 0.38$ m, C群 $6.88 \pm 0.39$ mという結果であった。各項目ともにA-C群間にのみ有意な差が認められた( $F = 4.31, p = 0.02$ )。

## 2) 5mスプリント

5mスプリントはタイムを速度に換算している。A-C群間・B-C群間に有意な差が認められた( $F = 17.66, p = 0.00$ )。

## 3) 505アジリティテスト

最大努力の10mスプリントからの繰り返し動作を含む505アジリティテストは, タイムを速度に換算している。A-B群・A-C群間には有意な差が認められたが( $F = 10.60, p = 0.00$ ), B-C群間では有意差は認められなかった。

## 4) 方向変換走(CODS)

CODSは4項目の合計を記録としており, タイムを速度に換算している。A群と比べ, B・C群は速度が高値を示したものの, 他の走型項目と異なりA-B-C間での有意差は認められなかった( $F = 0.64, p = 0.53$ )。

4 項目の内訳は180度の切り返しである Sideways left start で, A 群  $3.54 \pm 0.15$  m/sec, B 群  $3.61 \pm 0.14$  m/sec, C 群  $3.69 \pm 0.16$  m/sec, right start で A 群  $3.58 \pm 0.16$  m/sec, B 群  $3.63 \pm 0.11$  m/sec, C 群  $3.61 \pm 0.13$  m/sec という結果であった. 90度の切り返しである Forward left start で, A 群  $4.08 \pm 0.22$  m/sec, B 群  $4.08 \pm 0.20$  m/sec, C 群  $4.10 \pm 0.29$  m/sec, right start で A 群  $4.06 \pm 0.21$  m/sec, B 群  $4.13 \pm 0.18$  m/sec, C 群  $4.03 \pm 0.18$  m/sec という結果であった.

#### 5) メディシンボール投げ

下肢から上肢への運動連鎖を伴った投型の全身筋パワーの測定項目である. テニスのスイング動作に対応するため, 6 項目をまとめて記録としている. A-B 群・A-C 群間には有意な差が認められたが ( $F = 21.67$ ,  $p = 0.00$ ), B-C 群間では有意差は認められなかった. 体重比でみると, すべての群間で有意差は認められなかった ( $F = 1.12$ ,  $p = 0.33$ ).

#### 6) 20m シャトルラン

有酸素性持久力の指標として, 新体力テストの項目である 20m シャトルランを採用した. A-B 群・A-C 群間には有意な差が認められたが ( $F = 7.74$ ,  $p = 0.00$ ), B-C 群間では有意差は認められなかった.

## 2. 相対的発達量からみた体力・基礎的運動能力の比較

Fig. 3にA群の各測定項目の値を100%とした場合のB群・C群の相対的発達量を示した. Fig. 3の上段はラボラトリーテスト, 下段はフィールドテストの発達量を相対的に示している. 左側はA群に対する相対値のグラフで, 右側のグラフは等速性筋力・インターミitttentテスト・メディシンボール投げを体重比で示したグラフである. 等速性筋力のみ年代に応じて高い値を示しているが, それ以外の項目はA-B群間と比較してB-C群間での高値が示されなかった. A-B群間よりもB-C群間で高値を示した項目は5mスプリントだが, 有意差は認められなかった. またRJ-IndexとCODSは, 3群間の有意差は認められなかった.

同様に, 等速性筋力・インターミitttentテスト・メディシンボール投げを体重比で示した結果を Fig. 3の右側に示した. 等速性筋力はB-C群間で有意差が認められた. インターミitttentテストはA-B群・A-C群間には有意な差が認められたが, B-C群間では有意差は認められなかった. またメディシンボール投げは体重比でみると, すべての群間で有意差は認められなかった.

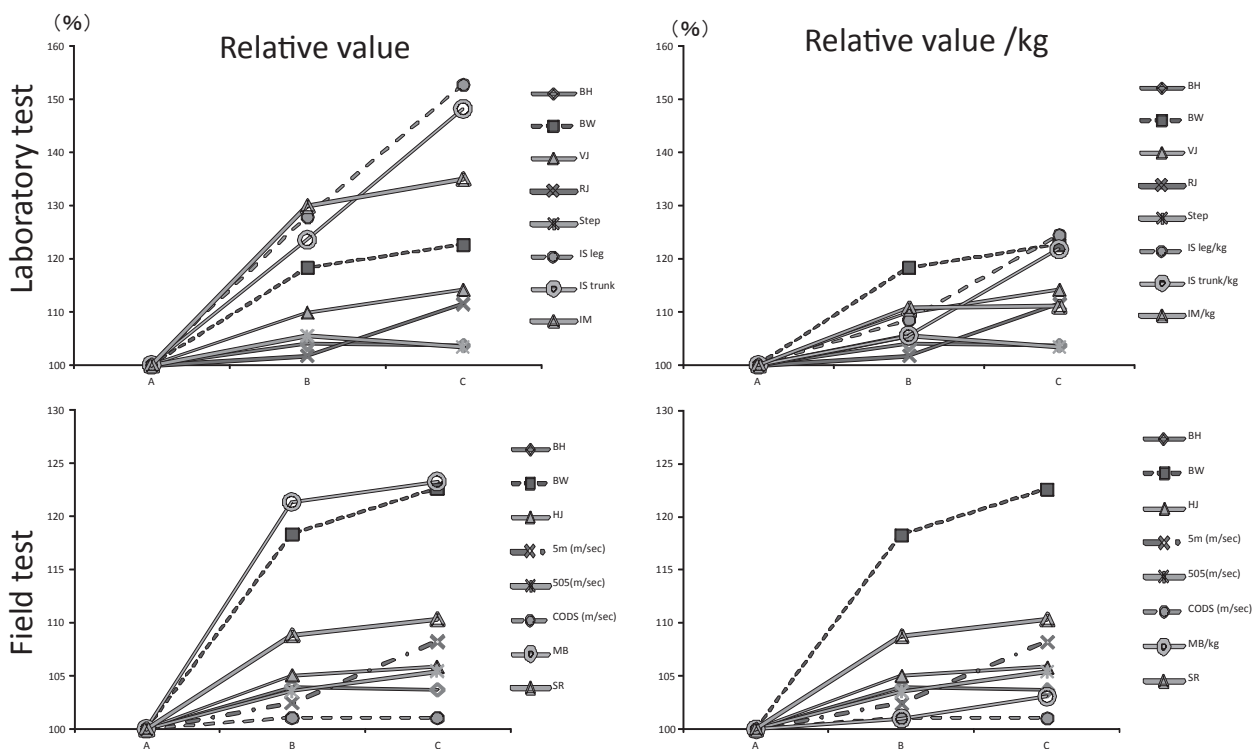


Fig. 3 Change of the percentage of development based on the values group A as 100% for each test

(BH: Body heights, BW: Body weight, VJ: Vertical jump, RJ: RJ-Index, IS: Isokinetic strength, IM: Intermittent test, HJ: Horizontal jump, MB: Medicine ball throw, SR: Shuttle run)

### 3. ラボテスト・フィールドテストからみた総合体力評価とパフォーマンスとの関連

Fig. 4にラボテスト・フィールドテストの主成分得点からなる散布図と回帰式を示した。各テストの主成分分析の結果、総合指標となる第1主成分得点を算出した。x軸はラボテストの主成分得点、y軸はフィールドテストの主成分得点を示している。Fig. 4は算出した主成分得点をもとに各選手の座標を示しており、ラボテストとフィールドテストの間には、有意な正の相関関係が認められた。さらに得られた回帰直線の残差の±1SDに基づき、フィールドテストで測る基礎的運動能力の分類を試みた。その結果、ラボテストに対してフィールドテストが優れたタイプ (Good field test :  $n = 11$ )、ラボテストとフィールドテストが対応しているタイプ (Field test = laboratory test :  $n = 39$ )、ラボテストに対してフィールドテストが劣る

タイプ (Poor field test :  $n = 11$ ) に分類された。Poor field testに分類された各群の残差の平均値は、A群が  $0.777 \pm 0.169$ , B群が  $0.884 \pm 0.223$ , C群が  $1.160 \pm 0.204$  で、C群が最も大きい値を示した。

またFig. 5にラボテスト・フィールドテストすべての項目の主成分得点 (all principal component analysis score: all PCAS) と1大会あたりのJTAランキングポイント (JTA RP/1tournament) との相関を示した。実際のテニス競技力の指標としてランキングの利用を検討したが、本研究の対象者の年齢幅が大きく、同じ指標のランキングで評価することは困難であった。本研究の対象者であるナショナルジュニアの選手は、15~16歳になるとシニアの大会に挑戦するため、B群C群の選手でJTA RP/1tournamentとの関連を分析した結果、有意な相関を示した ( $r = 0.571, p < 0.05$ )。

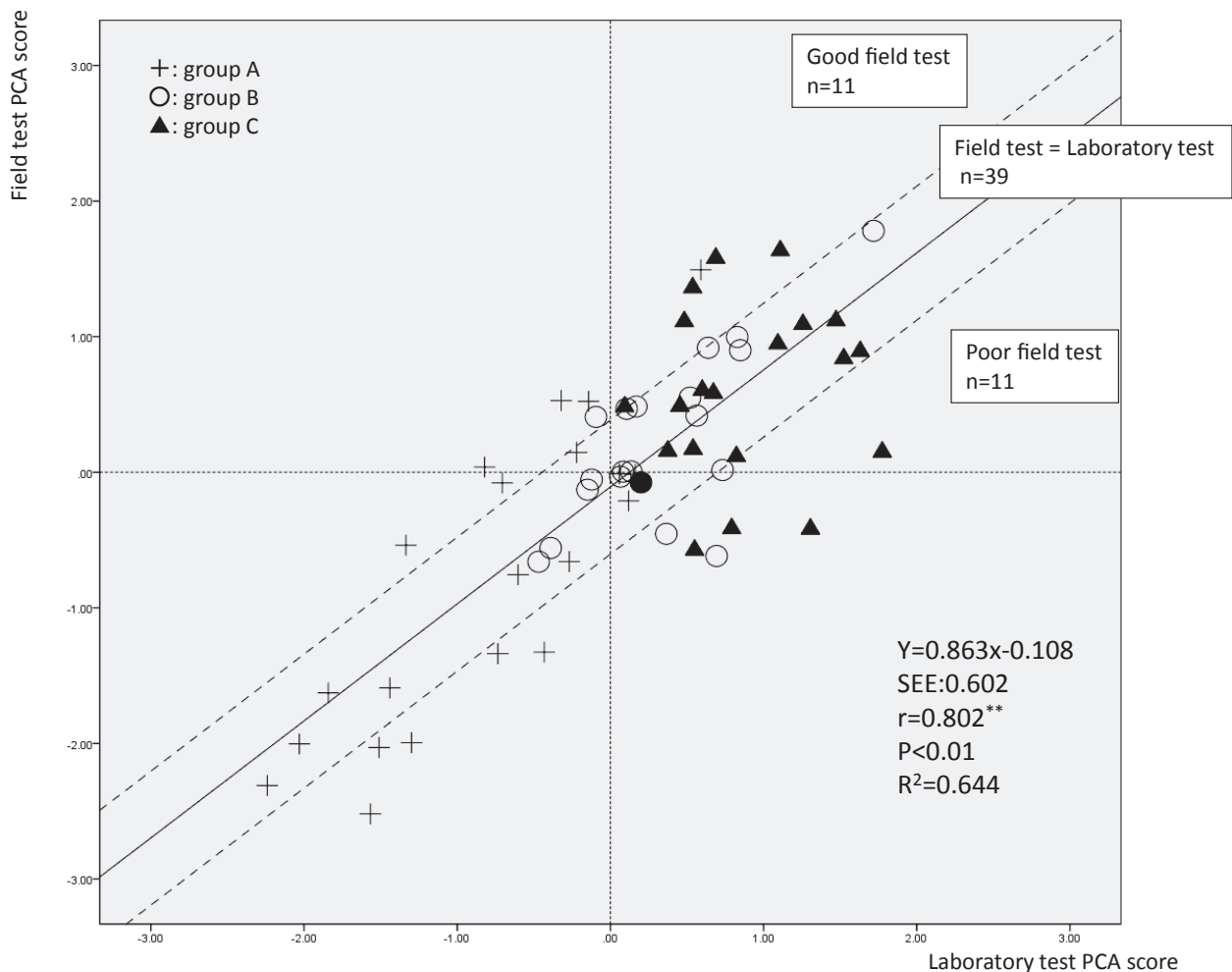


Fig. 4 Scattergram and regression line between field test and laboratory test PCA score

※Solid line shows regression line and dotted lines show ± 1SD of residual

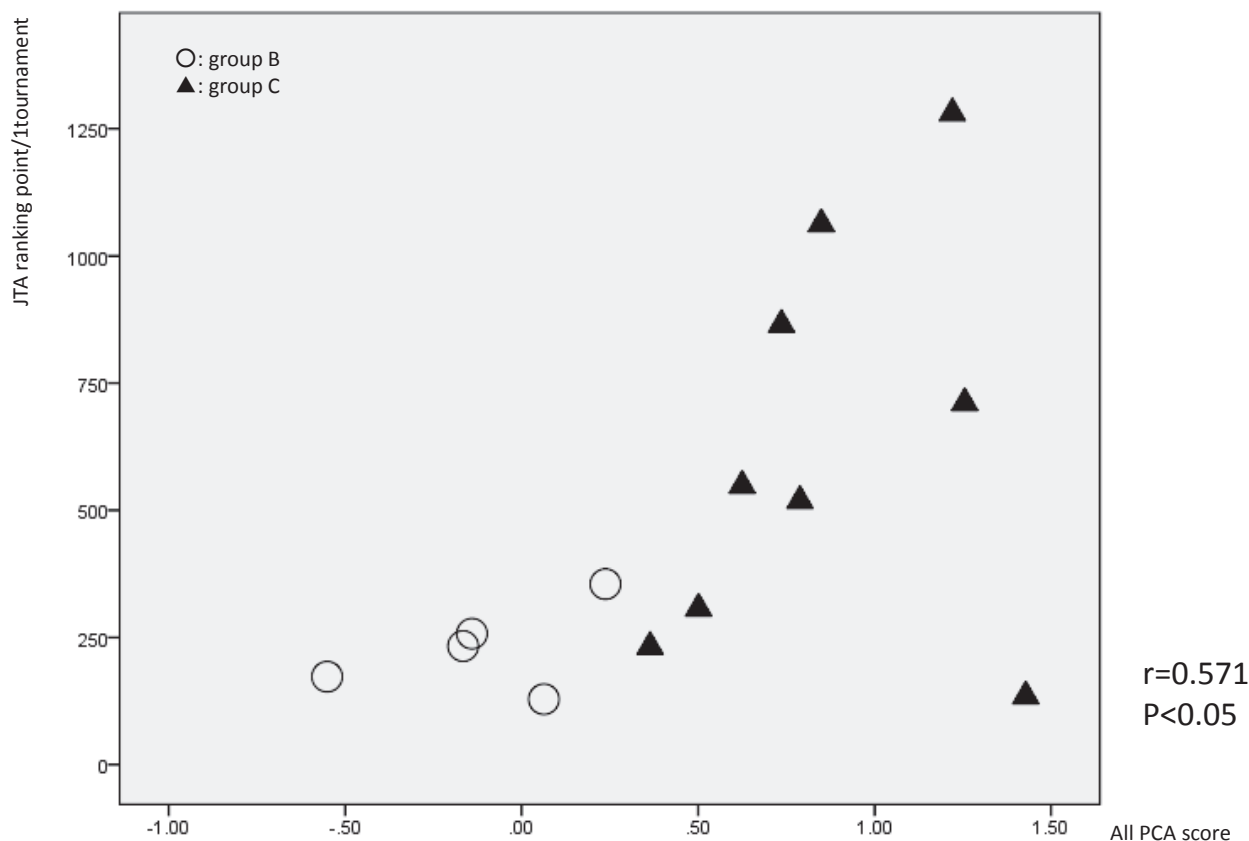


Fig. 5 Correlation between all PCA score and JTA ranking point/1tournament

#### IV. 考 察

本研究の目的は、各年代トップレベルの男子テニス選手の体力・基礎的運動能力を横断的に調査し、世界で活躍する選手育成を目指し各年代の体力課題における基礎的知見を得ることであった。対象者はA群(12~14歳)・B群(15~17歳)・C群(18歳以上)の3つに分類し、発達段階に沿って分析した。

##### 体力測定とテニスパフォーマンスとの関連

テニス競技ではパフォーマンス自体にさまざまな動作が含まれており、それぞれに異なる体力要因が求められる。ボールを追いかける、ラケットを振りボールを打つ、方向変換して定位置に戻る、これらを繰り返しながら合目的にショットを組み合わせなくてはならない。そのため一つの体力要因だけではテニス選手の身体能力を判断することは難しく、さらに競技力を向上させるためには、一つの項目に秀でているだけではなく、全体的なバランスが求められる。テニスの競技特性をエネルギー供給系から考えると、テニスの試

合時間は2~3時間に及ぶ場合も多いが、実際の1ポイントにかかる時間は平均5~10秒である(Pearson, 2007)。テニスコートのサイズは縦23.77m、横8.23m(シングルスの場合、ダブルスは10.97m)なので、ボールを打ち、5m前後を移動するという10秒前後の動作の繰り返して試合は進行する(Pearson, 2007)。このような特性から、短時間に大きなパワーを効率よく発揮する能力、さらにこれらを繰り返す能力が、テニスに求められる体力要因とされている(Kovac, 2010)。動作との関連では、小屋ほか(2014)が、走・跳・打のなかでとりわけ強いボールを放つ、打の無酸素性パワーこそ男子テニス選手に求められる第一の体力要因であると報告している。従って無酸素性パワーを中心に専門的動作に応じた測定項目を設定することで、テニス競技に求められる体力特性が現れてくると考えられる。

上述をふまえて本研究では、テニス選手の体力特性を検討するにあたり、ラボテスト・フィールドテストと多項目にわたるテストを実施した。これらと実際のテニス競技力との相関を調査した結果、ラボテスト・



フィールドテストを合わせた主成分得点 (all PCAS) と1大会あたりのJTAランキングポイント (JTA RP/1 tournament) との間に有意な相関が認められた (Fig. 5). 今回ジュニア選手からシニア選手までの競技力レベルを格付けする方法を模索したが、ジュニア大会では年齢制限があり、全対象者共通のランキングはかなわなかった。そこで体格差がほとんどないB群・C群を対象としたランキングとして、JTA RPを採用した。JTAランキングとは、過去52週間に開催されたトーナメントで獲得したポイントで順位付けされる。対象となるトーナメントはJTAが定めており、国際大会も含まれる。また大会のランクによってもポイントが異なる。ジュニア大会は対象外となるため、本研究のA群で該当する選手はいなかったが、B群では挑戦する選手もいるので競技力の指標として取り入れた。また出場大会数の影響を考慮し、1大会あたりのポイントを算出し分析した。従来の体力測定では、多項目からパフォーマンスに関係の強い項目を抽出し、項目を減らすことが一般的である。しかし今回、ラボテストのみの主成分得点、フィールドテストのみの主成分得点からはJTA RP/1 tournamentとの有意な相関は認められず、ラボとフィールドを総合した主成分得点 (all PCAS) とJTA RP/1 tournamentに有意な相関がみられた。これはテニスの競技力に多くの体力要因が関係している可能性を示している。Perry et al. (2004) はテニスのパフォーマンスに必要な体力要因は多岐にわたり、選手個人の身体的特性や総合体力レベルがコート上のパフォーマンスを反映していると述べており、さらにひとつの体力要因に優れていることよりも、バランスよく体力を培う意識を持つことが競技力向上につながる可能性を示唆している。本研究もこの先行研究を支持する結果であり、テニス競技における総合的な体力測定の意義が確認された。

#### ラボテスト・フィールドテストからみた体力・基礎的運動能力の比較

体格は、A-B群では有意差がみられたがB-C群では差がなかった (Table 1). 文部科学省 (2005) は、年度ごとの身長増加率は男子で16歳になると1%以下になると報告している。A群は発育スパート開始年齢に相当している時期であり (マリーナ・ブシャー、1995)、本研究の成長過程は一般的であると考えられる。Fig. 3から身長・体重のグラフと同様、A-B群間の傾きがB-C群間で緩やかになるという波形のグラフが、ラボテスト・フィールドテスト項目ともに多く

みられた。本研究の対象者の場合、A群の12~14歳時と比べるとB群はかなり体格に変化が現れており、各測定項目のA群からB群の値の差は体格による部分が多いと考えてよいだろう。

走運動を例に挙げてみると、一般的なヒトの走運動は18カ月以降に発現し、その能力は加齢とともに男子で17歳ごろまで発達した後、停滞を迎えることが報告されている (加藤, 2004)。この発育発達期における疾走速度の発達要因は、下肢長の増加にともなる歩幅の増加によるものとされている (斎藤・伊藤, 1995)。同様に金子ほか (2012) は、10mスプリントの歩数は14~15歳では8~9歩、16~18歳は6~8歩と年齢とともにストライドが大きくなることを報告している。従って思春期後期の年代に身長が発達速度が急激に減少すると (マリーナ・ブシャー、1995)、疾走能力の発達も停滞の傾向を示す。これらの報告から、A-B群への測定値の差は、身長に関わるストライドの差が一因であると考えられる。一方で加藤ほか (1992) は16歳から18歳の高校生に対し、脚筋パワーのトレーニングの結果50m走タイムが短縮したことを示し、身長の伸びが止まってもトレーニングによって走パフォーマンスが向上することを報告している。岩竹ほか (2008) もこの年代の疾走能力を向上させるには、筋機能を改善するトレーニングの必要性を述べている。以上をふまえると、A-B群の差は身長による影響、B-C群の差はトレーニングによる影響が出てくる時期と考えられる。この身長の伸びが止まった時こそ、本格的な体力トレーニング開始時期であり、トレーニングの量と質がその後のパフォーマンスに影響を及ぼす可能性がある。本研究のC群において、有意差がないにしてもラボテスト・フィールドテスト項目に成長がみられない項目はトレーニングの課題と捉えてよいのではないだろうか。

本研究ではシニアデビューとなる18歳以上のC群において、等速性筋力のみが有意に高値を示した。身長の伸びが治まり、第2次性徴で男性ホルモンの分泌量が増し筋力が向上することは自然発生的な流れではある。同様にB-C群の間に有意な高値を示したのが5mスプリントである。他の項目でB-C群に有意な差がみられなかったことは、B群個々人の体力・基礎的運動能力レベルの高さも関係しているであろうが、C群のトレーニング状況が反映されたと考えられる。これはC群を占めている大学生が、筋力とコートの範囲内でのスプリントを中心にトレーニングしていると想定される。また培った筋力を基礎的運動能力、例えば

打動作に反映されていない現状も考えられる。打動作と類似した運動連鎖が必要なメディシンボール投げをみると、絶対値ではA-B・C群間で認められた有意差が、体重比ではA-B-C群間では失われてしまったことから、筋力が全身筋パワーを測る打動作に活かされていない可能性がある。これはC群が体格に応じた筋パワーを基礎的運動で発揮できていないことを示唆している。B群のナショナルジュニア選手は、12~13歳からNTCでトレーニングの機会が与えられ、ウェイトトレーニングに入る前にファンクショナルトレーニング等の効率的な動き方のトレーニング指導を受けている。彼らはこれから本格的なウェイトトレーニングに取り組む段階なのだが、メディシンボール投げやジャンプ等の基礎的運動能力では、大学生と同等の結果を示している。従ってFig. 3からは、大学生を主体としたC群が筋力は向上したものの、それを基礎的運動に活用できていない現状が示唆されており、これがテニスパフォーマンスにも影響していることが危惧される。これらのことから、C群において筋力を筋パワーに活かす動作を追求したトレーニングの必要性が示唆された。

他に体格と異なる波形を示した項目は、ラボテストのステッピングとフィールドテストのCODSである。アジリティを示すステッピングはA-B群の間のみ有意差を示し、またCODSにいたっては体格差があるにもかかわらず、すべての群間で有意差がないという結果であった。ステッピングは脚を素早く動かすアジリティの測定項目であり、神経系要因が大きく関与している。テニスパフォーマンスから考えると、ボールやサーフェスが変わってもバランスを崩さず、細かいステップで適応する能力である。本研究のCODSは、1項目で2秒前後の非常に短時間の動作であるため、神経系が大きく影響する可能性が考えられる。Young et al. (2001)によると、COD (Change of direction) の能力は、技術・直線走スピード・脚筋の質・人体構造的要因の4つに依存しており、さらに脚筋の質は短縮性筋力・筋パワー・反応筋力の3つに分類される。またCODSに必要な繰り返し動作はSSC (Stretch-shortening cycle) の機能に依存するため、反応筋力とCODSは高い相関関係にあるとされている (Young and Farrow, 2006)。反応筋力とはSSCのエキシセントリックからコンセントリックへのすばやい変換能力として定義されており、特殊な筋パワーの形態である。反応筋力の向上はすなわち、接地時間の短縮、かつ運動遂行時間の短縮という形で現れる。つまりSSCの機能が向上す

れば、力の立ち上がり速度にも影響を及ぼす (Komi, 2000)。本研究で扱ったCODSは、テニスコート上で求められる走動作に類似している。B-C群のCODSの平均値がほぼ同値であったことから、C群は5mスプリントではB群よりも優れた記録であるにも関わらず、コート上でのスピードに還元されていないといえる。またSSC機能の指標となるRJ-Indexをみると、有意差はないもののB-C群間で向上している。しかしRJ-Indexが向上しているにも関わらず、C群のCODSには効果が表れていない。ここでもC群の基礎的運動能力のトレーニング不足が一因として考えられる。一方B群は、筋力以外の体力要素・基礎的運動能力要素はC群と同等かそれ以上であり、今後は現在の効率のよい動き方を崩さずに、素材となる各体力要素のトレーニングを積んでいくことが重要である。

#### テニスの競技力につながる体力測定の総合的評価

従来から体力を項目別に平均値で評価する研究は以前から行われていたが (Kibler and Safran, 2000; Roetert et al., 1996; Scott et al., 1998; Young et al., 2001)、上述の通りテニスの競技特性を考えると、一つの体力要因のみで選手を評価することは難しい。総合的な体力評価が今後のトレーニングの方向性を定める一助になるという考えのもと、本研究の項目の活用法について検討を重ねた。Fig. 4はラボテスト・フィールドテストの主成分得点からなる散布図であるが、左下から右上にかけてA-C群の体力と基礎的運動能力の発達状況が示されている。本研究のA群は左下のゾーンに集中して分布しているが、B・C群は右側のゾーンに混在して分布している。特にC群では、y軸方向へ不規則に広がって分布している傾向がみられた。そこで回帰直線の残差の $\pm 1SD$ をもとに、基礎的運動能力による分類、すなわち体力と基礎的運動能力が対応しているタイプ (Field test = laboratory test)、体力に対して基礎的運動能力が優れているタイプ (Good field test)、体力に対して基礎的運動能力が劣るタイプ (Poor field test) の3種類に分類した。Poor field testに属する各群の残差の平均値はC群が最も高値を示した。中にはA群に基礎的運動能力で劣っている選手も見受けられ、これはパフォーマンスを支える素材としての筋力には優れているものの、基礎的運動能力に応用できていない状況を示唆している。C群は主に大学生で構成されているが、1名のみナショナルジュニア選手が入っている。彼はほぼ回帰直線上にプロットされており、素材と動作のバランスがとれた発達を遂げている

と判定できる。このような評価方法は、選手個々人のトレーニング状況に応じて、素材を主に鍛えるべきか、動きを主に鍛えるべきかを判断するには有効であると考えられる。

各群の競技レベルを見てみると、A群はワールドジュニア大会2位・3位入賞という戦績をもち、B群はジュニアデビス杯優勝という戦績を残した群である。C群は主に大学生というカテゴリでの日本代表であるが、今回の対象者以外では同年代でプロとして世界で活躍している選手もおり、A・B群と比較すると目標としているステージが異なっていると言える。テニスの技術練習のみで考えると、コートの大きさは変わらないので、日々どのようなテニスを実践しているかによって、求められる体力要素はかなり異なってくると考えられる。1日で最も多くの時間を割くテニスの技術練習でどのように動いているかの差が、さらにコート以外でのトレーニングの差が各年代の体力特性に表れていると想定される。

以上をふまえると本研究の測定項目から、まず選手の現状としての体力・基礎的運動能力を評価し、さらに今後のトレーニング課題を抽出することが可能となる。今、素材となる体力を培うのが先か、テニスの専門的動作の礎となる基礎的運動能力を改善させるのが先か、自身のトレーニング課題を明確にすることができる。両者のバランスをとりながら、テニスの技術練習を積んでいくことが、競技力向上につながっていくのではないだろうか。

## V. まとめ

本研究では、各年代トップレベル男子テニス選手を対象に、ラボラトリーテストとフィールドテストを用いて総合的な体力・運動能力を調査し、各年代の特性に関する基礎的知見を得ることを目的とした。対象者をA群(12~14歳)・B群(15~17歳)・C群(18歳以上)の3つに分類し、横断的に分析した。ラボテストで主に発育発達段階に応じた素材としての体力のチェック、フィールドテストで体力に応じた基礎的運動能力のチェックを目的に項目を設定し、競技力を反映した体力測定の内訳方を検討した。主な結果は以下のとおりである。

1) ラボテストのみの主成分得点、フィールドテストのみの主成分得点からは、競技力との有意な相関は認められず、ラボとフィールドを総合した主成分得点(all PCAS)と競技力(JTA RP/1 tournament)に

有意な相関がみられた。

2) A-B群にかけての測定値の差は成長に伴う身長の影響、B-C群にかけての差はウェイトトレーニングやスプリントトレーニングの影響と考えられる。等速性筋力においてはA-B-C群にわたり有意に高値を示したが、ジャンプ力やCODS・メディシンボール投げ等には、B-C群にかけての差は小さかった。

3) ラボテストの第1主成分得点をx軸、フィールドテストの第1主成分得点をy軸に設定したところ、 $y = 0.863x - 0.108$ という有意な回帰式が得られた( $r = 0.802, p < 0.01$ )。その回帰式の残差±1SDをもとに、体力と基礎的運動能力が対応しているタイプ(Field test = laboratory test)、体力に対して基礎的運動能力が優れているタイプ(Good field test)、体力に対して基礎的運動能力が劣るタイプ(Poor field test)の3種類に分類した。Poor field testに属する各群の残差の平均値はC群が最も高値を示した。

以上の結果から、C群においては筋力を基礎的運動能力に活用できていない現状が明らかになり、動作のトレーニングの重要性が示唆された。またB群は効率のよい動作を会得しており、今後は体力と動作のバランスを崩さずに、素材となる各体力要素のトレーニングを積むことが期待される。体力のトレーニング効果を基礎的運動能力につなげることにより、テニスの競技力が向上すると考えられる。

## 謝辞

本研究には(財)日本テニス協会ナショナルジュニアチームの選手、コーチ・スタッフ(櫻井隼人様、池田亮様)、またユニバーシアード代表チームの選手、コーチ(宮地弘太郎様、道上静香様、細木祐子様)の多大なる協力をいただきました。ここに御礼申し上げます。

## 文献

- Australian Sports Commission. (2000) Physiological Tests for Elite Athletes. Human Kinetics. 50-66, 128-144, 302-311, 383-403.
- Buckeridge, A., et al. (2000) Protocols for the physiological assessment of high-performance tennis players. In: Physiological Tests for Elite Athletes. Ed: Gore, C.J. Human Kinetics: Champaign, IL. 383-403.
- 遠藤俊典・田内健二・木越清信・尾縣 貢(2007) リバウンドジャンプと垂直跳の遂行能力の発達に関する横断的研究. 体育学研究, 52, 149-159.
- Fox, E.L. and Mathews, D.K. (1981) The physiological basis of physical education and athletics. Saunders, Philadelphia.
- 平沼憲治・岩崎由純. コアコンディショニングとコアセラピー. 12-150. 講談社. 2008.
- 岩竹 淳・北田耕司・川原繁樹・関子浩二(2008) ジャンプト

- レーニングが思春期後期にある男子生徒の疾走能力に与える影響. 体育学研究, 53, 353-362.
- 金子憲一・袴田智子・柏木 悠・伊藤知之・船渡和男 (2012) サッカー育成年代の身体組成と下肢多関節動作で発揮されるパワーおよびスプリント能力の発育・発達特性. 体力科学, 61 (2), 259-266.
- 加藤謙一 (2004) 走能力の発育発達. 金子公宥・福永哲夫編 バイオメカニクス—身体運動の科学的基礎—, 杏林書院, 東京, pp.178-185.
- 加藤謙一・山中任広・宮丸凱史・阿江通良 (1992) 男子高校生の疾走能力および最大無酸素パワーの発達. 体育学研究, 37, 291-304.
- Kibler, W.B. and Safran, M.R. (2000) Musculoskeletal injuries in the young tennis player. *Clinics in Sports Medicine* 19, 781-792.
- Komi, P.V. (2000) Stretch-shortening cycle- a powerful model to study normal and fatigued muscle, *Journal of Biomechanics*, 33(10): 1197-1206.
- Kovacs, M., Chandler, W.B. and Candler, T.J. (2007) *Tennis Training*. Racquet Tech Co., Ltd.
- Kovacs, M. (2010) *Strength & Conditioning for Tennis - A 25 Year Journey*. ITF Coaching and Sport Science Review 2010; 50 (18): 13-14.
- 小屋菜穂子・梅林 薫・北村 哲・村松 憲・井上直子 (2011) ナショナルジュニアテニス選手に適した体力測定項目の検討. 同志社スポーツ健康科学, 第3号6-13.
- 小屋菜穂子・北村 哲・梅林 薫・宮地弘太郎・道上静香・細木祐子 (2014) テニス競技のナショナルジュニア選手に求められる体力評価の検討. *テニスの科学* 第22巻23-32.
- マリーナ・ブシャーレ: 高石昌弘・小林寛道 監訳 (1995) *発育・成熟・運動*. 大修館書店, 東京.
- Marques, Mario A. Cardoso (2005) Strength training in adult elite tennis players, *Strength and Conditioning Journal*, 27(5), 34-41.
- 文部省 (2000) *新体力テスト—有意義な活用のために—*. ぎょうせい, 東京.
- 文部科学省 (2005a) *平成16年度体力・運動能力調査報告書*.
- 日本サッカー協会 (2006) *JFA フィジカル測定ガイドライン* 2006年版. 23-25.
- 日本テニス協会 (2005) *新版テニス指導教本*. 大修館書店. 66-70.
- Pearson, A. (2007) *Ultimate conditioning for tennis: 130 exercises for power, agility and quickness*. Ulysses Press, Berkeley CA.
- Perry, A.C., Wang, X., Feldman, B.B., Ruth, T. and Signorile, J. (2004) Can laboratory-based tennis profiles predict field tests of tennis performance? *Journal of Strength and Conditioning Research* 18, 136-143.
- Powers, S. and Walker, R. (1982) Physiological and anatomical characteristics of outstanding female junior tennis players. *Research Quarterly Exercise and Sport* 53, 172-175.
- Roetert, E.P., Brown, S.W., Piorkowski R.P.A. and Woods, R.B. (1996) Fitness comparisons among three different levels of elite tennis players. *Journal of Strength and Conditioning Research* 10, 139-143.
- 斎藤昌久・伊藤 章 (1995) 2歳児から世界一流短距離選手までの疾走能力の変化. 体育学研究, 40, 104-111.
- Scott, D., Scott, L.M. and Howe, B.L. (1998) Training anticipation for intermediate tennis players. *Behavior Modification*, 22, 243-261.
- Shamberger, W. (2002) *The malalignment syndrome: Implications for medicine and sports*. Churchill Livingstone.
- Signorile, J.F., Sandler, D.J., Smith, W.N., Stoutenberg, M. and Perry, A.C. (2005) Correlation analyses and regression modeling between isokinetic testing and on-court performance in competitive adolescent tennis players. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 19, 519-526.
- Vergauwen, L., A.J. Spaepen, J. Lefevre, and P. Hespel. (1998) Evaluation of stroke performance in tennis. *Med. Sci. Sports Exerc.* 30, 1281-1288.
- Verstegen, M. and Williams, P. (2008) *Core Performance Training*. Taishukan Publishing Co., Ltd.
- Young, W., & Farrow, D. (2006) A review of agility- Practical applications for strength and conditioning, *Strength & Conditioning Journal*, 28(5), 4-29.
- Young, W.B., McDowell, M.H. and Scarlett, B.J. (2001) Specificity of sprint and agility training methods. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 15, 315-319.
- 岡子浩二, 高松 薫, 古藤高良 (1993) 各種スポーツ選手における下肢の筋力およびパワー発揮に関する特性. 体育学研究, 38, 265-278.

平成26年11月5日受付  
平成27年3月2日受理