

## 女子卓球選手の動体視力特性

村上 博巳<sup>1</sup>, 山岡 憲二<sup>2</sup>, 山本 武司<sup>3</sup>, 田阪 登紀夫<sup>4</sup>

### The Characteristics of Kinetic Vision in Women's Table Tennis Players

Hiromi Murakami<sup>1</sup>, Kenji Yamaoka<sup>2</sup>, Takeshi Yamamoto<sup>3</sup>, Tokio Tasaka<sup>4</sup>

A study was conducted to investigate the characteristics of kinetic vision in women's table tennis players. There are kinetic visual acuity and dynamic visual acuity in kinetic vision. In the present experiment, sports vision of women's table tennis players were measured; member of society women's table tennis players (S group: aged  $24.7 \pm 1.3$  yrs), university women's table tennis players (U group: aged  $19.5 \pm 1.1$  yrs), high school women's table tennis players (H group: aged  $16.3 \pm 0.8$  yrs), junior high school women's table tennis players (JH group: aged  $13.6 \pm 0.8$  yrs), elementary school women's table tennis players (ES group: aged  $11.1 \pm 1.0$  yrs), and Kyoto sangyo university student women's non-athletes (NA group: aged  $18.7 \pm 0.5$  yrs). Then players 7 numbers in S group, 22 numbers in U group, 32 numbers in H group, 19 numbers in JH group, 49 numbers in ES group and 10 numbers in NA groups (their static visual acuity  $> 1.0$ ) were selected as subjects. Static visual acuity, kinetic visual acuity, dynamic visual acuity, contrast sensitivity, ocular motor skill, depth perception, visual reaction time and eye-hand coordination of them were measured. Physical characteristics and experience of training of table tennis were investigated using questionnaire. Mean values of kinetic visual acuity were no significantly among all groups, dynamic visual acuity in U groups were significantly higher than H, ES groups.

Kinetic visual acuity and dynamic visual acuity showed difference about contribution rates for measurement item. Static visual acuity, contrast sensitivity and eye-hand coordination showed greater contribution rates for kinetic visual acuity. Visual reaction time, ocular motor skill and eye-hand coordination showed greater contribution rates for dynamic visual acuity.

Significant correlations between static visual acuity, contrast sensitivity and experience of training were not found, but significant positive correlations between visual reaction time, ocular motor skill and experience of training were found and significant negative correlation between eye-hand coordination and experience of training was found. These results suggest that the improvement of kinetic visual acuity hold the best static visual acuity, the improvement of dynamic visual acuity are caused by heavier training and these are the important for the level up game ability.

**[Keywords]** women's table tennis players, kinetic vision, sports vision, contribution rates

社会人 (S 群) : 7 名, 大学生 (U 群) 22 名, 高校生 (H 群) 32 名, 中学生 (JH 群) 19 名, 小学生 (ES 群) 49 名のトップクラス的女子卓球選手を対象にスポーツビジョン研究会で実施している (1) 静止視力 (2) KVA 動体視力 (3) DVA 動体視力 (4) コントラスト感度 (5) 眼球運動 (6) 深視力 (7) 瞬間視力 (8) 眼と手の協応動作の測定を行い, 競技力に重要な因子である動体視力 (KVA, DVA) の特性について検討した。対照群は一般女子学生 90 名の中から日常運動習慣の無い一般女子学生 10 名 (NA 群) 抽出した。各群とも静止視力 1.0 以上を対象とした。KVA 動体視力, DVA 動体視力を各群間の平均値で見ると KVA 動体視力の各群間の平均値に有意な差が見られなかったが, DVA 動体視力の U 群の平均値は H, ES 群の平均値より有意に高い値を示した。KVA 動体視力に対する測定項目の貢献度の高い視機能は静止視力, 眼と手の協応動作, コントラスト感度, DVA 動体視力は瞬間視, 眼球運動, 眼と手の協応動作であった。そして静止視力, コントラスト感度と競技歴との間には有意な相関関係は認められなかったが, 瞬間視, 眼球運動と競技歴との間には有意な正の相関関係が認められた。眼と手の協応動作と競技歴との間には有意な負の相関関係が認められた。以上のことから, 女子卓球選手の KVA 動体視力は潜在的, DVA 動体視力はトレーニングの要因が影響し, 競技力の向上を目指し動体視力を高めるには KVA 動体視力は視力矯正を含み最適な静止視力を有すること, DVA 動体視力は継続したトレーニングが必要であることが示唆された。

**[キーワード]** 女子卓球選手, 動体視力, スポーツビジョン, 貢献度

1 京都産業大学文化学部 (Faculty of Cultural Studies, Kyoto Sangyo University)

2 京都文教短期大学 (Kyoto Bunkyo Junior College)

3 華頂短期大学 (Kacho Junior College)

4 同志社大学スポーツ健康科学部 (Faculty of Health and Sports Science, Doshisha University)

## I. 緒言

スポーツ競技には視機能が競技力に重大な影響を及ぼす種目とあまり影響を及ぼさない種目に分類される。スポーツ競技では、習得性反応が視覚系から入る情報と結びつかなくてはならない。スポーツ場面の情報は複雑であり、またその変化は急激である。選手は常に目標物や周囲の状況を見て瞬時に認識、判断しながら運動をするためその基本となる視力はスポーツをする上で非常に重要な役割をはたしていると考えられる。スポーツ時に視覚をとおしてより良質な視覚情報を得ることが競技能力や競技結果につながる可能性は十分に考えられる。卓球競技は瞬時に多くの情報を入力し、的確な判断を求められる競技であり、視機能は競技力の優劣を決定する重要な因子である。卓球選手のスポーツビジョン測定では関西学生卓球1部リーグ所属大学女子卓球選手と京都府高校女子卓球選手を対象にスポーツビジョンの測定を実施した結果、大学女子卓球選手は高校女子卓球選手に比べ、KVA 動体視力、瞬間視、眼と手の協応動作が有意に優れていることが報告されている(山本ほか, 2001, p37-45)。また卓球強化選手を対象にスポーツビジョンの測定を実施した結果、卓球強化選手の特徴としてDVA 動体視力が非常に優れていると報告されている(真下ほか, 1993)。そしてわが国の一流球技選手のスポーツビジョンの測定を実施した結果、卓球選手のDVA 動体

視力が調査のなかでも最高の成績であったと報告されている(真下, 1995)。これらの報告から卓球選手の動体視力は競技力と高い関連性があると思われる。しかしながら卓球選手の動体視力の特性についての報告はあまり見られない。そこで社会人から小学生までの女子卓球選手を対象にスポーツビジョンの測定を実施し、動体視力に対して測定項目のどの因子が貢献しているのか、その因子にどのような特徴があるのか、そしてその因子とトレーニングとの関係について検討した。

## II. 方法

### 1. 被検者

被検者は、本実験の趣旨に十分な理解を得た健康な女子卓球選手153名(社会人8名, 大学生24名, 高校生38名, 中学生25名, 小学生58名)である。いづれの選手も全国大会出場経験者である。それらの選手の中から静止視力1.0以上を対象者とした。対象者は社会人(S群)7名, 大学生(U群)22名, 高校生(H群)32名, 中学生(JH群)19名, 小学生(ES群)49名の129名であった。対照群として一般女子大学生90名の中から過去に運動習慣の無い静止視力1.0以上の一般女子大学生(NA群)10名を抽出した。

表1に被検者の身体的特徴を示した。

六群の年齢の平均値および標準偏差はS群 24.7±1.3歳, U群 19.5±1.1歳, H群 16.3±0.8歳, JH群

表1 対象者の身体的特徴

グループ	人数	年齢 (歳)	身長 (cm)	体重 (kg)	競技歴 (年)	矯正状態 (人数)
社会人(S群)	7	24.7 ±1.3	162.7 ±5.9	54.1 ±5.2	17.1 ±2.0	N:2 G:0 C:5
大学生(U群)	22	19.5 ±1.1	157.0 ±4.0	50.4 ±4.7	11.3 ±2.2	N:12 G:0 C:10
高校生(H群)	32	16.3 ±0.8	157.2 ±4.0	51.0 ±4.3	8.0 ±1.9	N:15 G:1 C:16
中学生(JH群)	19	13.6 ±0.8	157.1 ±4.7	46.1 ±5.5	6.2 ±1.2	N:14 G:1 C:4
小学生(ES群)	49	11.1 ±1.0	146.5 ±8.4	36.3 ±6.3	5.5 ±1.3	N:45 G:4 C:0
Non-Athletes (NA群)	10	18.7 ±0.5	159.9 ±3.5	49.0 ±4.4		N:2 G:0 C:8

平均値±標準偏差

● 社会人からみた有意差, ●●●0.1%, ●●●1%, ●●●5%水準

▲ 大学生からみた有意差, ▲▲▲0.1%, ▲▲5%水準

● 高校生からみた有意差, ●●●0.1%, ●●●1%, ●●●5%水準

□ 中学生からみた有意差, □□□0.1%水準

× NAからみた有意差, ×××0.1%水準

NA: Non-athletes N: 裸眼, G: メガネ使用, C: コンタクトレンズ使用

13.6±0.8, ES 群 11.1±1.0 歳, NA 群 18.7±0.5 歳であった。

S 群の平均値と U, H, JH, ES, NA 群の平均値, U 群の平均値と H, JH, ES, NA 群の平均値, H 群の平均値と JH, ES, NA 群の平均値, JH 群の平均値と ES, NA 群の平均値, ES 群の平均値と NA 群の平均値との間に有意な差が見られた。

六群の身長平均値および標準偏差は S 群 162.7±5.9cm, U 群 157.0±4.0cm, H 群 157.2±4.0 cm, JH 群 157.1±4.7cm, ES 群 146.5±8.4cm, NA 群 159.9±3.5cm であった。

S 群の平均値と U, H, JH, ES 群の平均値, U, H, JH, NA 群の平均値と ES 群の平均値との間に有意な差が見られた。他の群間の平均値に有意な差は見られなかった。

六群の体重の平均値および標準偏差は S 群 54.1±5.2kg, U 群 50.4±4.7kg, H 群 51.0±4.3kg, JH 群 46.1±5.5kg, ES 群 36.3±6.3kg, NA 群 49.0±4.4kg であった。

S 群の平均値と JH, ES 群の平均値, U, H, JH, NA 群の平均値と ES 群の平均値, U 群の平均値と JH 群の平均値との間に有意な差が見られた。他の群間の平均値に有意な差は見られなかった。

五群の競技歴の平均値および標準偏差は S 群 17.1±2.0 年, U 群 11.3±2.2 年, H 群 8.0±1.9 年, JH 群 6.2±1.2 年, ES 群 5.5±1.3 年であった。

S 群の平均値と U, H, JH, ES 群の平均値, U 群の平均値と H, JH, ES 群の平均値, H 群の平均値と JH, ES 群の平均値との間に有意な差が見られた。他の群間の平均値に有意な差は見られなかった。

六群の眼の矯正状態は S 群は裸眼 2 名, コンタクトレンズ使用 5 名, U 群は裸眼 12 名, コンタクトレンズ使用 10 名, H 群は裸眼 15 名, メガネ使用 1 名, コンタクトレンズ使用 16 名, JH 群は裸眼 14 名, メガネ使用 1 名, コンタクトレンズ使用 4 名, ES 群は裸眼 45 名, メガネ使用 4 名であった。NA 群は裸眼 2 名, コンタクトレンズ使用 8 名であった。視力矯正者は S 群 71%, U 群 45%, H 群 53%, JH 群 26%, ES 群 8%, NA 群 80% であった。

## 2. 測定項目および条件

測定項目は, スポーツビジョン研究会で実施している (1) 静止視力 (2) KVA 動体視力 (3) DVA 動体視力 (4) コントラスト感度 (5) 眼球運動 (6) 深視力 (7) 瞬間視力 (8) 眼と手の協応動作の 8 項目である。各測定結果の評価は, スポーツビジョン評価基準 (真下ほか, 1994) に基づいて 5 段階評価で行った。測定項目, 測定方法および眼の機能と測定に用いた装

置は以下の通りである。

- 1) 静止視力 (Static Visual Acuity : SVA)  
視る能力の基礎的要素である。  
ランドルト環 (ラ環) を指標とした最小分離閾を測定する。AS-4D (KOWA) を使用した。
- 2) KVA 動体視力 (Kinetic Visual Acuity : KVA)  
直進してくるものを視る能力である。  
50m 前方からラ環が時速 30km で直進してくる様に設定されている。  
被検者はラ環の切れ目が認識出来たら電鍵を押し, 何mの距離で判別できたか, その距離を視力値に置き換えるものである。  
1 回の練習後, 3 回測定しその平均値を測定値とした。AS-4D (KOWA) を使用した。
- 3) DVA 動体視力 (Dynamic Visual Acuity : DVA)  
水平に動く (左→右または右→左) 目標物を視る能力である。  
ラ環が 90° の半球型のスクリーンを動く。被検者はこれを眼球運動だけで追跡する。初速は 40 回転/分である。ラ環の切れ目が認識できた時の速度 (回転数) が DVA のパラメータである。右方向の動体視力を 1 回の練習後, 3 回測定しその平均値を測定値とした。HI-10 (KOWA) を使用した。
- 4) コントラスト感度 (Contrast Sensitivity : CS)  
明暗の微妙な違いを識別する能力である。  
3 m 後方よりコントラストの異なる指標の縞模様を方向を識別する。  
E 列の 1 から 8 番までの縞模様の方向を識別した。
- 5) 眼球運動 (Ocular Motor Skill : OMS)  
素速く動くものを眼で追う能力である。  
石垣 (石垣, 1992) の開発したソフトを使用した。パソコンの画面上に直径約 5mm の○ (サークル) が 0.5 秒のインターバルで素速く移動する。濃緑の背景上を緑の○が移動するが, 1/5 の割合で黄緑の○が混ざっている。被検者は頭を固定し眼球だけでターゲットを捉える。黄緑の○が出たら指定されたキーボードを押す。顎台とパソコンとの距離は 30cm で測定した。正反応率, 遅延反応率, 反応率, エラー率を算出するが今回は正反応率を分析の対象とした。
- 6) 深視力 (Depth Perception : DP)  
距離の感覚, 特に前後関係の識別能力である。  
両眼視のなかで最も発達したものが立体視であり, 立体視の程度を表したのが深視力である。2 本の固定桿の間を 1 本の移動桿が前あるいは後ろに移動する。移動桿は 50mm/sec である。被検者と装置の距離は 2.5 m である。被検者は 3 本の桿が横一列に並んだと判断した時キーを押す, その誤

差 (mm) をパラメータとした。1回の練習後、前方からの測定を3回、後方からの3回測定し6回の平均値を測定値とした。AS-7JS1 (KOWA) を使用した。

#### 7) 瞬間視力 (Visual Reaction Time :VRT)

瞬間的に多くの情報をつかむ能力である。

6桁の数字を1/100sec間スクリーンに提示し、50cmの距離を置き認識できた数字を書く。1回の練習後、3回行い、計18文字のうち何文字正解したかで判定した。

#### 8) 眼と手の協応動作 (Eye-Hand Coordination :E/H)

見たものに素速く反応する能力である。

AcuVision-2000を使用し、ランダムに赤く点灯するターゲットを素速く正確に手で押さえ消していく。120回点灯するターゲットを何秒で消したかで評価する。この能力には敏捷性が関係するが、反応の速さよりも、視野全体に意識を向け、周辺視でターゲットを捉える能力に関係する。ターゲットのインターバルはスピード5(1.282sec)に設定した。Time, Score, Lateを測定した。

Time : 120回点灯するターゲットを消すのに要した時間

Score : ターゲットを0.897sec以内にタッチした回数

Late : ターゲットを0.898～1.282secの間にタッ

チした回数

今回はTimeを分析の対象にした。

### 3. 測定条件

被検者の測定条件は、女子卓球選手はプレーしている時の矯正状態、一般女子学生は日常生活している時の矯正状態での視機能を測定した。

測定室内の照度は、 $682.0 \pm 106.9$ ルクスである。照度の測定はナショナルデジタル照度計 (BN-2000LT) を使用した。

### 4. 統計処理

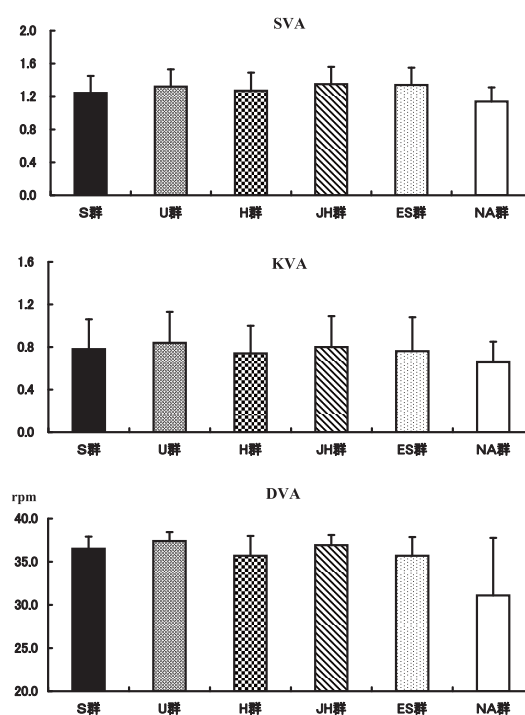
測定結果は、平均値と標準偏差で表した。六群間の測定値の比較には一元配置の分散分析、群間の測定値の比較は最小有意差法を用いた。貢献度の算出には重回帰分析を行った。測定値間の関係についてはピアソンの相関係数の検定を用いた。統計学的有意水準はいずれも危険率5%以下をもって有意とした。

## Ⅲ. 結果

### 1. スポーツビジョンにおける測定項目の比較

図1-1に六群のSVA, KVA, DVAの測定結果を示した。

SVAの平均値および標準偏差はS群  $1.24 \pm 0.21$ , U



\* p<0.05 \*\* p<0.01 \*\*\* p<0.001

SVA:Static Visual Acuity,KVA:Kinetic Visual Acuity,DVA:Dynamic Visual Acuity.

図1-1 スポーツビジョンの比較



群 1.32±0.21, H 群 1.27±0.22, JH 群 1.35±0.21, ES 群 1.34±0.21, NA 群 1.14±0.17 であった。

U, JH, ES 群の平均値は NA 群の平均値より有意に高い値を示した。他の群間の平均値には有意な差は見られなかった。

KVA の平均値および標準偏差は S 群 0.78±0.28, U 群 0.84±0.29, H 群 0.74±0.26, JH 群 0.80±0.29, ES 群 0.76±0.32, NA 群 0.66±0.19 であった。六群間の平均値に有意な差は見られなかった。

DVA の平均値および標準偏差は S 群 36.50±1.41, U 群 37.43±1.03, H 群 35.68±2.29, JH 群 36.92±1.19, ES 群 35.68±2.17, NA 群 31.12±6.67 であった。

S, U, H, JH, ES 群の平均値は NA 群の平均値, U 群の平均値は H, ES 群の平均値より有意に高い値を示した。他の群間の平均値には有意な差は見られなかった。

図 1-2 に六群の CS, OMS, DP の測定結果を示した。

CS の平均値および標準偏差は S 群 6.00±1.00, U 群 6.18±1.14, H 群 5.94±1.13, JH 群 5.95±1.35, ES 群 5.31±1.79, NA 群 5.60±0.84 であった。U 群の平均値は ES 群の平均値より有意に高い値を示した。他の群間の平均値には有意な差は見られなかった。

OMS の平均値および標準偏差は S 群 80.00±8.25, U 群 72.64±11.80, H 群 73.19±9.01, JH 群 65.79±12.98, ES 群 56.69±13.88, NA 群 64.40±10.78 であっ

た。

S, H 群の平均値は JH, ES, NA 群の平均値, U, JH 群の平均値は ES 群の平均値より有意に高い値を示した。他の群間の平均値には有意な差は見られなかった。

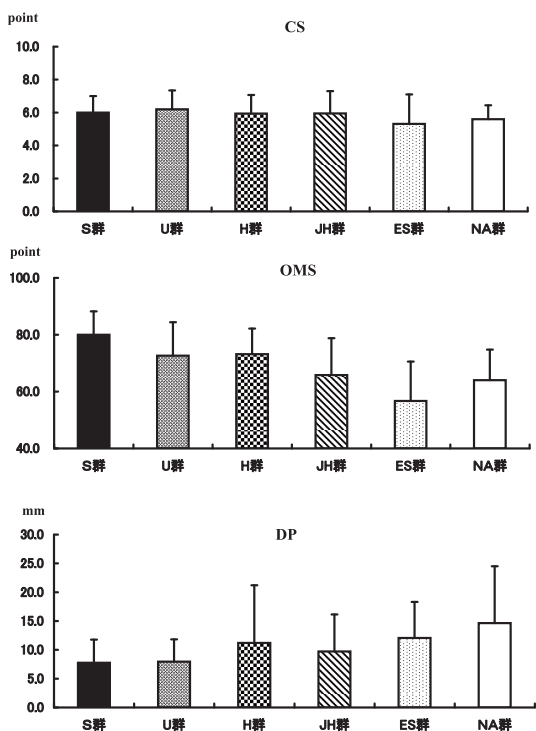
DP の平均値および標準偏差は S 群 7.76±4.01, U 群 7.96±3.86, H 群 11.20±10.00, JH 群 9.71±6.43, ES 群 12.06±6.26, NA 群 14.63±9.89 であった。U 群の平均値は ES, NA 群の平均値より有意に優れた値を示した。他の群間の平均値には有意な差は見られなかった。

図 1-3 に六群の VRT, E/H, スポーツビジョン評価基準に基づいてそれぞれの項目を 5 段階で評価した TP (合計得点) を示した。

VRT の平均値および標準偏差は S 群 11.29±4.35, U 群 11.86±3.66, H 群 9.16±2.71, JH 群 11.21±2.84, ES 群 9.29±3.16, NA 群 7.30±3.06 であった。

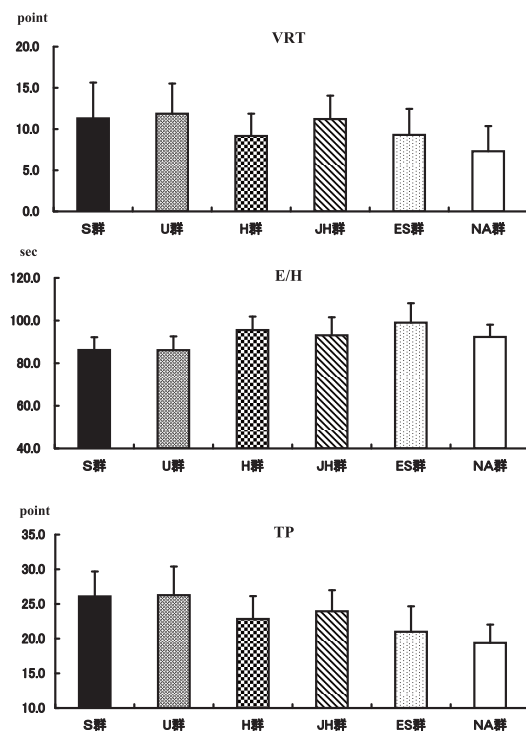
S 群の平均値は NA 群の平均値, U 群の平均値は H, ES, NA 群の平均値, H 群の平均値は JH 群の平均値, JH 群の平均値は ES, NA 群の平均値より有意に高い値を示した。他の群間の平均値には有意な差は見られなかった。

E/H の平均値および標準偏差は, S 群 86.14±6.01, U 群 86.09±6.49, H 群 95.53±6.32, JH 群 93.05±8.45, ES 群 99.00±9.12, NA 群 92.30±5.76 であった。S, U 群の平均値は H, JH, ES 群の平均値, U 群の平均



\* p<0.05 \*\* p<0.01 \*\*\* p<0.001  
SVA:Static Visual Acuity,KVA:Kinetic Visual Acuity,DVA:Dynamic Visual Acuity.

図1-2 スポーツビジョンの比較



\* p<0.05 \*\* p<0.01 \*\*\* p<0.001  
SVA:Static Visual Acuity,KVA:Kinetic Visual Acuity,DVA:Dynamic Visual Acuity.

図1-3 スポーツビジョンの比較

表2 スポーツビジョン測定値の群間の平均値の差の検定

SVA	U群	H群	JH群	ES群	NA群
S群					
U群					*
H群					
JH群					*
ES群					*
KVA					
S群					
U群					
H群					
JH群					
ES群					
DVA					
S群					***
U群		*		**	***
H群					***
JH群					***
ES群					***
CS					
S群					
U群				*	
H群					
JH群					
ES群					
NA群					
OMS					
S群			**	***	**
U群				***	
H群			*	***	*
JH群				**	
ES群					
DP					
S群					
U群				*	*
H群					
JH群					
ES群					
VRT					
S群					*
U群		**		**	**
H群			*		**
JH群				*	**
ES群					
E/H					
S群		**	*	***	
U群		***	**	***	*
H群					
JH群				**	
ES群					*
TP					
S群		*		***	***
U群		***	*	***	***
H群				*	**
JH群				**	**
ES群					

\*p<0.05 \*\*p<0.01 \*\*\*p<0.001

値はNA群の平均値, JH, NA群の平均値はES群の平均値より有意に優れた値を示した. 他の群間の平均値には有意な差は見られなかった.

TPの平均値および標準偏差は, S群 26.14±3.58, U群 26.27±4.12, H群 22.84±3.30, JH群 23.95±3.03, ES群 21.00±3.67, NA群 19.40±2.63であった. S, U群の平均値はH, ES, NA群の平均値, U群の平均値はJH群の平均値, H, JH群の平均値はES, NA群の平均値より有意に高い値を示した. 他の群間の平均値には有意な差は見られなかった.

図2に静止視力とKVA動体視力の関係を示した. 静止視力とKVA動体視力との間には,  $r = 0.594$  ( $p < 0.001$ )の有意な正の相関関係が認められた.

## 2. 重回帰分析による貢献度

### 1) KVA動体視力の貢献度

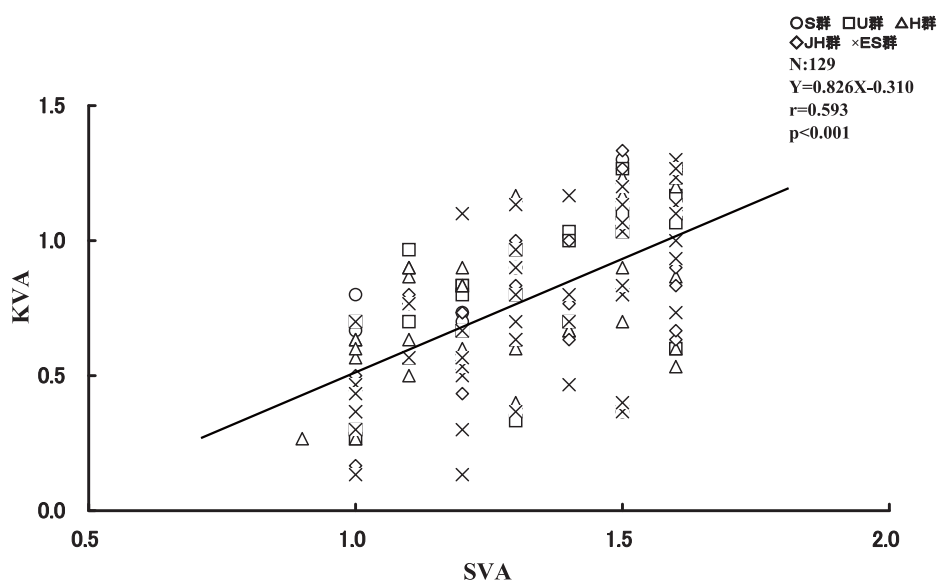
KVA動体視力を従属変数(目的変数), 各測定項目(SVA, DVA, CS, OMS, DP, VRT, E/H)を独立変数(説明変数)とし, 重回帰分析を行い貢献度を算出した.

図3にKVA動体視力に対する各測定項目の相対性貢献度を示した.

KVA動体視力に対する各変数の相対貢献度はSVA59.4%, DVA0.7%, CS14.6%, OMS1.4%, DP7.5%, VRT0.8%, E/H15.6%であった.

### 2) DVA動体視力の貢献度

DVA動体視力を従属変数(目的変数), 各測定項目



SVA:Static Visual Acuity, KVA:Kinetic Visual Acuity

図2 静止視力とKVA動体視力との関係

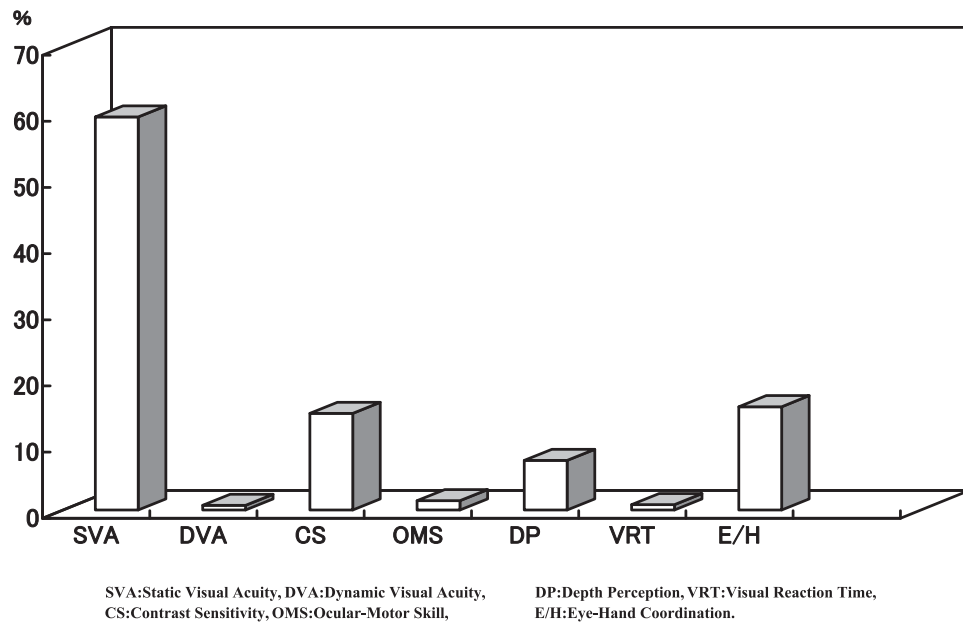


図3 KVA動体視力に対する各測定項目の相対性貢献度

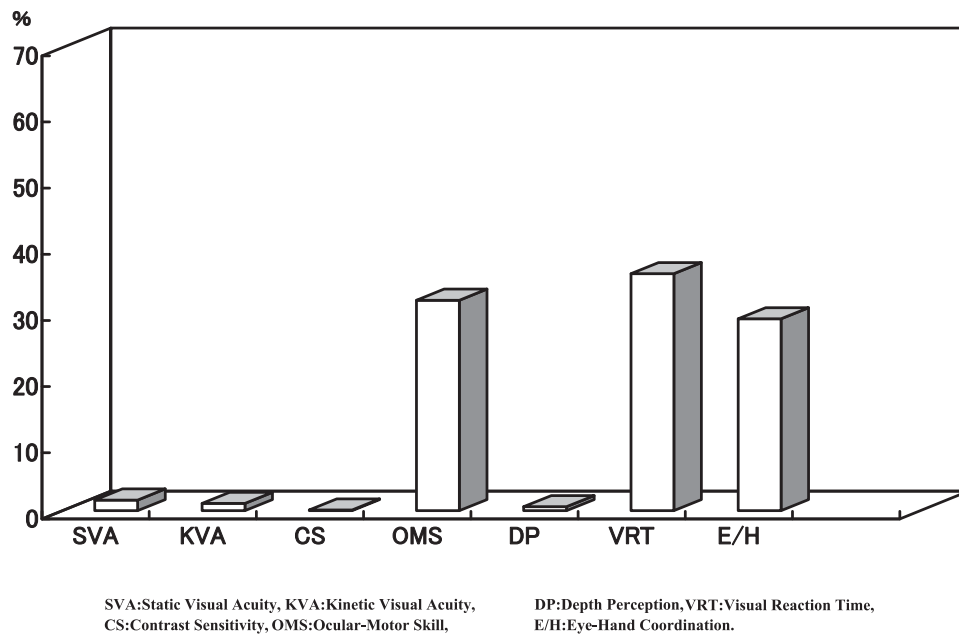


図4 DVA動体視力に対する各測定項目の相対性貢献度

(SVA, KVA, CS, OMS, DP, VRT, E/H) を独立変数 (説明変数) とし, 重回帰分析を行い貢献度を算出した。

図4にDVA動体視力に対する各測定項目の相対性貢献度を示した。

DVA動体視力に対する各変数の相対貢献度はSVA1.6%, KVA1.1%, CS0.1%, OMS31.8%, DP0.6%, VRT35.8%, E/H29.0%であった。

### 3. KVA, DVA 動体視力に対する貢献度の高い視機能と競技歴との関係

#### 1) KVA 動体視力に対する貢献度の高い視機能と競技歴との関係

図5にSVA, CS, E/Hと競技歴との関係を示した。SVAと競技歴の間には $r = -0.068$ で有意な相関関係は認められなかった。

CS と競技歴との間には  $r=0.118$  で有意な相関関係は認められなかった。

E/H と競技歴との間には  $r=-0.418$  ( $p<0.001$ ) の有意な負の相関関係が認められた。

2) DVA 動体視力に対する貢献度の高い視機能と競技歴との関係

図6にVRT, OMS, E/Hと競技歴との関係を示した。VRTと競技歴との間には  $r=0.198$  ( $p<0.05$ ) の有意な正の相関関係が認められた。

OMSと競技歴との間には  $r=0.354$  ( $p<0.001$ ) の有意な正の相関関係が認められた。

E/Hと競技歴との間には  $r=-0.418$  ( $p<0.001$ ) の有意な負の相関関係が認められた。

IV. 考 察

卓球競技は長さ 2.74 m × 幅 1.525 m のテーブルを使用し、ネットを挟んでボールが高速に移動する競技である。また多様な球種のボールが前後、左右と複雑多岐に往来するため瞬時に多くの情報を入力し、的確な対応が求められる。そのため「視る能力」いわゆる

眼が良いことは卓球選手に求められる能力の1つであり、動体視力の優劣が競技力に大きな影響を与えるものと思われる。

動体視力は動く対象物に対する明視能力である。日本では対象が近接する、すなわち眼前に向けて直進する方式を採用し、1960年代から研究が始まった。鈴村は(鈴村, 1966)これを Kinetic Visual Acuity (KVA) と名づけた。KVAは日本独自の概念である。欧米では指標を水平に動かす方式を採用し1950年より研究を始めた。Miller (Miller and Ludvigh, 1962) らはこれを Dynamic Visual Acuity (DVA) と名づけた。欧米で動体視力といえばDVAをさす。本研究ではKVA, DVA 動体視力の両機能を測定しその特性について検討した。

KVA 動体視力は遠くから一定の速度でまっすぐに自分の方に近づいてくる目標を見る時の最小分離域を測定している。鈴村(鈴村, 1962)は動体視力には眼の調節作用、網膜機能、中枢が関係しており、中でも指標の動きに合わせた滑らかな調節作用が最も重要であると報告している。Demer (Demer and Amjadi, 1993) らは網膜像の垂直方向の動きが視力に影響す

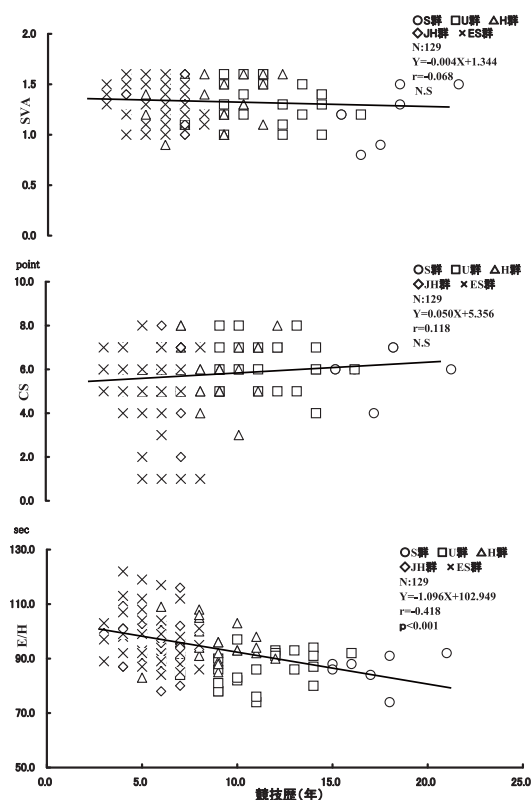


図5 SVA,CS,E/Hと競技歴との関係

SVA:Static Visual Acuity, CS:Contrast Sensitivity, E/H:Eye-Hand Coordination.

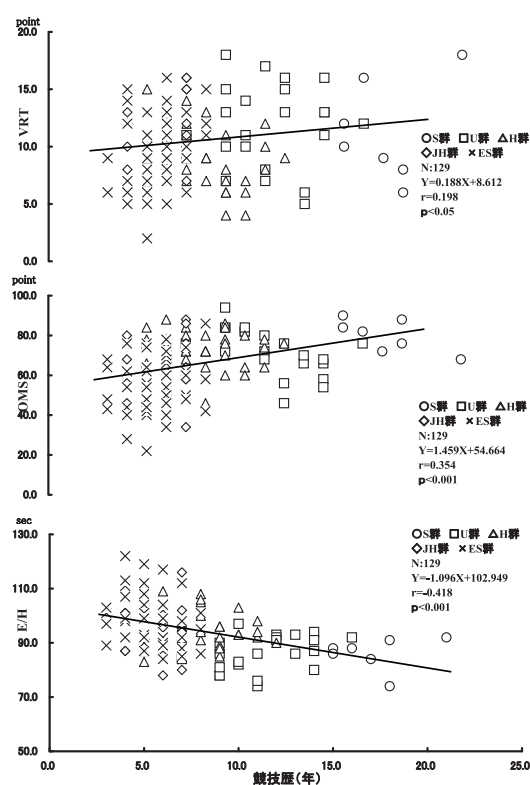


図6 VRT,OMS,E/Hと競技歴との関係

VRT:Visual Reaction Time, OMS:Ocular-Motor Skill, E/H:Eye-Hand Coordination.



ると報告している。また渥美（渥美，1993）の眼内レンズ装着者のKVA動体視力検査によると調節機能、輻輳機能、網膜機能、中枢機能のうち、水晶体の調節機能はそれほど関与していないと報告している。KVA動体視力は渡辺（渡辺ほか，1981，p29）らによれば静止視力よりやや遅れて発達するが、7歳をすぎたころ、静止視力の発達に追いつくと報告している。またKVA動体視力は15～20歳をピークにその後は40代後半までに徐々に低下し、それ以後は急カーブを描いて下降するといわれている（真下，2002，p31）。

DVA動体視力は欧米でいう動体視力である。速く動く目標の像を正確に中心窩に保持する能力の測定である。眼前を横切る目標を見る時、まず跳躍性眼球運動により視線を目標にあわせようとする。この時は形態認識能力はむしろ低下している。視線が目標にあってくると、次に随従性眼球運動で目標の像を中心窩に保持しようとする。中心窩に正確に像が結ばれて、はじめて目標の形態が判明する（真下，1997a）。石垣（石垣，2000）はDVA動体視力は10歳ごろまでに急速に発達し、20歳ごろをピークとし、その後は年齢とともに能力は低下するが、個人差が大きいと報告している。本研究のKVA動体視力、DVA動体視力を各群間の平均値で見るとKVA動体視力の各群間の平均値に有意な差が見られなかった。DVA動体視力を各群間の平均値で見るとU群の平均値はH、ES群の平均値より有意に高い値を示したが、KVA動体視力、DVA動体視力の各群間の平均値に顕著な差異は見られなかった。そこでKVA動体視力、DVA動体視力に対して測定項目のどの因子が貢献しているのかについて検討した。

KVA動体視力を従属変数（目的変数）、各測定項目（SVA、DVA、CS、OMS、DP、VRT、E/H）を独立変数（説明変数）とし、重回帰分析を行いKVA動体視力に対する各測定項目の貢献度を算出した。KVA動体視力に対する各測定項目の相対性貢献度を図3に示した。KVA動体視力に対する貢献度の高い視機能は静止視力、眼と手の協応動作、コントラスト感度であった。次にDVA動体視力を従属変数（目的変数）、各測定項目（SVA、KVA、CS、OMS、DP、VRT、E/H）を独立変数（説明変数）とし、重回帰分析を行いDVA動体視力に対する各測定項目の貢献度を算出した。DVA動体視力に対する各測定項目の相対性貢献度を図4に示した。DVA動体視力に対する貢献度の高い視機能は瞬間視、眼球運動、眼と手の協応動作であった。KVA動体視力、DVA動体視力に共通して貢献度の高い視機能は眼と手の協応動作であった。KVA動体視力、DVA動体視力に対する測定項目の貢献度に特徴的な差異が見られた。

次に優れた技術や視機能を必要とする環境下でのトレーニングの質と量が動体視力を高めているとの報告がある（山本ほか，2001，p44）。そこでKVA動体視力、DVA動体視力に対する貢献度の高い視機能と競技歴との関係について検討した。

KVA動体視力に対する貢献度の高い視機能（SVA、E/H、CS）と競技歴との関係を図5に示した。SVA、CSと競技歴との間には有意な相関関係は認められなかった。

DVA動体視力に対する貢献度の高い視機能（VRT、OMS、E/H）と競技歴との関係を図6に示した。OMS、VRTと競技歴との間には有意な正の相関関係が認められた。KVA動体視力、DVA動体視力に貢献度の高いE/Hと競技歴との間には有意な負の相関関係が認められた。（図5、6）

KVA動体視力に対して貢献度の高い視機能である静止視力は通常「視力」と呼ばれ最も一般的な視覚測定である。静止視力は5歳までに急速に発達し、すでに5歳児ではほぼ大人並みの視力があり、その後少しずつ向上して、9～10歳ごろまでにできあがると報告されている（大江，1965；渡辺ほか，1981，p28）。湖崎（湖崎，1976）の調査では静止視力1.0以上になっている子供は5歳半～6歳半では86.1%、満6歳ではほとんどが成人に等しい視力である1.0以上に達していたと報告している。また静止視力がスポーツの競技能力に与える影響は、両眼視力1.2のときがスポーツの競技能力を100%発揮し、両眼視力の低下と共に競技能力も低下すると報告されている（枝川，1996；枝川ほか，1996）。枝川（枝川，2001）は近視・乱視・遠視などの屈折異常や不同視があると、外界の像は網膜に明瞭に結ばれないため脳に送られる情報は不完全になると報告している。真下（真下，1995）は静止視力のビジュアルトレーニングは不可能であり、その競技に適した方法で矯正するように指導し、屈折異常、調節異常で視力が低下した場合は、コンタクトレンズ、メガネ使用などで屈折矯正を行うことで視力を矯正することが可能であると報告している。石垣（石垣，1994）はスポーツにおける矯正では矯正視力は0.7以上できれば健常視力である1.2まで矯正することが望ましいと報告している。本研究の視力矯正者はS群71%（コンタクトレンズ使用5名）、U群45%（コンタクトレンズ使用10名）、H群53%（メガネ使用1名、コンタクトレンズ使用16名）、JH群26%（メガネ使用1名、コンタクトレンズ使用4名）、ES群8%（メガネ使用4名）であった。視力矯正者を含めて本研究の静止視力はS群 $1.24 \pm 0.21$ 、U群 $1.32 \pm 0.21$ 、H群 $1.27 \pm 0.22$ 、JH群 $1.35 \pm 0.21$ 、ES群 $1.34 \pm 0.21$ であった。年齢はS群 $24.7 \pm 1.3$ 、U群 $19.5 \pm 1.1$ 、H

群  $16.3 \pm 0.8$ , JH 群  $13.6 \pm 0.8$ , ES 群  $11.1 \pm 1.0$  歳であった。これらのことから各群の静止視力は年齢から見てすでに成熟している視機能であり、各群の静止視力は最高の競技能力を発揮する視力を有していると思われる。また KVA 動体視力と静止視力とは高い関係があると報告されている (山本ほか, 2001, p43)。本研究での KVA 動体視力と静止視力との関係は  $r = 0.593$  ( $p < 0.001$ ) の有意な正の相関関係が認められた (図 2)。これらの結果から静止視力は眼の調節作用、網膜機能、中枢機能と関連があることが推測された。

コントラスト感度は明暗の微妙な違いを識別する能力であり、コントラストの異なる指標の縞模様を方向を識別するものである。この種の刺激に特異的な感度を示す独立した脳神経経路があることが報告されている (Campbell and Robson, 1968)。川村 (川村ほか, 1994) らは調節反応量とコントラスト感度との関係について検討した結果、コントラストの感度は主として高空間周波数領域で低下し、調節反応量の低下および base line の屈折度の近視化が有意 ( $p < 0.05$ ) に認められたと報告している。このことは調節反応量の低下は視覚入力の本質の低下に伴うものであると思われる。真下 (真下ほか, 1996) らは静止視力とコントラスト感度との関係は  $r = 0.674$  の相関関係があると報告している。そして静止視力とコントラスト感度はトレーニングできないと報告している。本研究での静止視力とコントラスト感度との関係は  $r = 0.435$  ( $p < 0.001$ ) の有意な正の相関関係が認められた。これらの結果からコントラスト感度は視覚の調節機能と関連があることが推測された。

これらのことから KVA 動体視力と関連性が高い静止視力は眼の調節作用、網膜機能、中枢機能、コントラスト感度は視覚の調節機能と関連があり、競技歴と有意な相関関係が認められなかったことからトレーニング効果が現れにくい生得的な視機能であることが推測された。

DVA 動体視力に対する貢献度の高い視機能である瞬間視は網膜上に投影された像は、刺激が終了した後もしばらく消失しないで残存する。これは「短期視覚情報保存」と呼ばれ、visual information storage (VIS) あるいは iconic storage と言われている。短期保存された情報は、記憶呼び出し回路を通過して、「今何を見た」と瞬間的に思い出すことができる。この情報量には個人差が生じるが、目標物のパターンが自分の記憶内にある物体、知っている文字や形や風景であれば、認識→記憶の呼び出しというプロセスがより迅速に行われる。真下 (真下ほか, 1997b) らはこの能力は年齢との関係は少なく、他の多くの視機能のように加齢によって著しく低下することはない。そして瞬間視は

脳内情報処理に関わるものと考えられ、急速なトレーニング効果は期待できないがトレーニング効果の認められる機能であると報告している。本研究の瞬間視の U 群の平均値が H, ES 群の平均値より、JH 群の平均値は ES 群の平均値より有意に高い値を示した。これらの結果から瞬間視は脳内情報処理機能の発達と関連があることが推測された。

眼球運動は眼球の外側には 6 つの外眼筋があり、協同して視線の方向をコントロールしている。眼が正確に目標をむかえば目標の像は中心窩に保持され、色や形を認識することができる。眼球運動の測定はこの原理を利用したもので網膜の周辺に映った目標をすばやく中心窩に移動させる跳躍性眼球運動の能力を測定している。吉井 (吉井, 2002) は DVA 動体視力の測定中に EOG を記録し、DVA 動体視力の測定中の眼球運動について分析した。その結果、DVA 動体視力の差は「眼を速く動かせるか」というよりも「眼を大きく動かせるか」がその要因であると報告している。このことはまず指標の動きを正確に認識し、その後、眼を素速く大きく動かして指標に追いついたらその指標の動きと眼の動きをできるだけ長く一致させる能力の差ではないかと思われる。この能力には指標の動きが高速になってくると跳躍性眼球運動が必要となってくる。高速で動く対象には跳躍性眼球運動が関わることから DVA 動体視力の発達は跳躍性眼球運動の発達と密接に関係すると考えられる。ゆっくりと動く対象を注視する随従性眼球運動は生後発達する (Takeichi et al., 2003)。苧阪 (苧阪ほか, 1978) らは跳躍性眼球運動は 15 歳～18 歳までに漸近的に完成すると報告している。パーソナルコンピューターを使用して跳躍性眼球運動の加齢影響をみた吉井 (吉井・石垣, 1999a) らの結果は 20 歳ごろがピークであると報告している。本研究の各群の年齢は S 群  $24.7 \pm 1.3$ , U 群  $19.5 \pm 1.1$ , H 群  $16.3 \pm 0.8$ , JH 群  $13.6 \pm 0.8$ , ES 群  $11.1 \pm 1.0$  歳であった。眼球運動の S, U, H, JH 群の平均値は ES 群の平均値より、S, H 群の平均値は JH 群の平均値より有意に高い値を示した。これらの結果から眼球運動は跳躍性眼球運動の発達と関連があることが推測された。

これらのことから DVA 動体視力と関連性が高い瞬間視は脳内情報処理機能の発達、眼球運動は跳躍性眼球運動の発達と関連があり、競技歴と有意な正の相関関係が認められたことからトレーニング効果が認められる習得的な視機能であることが推測された。

KVA 動体視力、DVA 動体視力に対して貢献度の高い視機能である。眼と手の協応動作は敏捷性が関係するが、反応の速さよりもむしろ一点に集中しないで視野全体に意識を向け、周辺視でターゲットを捉える能

力に関係する。この動作では、網膜と眼窩内の眼球の感覚情報が処理され、運動信号が手を動かす(金井, 1999)。またこの能力は視野全体に意識を向け、周辺視でターゲットを捉える能力に関係する。吉井(吉井・石垣, 1999b)らは8~91歳の男女405名について周辺視野の加齢影響を調べた結果、12歳以下ではまだ発達過程であり、13~17歳では成人(18~30歳)の広さにはほぼ近いと報告している。本研究の眼と手の協応動作のS, U群の平均値はH, JH, ES群の平均値より、JH群の平均値はES群の平均値より有意に優れた値を示した。これらの結果からES群は一点に集中しないで視野全体に意識を向け、周辺視でターゲットを捉える能力が未発達であることが推測される。

これらのことから眼と手の協応動作は周辺視野の発達過程の影響や神経系の発達と関連があり、競技歴と有意な負の相関関係が認められたことからトレーニング効果が認められる習得的な視機能であることが推測された。

以上のことから、KVA動体視力に対する貢献度の高い視機能は静止視力、眼と手の協応動作、コントラスト感度であり、主に眼の調節作用、網膜機能、中枢機能、視覚の調節機能と関連性が高く、トレーニング効果が現れにくい生得的な視機能であることが推測された。DVA動体視力に対する貢献度の高い視機能は瞬間視、眼球運動、眼と手の協応動作であり、主に脳内機能の発達や跳躍性眼球運動と関連性が高く、トレーニング効果が認められる習得的な視機能であることが推測された。これらのことから女子卓球選手のKVA動体視力は潜在的、DVA動体視力はトレーニングの要因が影響し、競技力の向上を目指し動体視力を高めるにはKVA動体視力は視力矯正を含み最適な静止視力を有すること、DVA動体視力は継続したトレーニングが必要であることが示唆された。

## V. 結論

卓球競技は瞬時に多くの情報を入力し、的確な判断を求められる競技である。そのため「見る能力」いわゆる眼が良いことは卓球選手に求められる能力の1つである。そして卓球選手の動体視力は競技力と高い関連性があると思われる。動体視力の測定には日本独自の概念である対象が近接する、すなわち眼前に向けて直進する方式 Kinetic Visual Acuity (KVA) と欧米で採用している指標を水平に動かす方式 Dynamic Visual Acuity (DVA) が用いられている。そこで社会人(S群):7名、大学生(U群)22名、高校生(H群)32名、中学生(JH群)19名、小学生(ES群)49名の

トップクラス的女子卓球選手を対象にスポーツビジョンの測定を行い、競技力に重要な因子である動体視力(KVA, DVA)の特性について検討した。対照群は一般女子学生90名の中から日常運動習慣の無い一般女子学生10名(NA群)抽出した。各群とも静止視力1.0以上を対象とした。KVA動体視力、DVA動体視力を各群間の平均値で見るとKVA動体視力の各群間の平均値に有意な差が見られなかった。DVA動体視力のU群の平均値はH, ES群の平均値より有意に高い値を示したが、顕著な差異は見られなかった。

KVA動体視力、DVA動体視力に対して測定項目のどの因子が貢献しているのかについて検討した結果、KVA動体視力に対する貢献度の高い視機能は静止視力、眼と手の協応動作、コントラスト感度、DVA動体視力に対する貢献度の高い視機能は瞬間視、眼球運動、眼と手の協応動作であった。KVA動体視力、DVA動体視力に対する測定項目の貢献度に特徴的な差異が見られた。

そしてKVA動体視力に対する貢献度の高い視機能である静止視力、コントラスト感度と競技歴との間には有意な相関関係は認められなかった。DVA動体視力に対する貢献度の高い視機能である瞬間視、眼球運動と競技歴との間には有意な正の相関関係が認められた。KVA動体視力、DVA動体視力に共通して貢献度の高い視機能である眼と手の協応動作と競技歴の間には有意な負の相関関係が認められた。

以上のことから、KVA動体視力に対する貢献度の高い視機能は静止視力、眼と手の協応動作、コントラスト感度であり、主に眼の調節作用、網膜機能、中枢機能、視覚の調節機能と関連性が高く、トレーニング効果が現れにくい生得的な視機能であることが推測された。DVA動体視力に対する貢献度の高い視機能は瞬間視、眼球運動、眼と手の協応動作であり、主に脳内機能の発達や跳躍性眼球運動と関連性が高く、トレーニング効果が認められる習得的な視機能であることが推測された。これらのことから女子卓球選手のKVA動体視力は潜在的、DVA動体視力はトレーニングの要因が影響し、競技力の向上を目指し動体視力を高めるにはKVA動体視力は視力矯正を含み最適な静止視力を有すること、DVA動体視力は継続したトレーニングが必要であることが示唆された。

## 参考文献

- 渥美一成: 視機能検査としての動体視力, 視覚の科学, 14, 16-20, 1993.
- Campbell FW., Robson JG.: Application of Fourier analysis to the visibility of gratings, J Physiol, 197, 551-566, 1968.
- Demer JL., Amjadi F.: Dynamic visual acuity of normal subjects



- during vertical optotype and heat motion, *Investigative Ophthalmology Visual Science*, 34, 6, 1894-1906, 1993.
- 枝川 宏：スポーツと眼, 日本の眼科, 67, 8, 23-26, 1996.
- 枝川 宏, 石垣尚男, 真下一策, 横江淳子, 牧田京子, 高橋宏子, 松井康樹, 遠藤文夫：スポーツ選手における視力と競技能力との関係, *臨床スポーツ医学*, 13, 7, 806-810, 1996.
- 枝川 宏：眼科的メディカルチェック, *臨床スポーツ医学*, 18, 8, 871-879, 2001.
- 石垣尚男：スポーツと眼, 大修館書店, 東京, 1992.
- 石垣尚男：ヒトのDVA動体特性, *京都産業大学現代体育研究所紀要*, 9, 61-67, 2000.
- 石垣尚男：スポーツにおける視力矯正-適正な視力矯正の指針作成のための実験研究-, 第46回日本体育学会, 260, 1994.
- 金井 淳 監訳：スポーツ眼科, 視覚トレーニング, ナップ, 東京, 1999.
- 湖崎 克：学校眼科新書, 東山書房, 東京, 1976.
- 川村 肇, 細鼻 淳, 近江 源次郎, 不二門 尚, 田野 保雄, コントラスト感度と調節反応量の関係, *視覚の科学*, 15, 4, 206-210, 1994.
- 真下一策, 石垣尚男, 遠藤文夫：卓球強化選手のスポーツビジョン能力, *日本体育協会スポーツ科学研究報告集*, NO.8 卓球, 17, 130-132, 1993.
- 真下一策：競技種目別スポーツビジョン, *臨床スポーツ医学*, 12, 10, 1113-1119, 1995.
- 真下一策, 石垣尚男, 遠藤文夫：新しいスポーツビジョン検査項目と基準値, *臨床スポーツ医学* 11, 10, 1203-1207, 1994.
- 真下一策編：スポーツビジョン(第2版)-スポーツのための視覚学-, ナップ, 東京, 2002.
- 真下一策：動体視力, *体力科学*, 46, 321-326, 1997a.
- 真下一策：ビジュアルトレーニングの実際, *臨床スポーツ医学*, 12, 10, 1121-1125, 1995.
- 真下一策, 石垣尚男, 枝川 宏, 遠藤文夫：ビジュアルトレーニングの実際-その1-, *臨床スポーツ医学*, 13, 7, 801-805, 1996.
- 真下一策他：スポーツビジョン研究会編, スポーツのための視覚学, ナップ, 東京, 1997b.
- Miller J.W., Ludvig E.:The effect of relative motion on visual acuity, *Sure, Ophthalmology*, 7, 83-13, 1962.
- 大江謙一：3~17歳の視力, *日本眼科学会雑誌*, 69, 8, 885-888, 1965.
- 荻阪良二, 三輪武次, 杉本助男, 木田光朗, 谷口正子, 鈴木初恵：角膜反射法により眼球運動機能の発達の側面, *名古屋大学環境研究年報*, 29, 54-59, 1978.
- 鈴木昭弘：空間における動体視知覚の動揺と視覚適性の開発, *日眼会誌*, 75, 9, 22-54, 1966.
- 鈴木昭弘：動体視力の研究, *名古屋大学環境医学研究年報*, 13, 79-108, 1962.
- Takeichi N., Fukushima J., Kurkin S., Yamanobe T., Shinmei Y., Fukushima K : Directional asymmetry in smooth ocular tracking in the presence of visual background in young and adult primates, *Exp Bran Res in press*, 380-390, 2003.
- 渡辺義行, 山田久恒, 石垣尚男：動体視力の研究, -幼児・児童の動体視力の発達-, *総合保険体育科学*, 4, 21-33, 1981.
- 山田久恒, 森田修郎：動体視力に関する研究, 眼調節のトレーニングと動体視力との関係, *体育学研究*, 14, 73-81, 1967.
- 山本武司, 山岡憲二, 増田 洋, 田阪登紀夫, 足利善男, 村上博巳, 田中信雄：卓球選手のスポーツビジョン研究, *京都産業大学現代体育研究所紀要*, 10, 2001.
- 吉井 泉：真下一策編, スポーツビジョン(第2版)-スポーツのための視覚学-DVA(動くものを見る力)の決め手は何だ?-DVA動体視力測定中の眼球運動の分析-, 40, ナップ, 東京, 2002.
- 吉井 泉, 石垣尚男：眼球運動の加齢影響と性差, *日本体育学会第50回記念大会抄録集*, 329, 1999a.
- 吉井 泉, 石垣尚男：有効視野の加齢影響と性差, *日本スポーツ心理学会第26回抄録集*, 60-61, 1999b.