

中国卓球プロ選手プレー中における運動強度に関する研究

張 環 宇

Abstract

There are many psychological factors of influencing exercise intensity of ping pong ball in addition to athletes' physical strength, technique, playing methods and so on. Especially it is a very difficult to know the athletes' exercise intensity, but it would be a very effective way to use oxygen consumption and heart-rate presuming taking into consideration exercise load intensity. It is necessary not only to learn Chinese outstanding athletes' technique but also to know and overtake on the aspect of body function. Therefore, we would like to regard high-level Chinese professional ping pong ball athletes as the tested examples. The purpose of this study is to know heart-rate, oxygen consumption, exercise intensity and so on.

キーワード……酸素摂取量 $\dot{V}O_2$ 心拍数 HR 換気量 $\dot{V}E$ 運動強度

1 はじめに

卓球は最初、ピンポンという名称にふさわしいテーブルの上での単純なショート打ちの技術から始められたと言われているが、今日では、スマッシュ打法やドライブ打法等の高度な技術と共に高い運動量のスポーツ種目の一つである。それ故、間欠的運動種目であるが、高い体力が要求される競技であるといえよう¹⁾。

卓球プレー中における運動強度は、その選手の体力、技術、戦型などのほか、緊張、集中力といった心理的な要素の影響が高いものとされている。特に試合中の運動強度を知ることが非常に困難である。しかし心理的要素を相乗した運動負荷強度を考慮すれば、スポーツの運動負荷強度は、酸素摂取量 $\dot{V}O_2$ による推定法と心拍数による推定法が有効的な手段になっている。

競技卓球において、勝敗は、選手が自分の身体をどう動かすことができるかにかかっている。そして、その身体操作能力は、身体を構成する性能の善し悪しに大きく左右される。したがって、勝敗に直結する身体操作能力を向上させるには、体力向上が不可欠である。

技術練習だけでは体力・技術とも二流・三流の選手になってしまう。一流選手を目指すには、まず体力の強化が必要になると報告されている²⁾。先行研究による各打法毎の練習強度を比較では、スマッシュ練習が最も高く、次いでフットワーク、練習ゲーム、フォアハンド、バックハンドの順であった³⁾。

2 目的

卓球競技において、日本はかつて 1950 年代～1970 年代まで世界のトップレベルであった。個人種目においては、男女あわせて 13 人もの世界チャンピオンを輩出している。しかし、1980 年代以降は、中国に圧され停滞が続いている。中国台頭の背景には、中国政府の強大なスポーツ振興政策や国家にバックアップされた指導組織が要因としてあげられる。

近年、日本は世界性主権団体で男女銅メダルを獲得し、ジュニアにおいては世界ジュニア選手権で優勝するなど復調の兆しがあるが、中国が世界ランキングの首位を維持しているのが現状である。

日本が世界のトップを目指すためには、中国の技術のみならず、フィジカル面においても超えていく必要があると考えられる。そこで今回は最も高いレベルの競技力を持つ中国卓球プロ選手を対象にして、プレー中の心拍数、酸素摂取量、運動強度等を明らかにすることを目的とした。

3 方法

3-1 本実験における試技内容

本実験におけるプロ選手の試技内容は以下の通りである。

フォアハンド・バックハンド	5 分 → リカバリー (2 分)
ブロック	5 分 → リカバリー (2 分)
フォアドライブ	5 分 → リカバリー (2 分) → 40 分休憩
切替し	5 分 → リカバリー (2 分)
フォアドライブによるフットワーク 試合	5 分 → リカバリー (2 分) → 40 分休憩

3-2 中国プロ卓球リーグの構成

スーパーリーグ：男女各 10 チーム（40～50 人外国人選手を含む）

A リーグ：男女各 16 チーム（60～80 人）

B リーグ：男女各 32 チーム（128～160 人）

C リーグ：男女各 60 チーム（240～300 人）

3-3 被験者

被験者には、中国黒竜江省卓球プロチーム男子 3 名と女子 4 名を用いた。その内訳は男子選手 3 名が、A リーグ所属 2 名、B リーグ所属 1 名、年齢 19.7 ± 3.06 歳、身長 178.0 ± 3.46 cm、体重 65.67 ± 4.93 kg、競技歴 11.0 ± 1.0 年であった。女子選手 4 名は、B リーグ所属 3 名、C リーグ所属 1 名、年齢 16.0 ± 0.82 歳、身長 168.25 ± 3.40 cm、体重 54.25 ± 1.71 kg、競技歴 7.8 ± 1.0 年であった。各被験者は毎日 6 時間で週 6 回練習を行っている。

3-4 実験期日・場所

場所・期日 黒竜江省卓球チーム練習場 2010年1月22～27日

3-5 測定装置及び方法

心拍数の測定には、無線心電計ポラールスポーツ心拍計を用い、胸部双極誘導の心電図により測定した心電図のQRS波より心拍数を練習中連続して計測、酸素摂取量の測定には、呼吸ガス代謝モニタータマックス3B（フクダ電子株式会社製）を用いた、これを被験者に装着させて練習時の $\dot{V}O$ を測定した。

4 結果

12分間走が行われるにつれて最大値・最小値ともに心拍数が上がってきて、フォアハンド・バックハンド練習時の $\dot{V}O_2$ 、HR、運動強度が一番低かった。フォアドライブによるフットワーク練習時の $\dot{V}O_2$ 、HR、運動強度が一番高かった。

表1 男子プロ選手の特性及び12分間走の測定結果

	年齢 (age)	身長 (cm)	体重 (kg)	競技歴 (year)	12分間走 (m)	(ml/min/kg)	戦型	所属リーグ
sub.pm 1	23	174	60	12	3060	57.027	シェーク 裏裏	A
sub.pm 2	19	180	68	11	3360	63.327	シェーク 裏裏	A
sub.pm 3	17	180	69	10	2820	51.987	シェーク 裏裏	B
Mean	19.7	178.0	65.67	11.0	3080.0	57.45		
SD.	3.06	3.46	4.93	1.0	270.55	5.68		

表2 女子プロ選手の特性及び12分間走の測定結果

	年齢 (age)	身長 (cm)	体重 (kg)	競技歴 (year)	12分間走 (m)	(ml/min/kg)	戦型	所属リーグ
sub.pw1	17	167	52	8	2795	51.462	シェーク 裏裏	B
sub.pw2	16	165	56	7	2750	50.517	ペン裏裏	B
sub.pw3	16	168	55	9	2480	44.847	シェーク 裏裏	B
sub.pw4	15	173	54	7	2470	44.637	シェーク 裏裏	C
Mean	16.0	168.25	54.25	7.8	2623.8	47.87		
SD.	0.82	3.40	1.71	1.0	172.79	3.63		

4-1 フォアハンド・バックハンド練習中における酸素摂取量及び心拍数変化について

フォアハンド・バックハンド練習中の男子選手における体重当たりの $\dot{V}O_2$ の平均値は $17.15 \pm 1.5 \text{ ml/kg/min}$ 、HR は $84.15 \pm 7.6 \text{ bpm}$ であり、 $\dot{V}E$ は $22.43 \pm 3.3 \text{ ml/min}$ 、FR は $26.63 \pm 2.8/\text{min}$ 、RQ は 0.39 ± 0.4 であり、運動強度の指標としては $14.64 \pm 5.3\%HR_{\text{max}}$ 、 $25.30 \pm 1.0\% \dot{V}O_{2\text{max}}$ であった。

女子選手における体重当たりの $\dot{V}O_2$ の平均値は $13.15 \pm 2.8 \text{ ml/kg/min}$ 、平均 HR は $100.20 \pm 16.7 \text{ bpm}$ であり、 $\dot{V}E$ は $16.77 \pm 3.4 \text{ ml/min}$ 、FR は $24.89 \pm 2.5/\text{min}$ 、RQ は 0.60 ± 0.4 であり、運動強度の指標としては、 $23.23 \pm 10.6\%HR_{\text{max}}$ 、 $22.21 \pm 7.9\% \dot{V}O_{2\text{max}}$ であった。

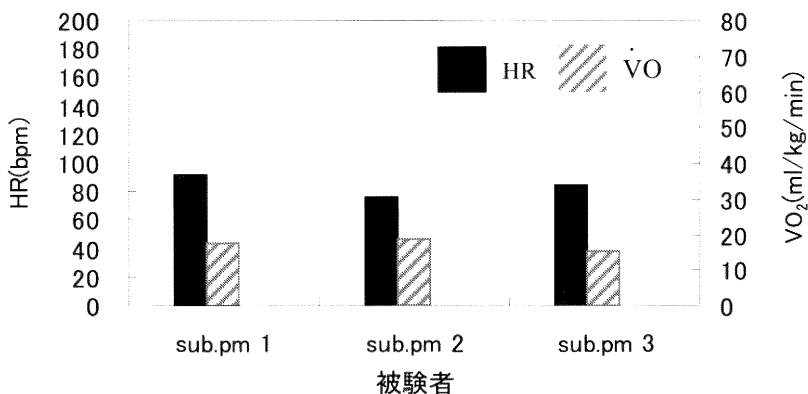


図1 男子プロ選手におけるフォアハンド・バックハンド練習時の酸素摂取量及び心拍数変化

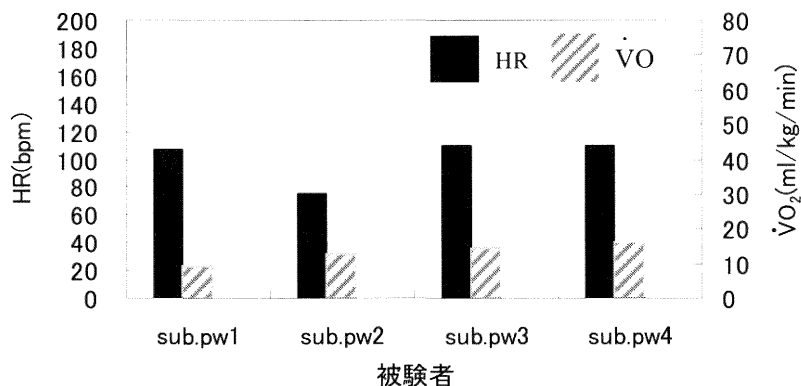


図2 女子プロ選手におけるフォアハンド・バックハンド練習時の酸素摂取量及び心拍数変化

4-2 ブロック練習中における酸素摂取量及び心拍数変化について

ブロック練習中の男子選手における体重当たりの $\dot{V}O_2$ の平均値は 21.61 ± 6.0 ml/kg/min、HRは 91.74 ± 1.9 bpmであり、 $\dot{V}E$ は 27.88 ± 2.4 ml/min、FRは 30.50 ± 1.3 /min、RQは 0.36 ± 0.3 であり、運動強度の指標としては $20.17 \pm 1.1\%$ HRmax、 $33.11 \pm 7.6\%$ $\dot{V}O_{2max}$ であった。

女子選手における体重当たりの $\dot{V}O_2$ の平均値は 17.48 ± 2.5 ml/kg/min、平均HRは 110.59 ± 17.8 bpmであり、 $\dot{V}E$ は 22.36 ± 4.2 ml/min、FRは 28.98 ± 3.2 /min、RQは 0.59 ± 0.4 であり、運動強度の指標としては $31.11 \pm 11.0\%$ HRmax、 $31.40 \pm 3.9\%$ $\dot{V}O_{2max}$ であった。

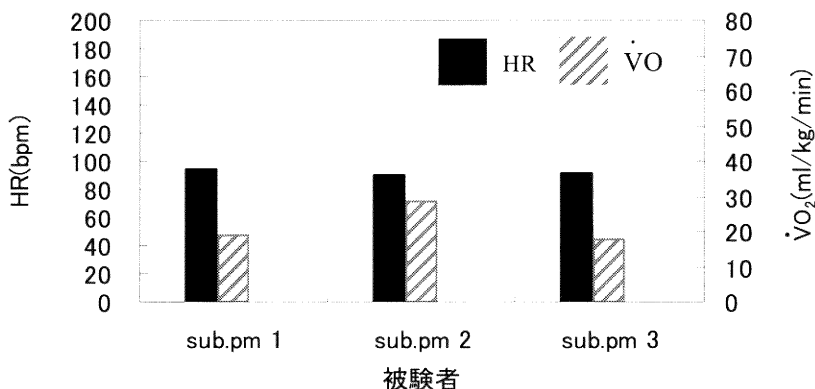


図3 男子プロ選手におけるブロック練習時の酸素摂取量及び心拍数変化

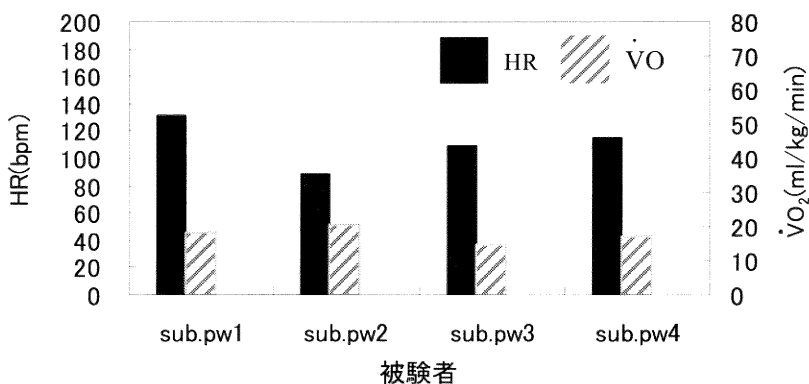


図4 女子プロ選手におけるブロック練習時の酸素摂取量及び心拍数変化

4-3 フォアドライブ練習中における酸素摂取量及び心拍数変化について

フォアドライブ練習中の男子選手における体重当たりの $\dot{V}O_2$ の平均値は $40.42 \pm 12.4 \text{ ml/kg/min}$ 、HR は $127.53 \pm 20.7 \text{ bpm}$ であり、 $\dot{V}E$ は $55.40 \pm 7.6 \text{ ml/min}$ 、FR は $52.21 \pm 7.2/\text{min}$ 、RQ は 0.46 ± 0.4 であり、運動強度の指標としては $46.82 \pm 15.7\%HR_{\text{max}}$ 、 $67.38 \pm 15.5\% \dot{V}O_{2\text{max}}$ であった。

女子選手における体重当たりの $\dot{V}O_2$ の平均値は $27.92 \pm 0.7 \text{ ml/kg/min}$ 、平均 HR は $143.39 \pm 20.7 \text{ bpm}$ であり、 $\dot{V}E$ は $38.21 \pm 6.7 \text{ ml/min}$ 、FR は $45.85 \pm 5.0/\text{min}$ 、RQ は 0.61 ± 0.4 であり、運動強度の指標としては $55.43 \pm 13.9\%HR_{\text{max}}$ 、 $55.33 \pm 4.8\% \dot{V}O_{2\text{max}}$ であった。

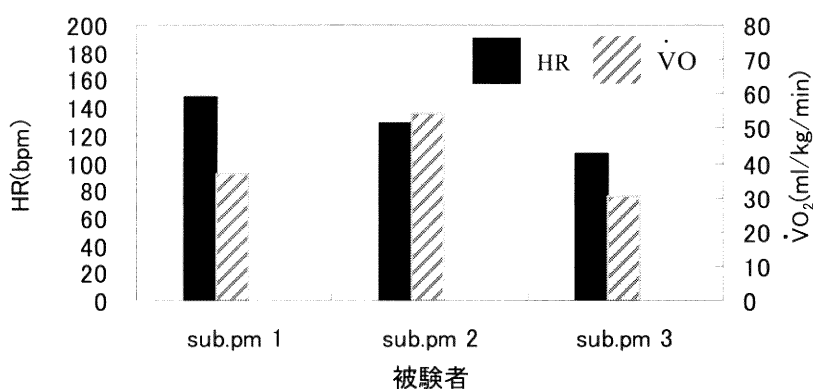


図5 男子プロ選手におけるフォアドライブ練習時の酸素摂取量及び心拍数変化

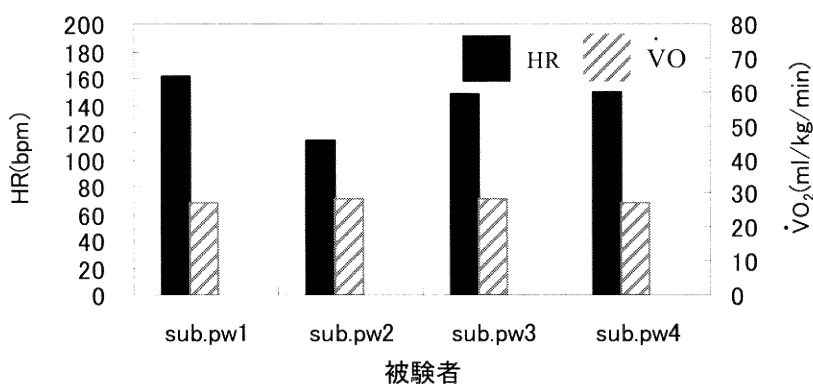


図6 女子プロ選手におけるフォアドライブ練習時の酸素摂取量及び心拍数変化

4-4 切替し練習中における酸素摂取量及び心拍数変化について

切替し練習中の男子選手における体重当たりの $\dot{V}O_2$ の平均値は $29.58 \pm 4.4 \text{ ml/kg/min}$ 、HR は $115.94 \pm 15.3 \text{ bpm}$ であり、 $\dot{V}E$ は $46.88 \pm 6.3 \text{ ml/min}$ 、FR は $48.27 \pm 10.8 \text{ /min}$ 、RQ は 0.69 ± 0.4 であり、運動強度の指標としては $38.20 \pm 11.6\% \text{ HRmax}$ 、 $48.15 \pm 3.6\% \dot{V}O_{2\text{max}}$ であった。

女子選手における体重当たりの $\dot{V}O_2$ の平均値は $30.85 \pm 2.9 \text{ ml/kg/min}$ 、平均 HR は $147.56 \pm 13.4 \text{ bpm}$ であり、 $\dot{V}E$ は $40.41 \pm 8.0 \text{ ml/min}$ 、FR は $44.83 \pm 2.5 \text{ /min}$ 、RQ は 0.66 ± 0.4 であり、運動強度の指標としては、 $58.40 \pm 8.6\% \text{ HRmax}$ 、 $62.31 \pm 11.2\% \dot{V}O_{2\text{max}}$ であった。

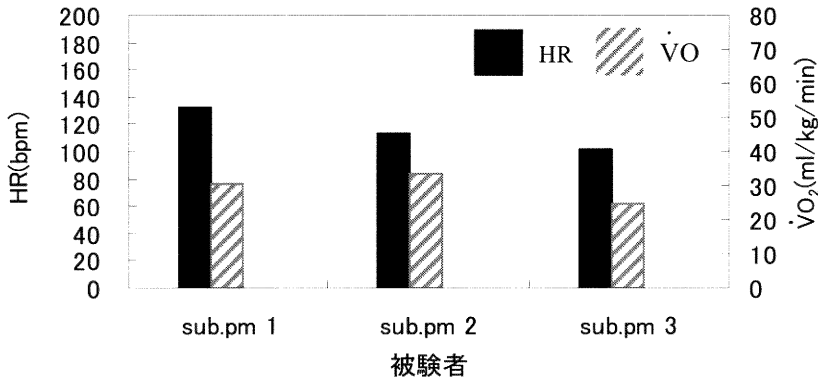


図7 男子プロ選手における切替し練習時の酸素摂取量及び心拍数変化

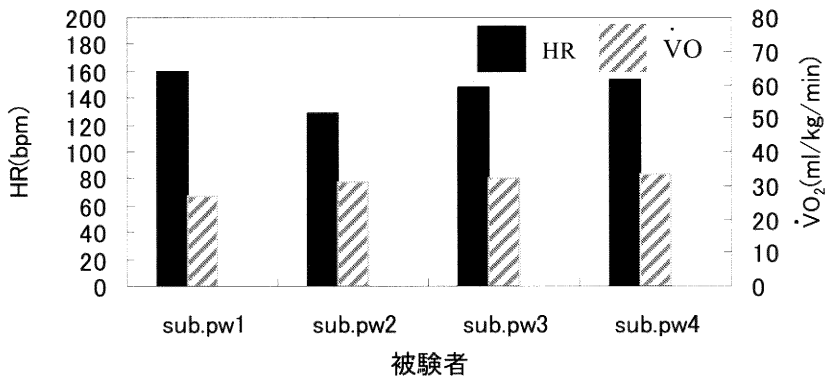


図8 女子プロ選手における切替し練習時の酸素摂取量及び心拍数変化

4-5 フォアドライブによるフットワーク練習中における酸素摂取量及び心拍数変化について

フォアドライブによるフットワーク練習中の男子選手における体重当たりの $\dot{V}O_2$ の平均値は $42.91 \pm 4.3 \text{ ml/kg/min}$ 、HRは $161.07 \pm 13.35 \text{ bpm}$ であり、 $\dot{V}E$ は $77.37 \pm 15.2 \text{ ml/min}$ 、FRは $57.62 \pm 2.1 \text{ /min}$ 、RQは 0.76 ± 0.4 であり、運動強度の指標としては $71.38 \pm 11.2\% \text{ HRmax}$ 、 $73.05 \pm 1.9\% \dot{V}O_2 \text{ max}$ であった。女子選手における体重当たりの $\dot{V}O_2$ の平均値は $40.94 \pm 6.3 \text{ ml/kg/min}$ 、平均HRは $180.11 \pm 1.7 \text{ bpm}$ であり、 $\dot{V}E$ は $58.36 \pm 7.6 \text{ ml/min}$ 、FRは $51.66 \pm 6.1 \text{ /min}$ 、RQは 0.71 ± 0.5 であり、運動強度の指標としては $82.33 \pm 1.3\% \text{ HRmax}$ 、 $84.86 \pm 15.3\% \dot{V}O_2 \text{ max}$ であった。

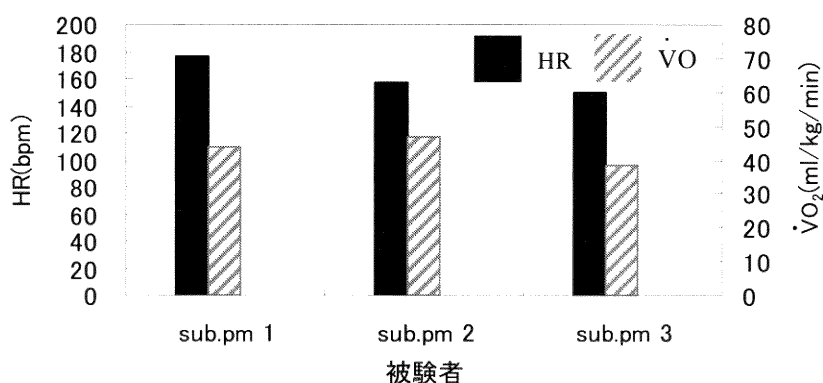


図9 男子プロ選手におけるフォアドライブによるフットワーク練習時の酸素摂取量及び心拍数変化

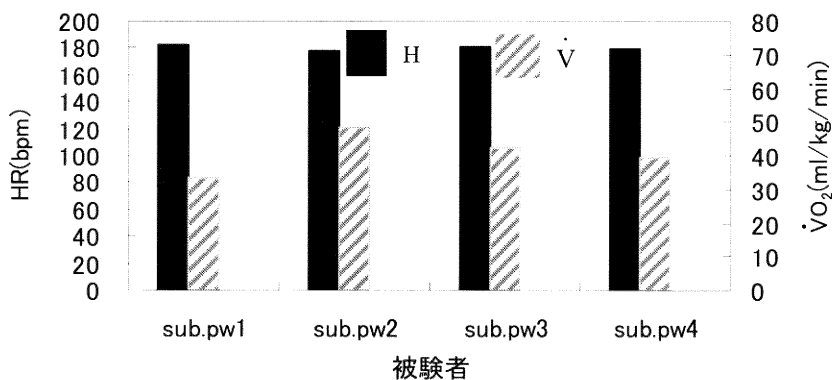


図10 女子プロ選手におけるフォアドライブによるフットワーク練習時の酸素摂取量及び心拍数変化

4-6 試合中における酸素摂取量及び心拍数変化について

試合中の男子選手における体重当たりの $\dot{V}O_2$ の平均値は $31.30 \pm 9.6 \text{ ml/kg/min}$ 、HRは $109.77 \pm 16.6 \text{ bpm}$ であり、 $\dot{V}E$ は $35.89 \pm 5.0 \text{ ml/min}$ 、FRは $34.39 \pm 4.4/\text{min}$ 、RQは 0.24 ± 0.1 であり、運動強度の指標としては $33.68 \pm 12.3\%HR_{\text{max}}$ 、 $51.61 \pm 17.5\% \dot{V}O_{2\text{max}}$ であった。

女子選手における体重当たりの $\dot{V}O_2$ の平均値は $18.74 \pm 4.7 \text{ ml/kg/min}$ 、平均HRは $123.99 \pm 13.1 \text{ bpm}$ であり、 $\dot{V}E$ は $24.05 \pm 7.1 \text{ ml/min}$ 、FRは $33.31 \pm 3.6/\text{min}$ 、RQは 0.71 ± 0.2 であり、運動強度の指標としては $40.93 \pm 8.1\%HR_{\text{max}}$ 、 $34.62 \pm 10.8\% \dot{V}O_{2\text{max}}$ であった。

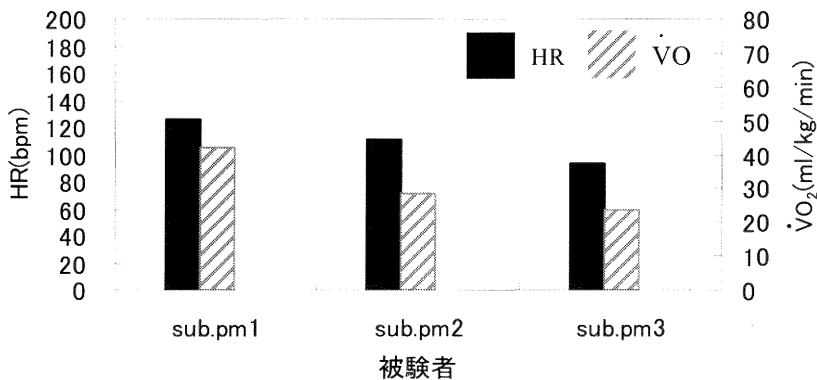


図 11 男子プロ選手における試合時の酸素摂取量及び心拍数変化

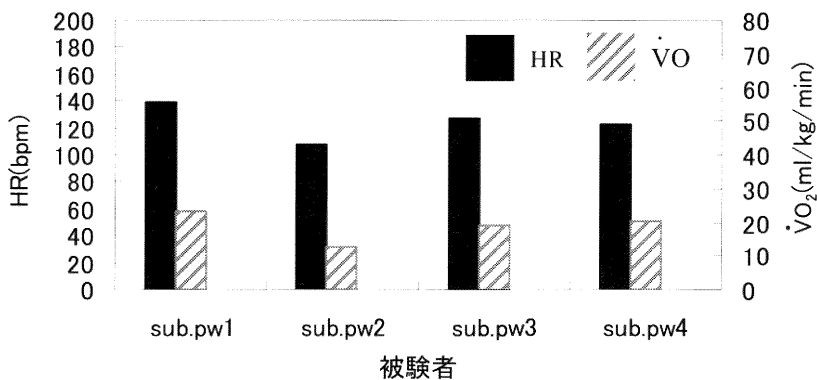


図 12 女子プロ選手における試合時の酸素摂取量及び心拍数変化

5 考察

黒田らは、一流競技選手の測定を行い、短距離選手男子 5 名体重当たりの最大酸素摂取量の平均値は 52.1ml/kg/min、長距離選手男子 8 名の最大酸素摂取量の平均値は 78.7ml/kg/min と報告している⁴⁾。

蘭らは、女子 6 名バドミントン選手の体重当たりの最大酸素摂取量の平均値は 56.3ml/kg/min、ゲーム練習中の運動強度は心拍数水準で 85.8%HRmax、酸素摂取水準で 70% $\dot{V}O_2$ 報告している⁵⁾。

戸荻らは、全日本ユース候補選手 16 名の測定を行い、体重当たりの最大酸素摂取量の平均値は 62.9ml/kg/min と報告している⁶⁾。

測定結果からみると、すべての練習パターンにおいて男子選手の方が酸素摂取量、換気量、呼吸数が高かった。一方、女子選手の心拍数が高かった。したがって、運動強度（%HRmax）も高かった。

運動強度（% $\dot{V}O_{2max}$ ）について、運動強度の低いフォアハンド・バックハンド、ブロック練習では、男女差がほとんどみられなかった。しかしながら、運動強度の高いフォアドライブによるフットワーク練習では、女子選手の方が男子選手より高く、1 割の差がみられた。

女子は男子よりも筋をつくりあげるのに必要なホルモンが十分ではないため、男女間で筋力と筋パワーに差があると考えられる。

また、男子選手に比べて女子選手の年齢が低く、筋量が少なく、身体負担が大きいため、高運動強度で行われていると考えられる。

卓球試合中には 4~5 秒間のラリー時における無酸素的運動と 10~15 秒間のラリー休止時の有酸素的運動を繰り返す競技である⁷⁾。

本実験における試合中の% $\dot{V}O_{2max}$ の平均値は低い、男子一人 A リーグ所属する選手 $\dot{V}O_{2max}$ (57.027ml/kg/min) に対する割合で見ると、72% $\dot{V}O_{2max}$ と高い値となった。

このことから競技レベルの高い選手がプレー中の体の動きが素早い、多くの酸素が摂取されているため、無酸素運動能力が高いと考えられる。

卓球競技は、サッカーやバドミントンなどのスポーツのように長時間高運動強度で行なうものではないが、しかしながら、インカレや全日本選手権、さらに、世界選手権などのレベル高い大会では、団体戦と個人戦（シングルス・ダブルス）を合わせて、1 日に 5 試合以上を行なわなければならない場合もある。ラケットを振るスウィングスピードの速さ、身体を動かすスピードの速さなどで 1 日中同じようにプレーを続けられる体力のスタミナが必要となる⁸⁾。

試合中の動きが生体に大きな負担となった場合、持久体力が足りないと、十分発揮するテクニックの低下を招くことがあると考えられる⁹⁾。そのため、これらの大会で勝ち抜くためには、余裕を持って活動できるような持久体力が不可欠であると考えられる。

6 まとめ

一流選手の練習では、長距離走など持久力の強化がよく行われている。長い間運動を継続するためには、より軽い身体で、心臓や肺などの循環系諸器官の機能を鍛えることが必要である。

また、瞬間的に大きな力を発揮し、方向を敏捷に変化させ、全力でスマッシュというような筋力を必要とする動きも多くなると考えられる。

測定結果をもとに、今後、各選手にとって最も効果的で、しかもケガの少ない練習・トレーニング計画を立案することが可能となる。さらに、体力測定を定期的を実施することによって、その間の練習・トレーニング内容が実際に効果的であったかどうかの評価ができ、それらの内容の改善が可能であると考えられる。

本研究では、競技レベルの高い中国卓球プロ選手プレー中における運動強度について調べた。その結果は以下のとおりである。

- ① 競技レベルが高い選手ほど酸素摂取能力が優れている傾向があると考えられる
- ② 男子選手に比べて女子選手の方が高強度で練習が行われていることが明らかになった。
- ③ 卓球競技力を向上するためには、長時間、高強度及び高水準の練習を続けられる持久体力・筋力が必要であろう。

<注>

- 1) 葛西順一「卓球競技における呼吸循環機能の対応の研究—ゲーム中の酸素摂取量の測定」、『早稲田大学体育学研究紀要』27、pp.39-47、1995。
- 2) 倉木常夫『指導者のための卓球Ⅲ・チャンピオンを目指す卓球』、不昧堂、1995。
- 3) 品田めぐみ「卓球の運動強度に関する研究」、『日本体育学会大会号』31、p.397、1980。
- 4) 黒田善雄他「日本人一流競技選手の最大酸素摂取量と最大酸素負荷量」、『日本体育協会スポーツ科学研究報告』、第1報、1968。
- 5) 蘭和真「競技バドミントンの運動強度」、『東海女子大学紀要』20、pp.179-189、2000。
- 6) 戸苅晴彦他「一流サッカー選手の体力について」、『体育紀要』13、pp.33-42、1979。
- 7) 葛西順一「卓球競技の試合中および練習中における酸素摂取量の測定」、『日本体育学会大会号』44、p.678、1993。
- 8) 前掲、倉木『指導者のための卓球Ⅲ・チャンピオンを目指す卓球』。
- 9) 清野幸也「卓球の試合中における心拍数」、『日本体育学会大会号』30、p.288、1979。

主指導教員（牛山幸彦准教授）、副指導教員（五十嵐久人教授・八坂剛史准教授）