

スポーツ活動・身体運動の運動強度

第II報 テニスの基礎技術

杉山 允 宏

(体育学研究室)

三好 尊 史

(松山市立みどり小学校)

上岡 範 雄*

(平成6年度文部省内地研究員)

(平成6年4月28日受理)

I. 緒 言

テニスはフランスでおこなわれた *Je-de-paume* が起源とされており、1874年にイギリスのウィンフィールド少佐がローン・テニスとして考案し、庭園や教会の芝生を利用して行われヨーロッパからアメリカ、オーストリアへと世界的に広まってきた。特にデビスカップ、全英選手権（ウィンブルドン）、全米選手権（フラッシングメドール）、全仏選手権および全豪選手権などの大会は有名である。^{9) 15)}

我が国では1878年（明治11年）に文部省体操傳習所に招聘されたアメリカ人の Leland G. A. が指導し、1920年（大正9年）11月22日から3日間、大阪朝日新聞社主催で大阪府豊中市のコートで最初の全国大会が開催された。そして、1922年（大正11年）に日本庭球協会（The Japan Lawn Tennis Association）が設立された。¹⁸⁾ 最近では伊達、沢松選手など女子の国際的選手の活躍がめざましい。

一方、学校体育教材としてテニスは入っているが施設、用具、コート維持・管理のために莫大な経費を要することから中学校や高等学校の授業としては、ほとんど実施されていないのが現状である。しかし、課外活動として、中学校では軟式テニス、高等学校では軟式および硬式テニスが盛んに実施されており、ほとんどの大学では体育実技として硬式テニスを実施され、運動部での競技力水準は極めて高い。

また、東京オリンピックを契機として、我が国の一流競技選手の体格・体力が世界のそれと比較して非常に低いことから、競技力向上や一般国民の体力づくり運動へと発展してきた。「国民の健康な生活」をねらいとした、いわゆる社会体育が盛んに奨励される風潮が見られるようになり、企業や公共施設におけるテニスコートの拡充や老若男女を問わずテニス人口が増大し、エアロビクスや楽しむテニスへと変容してきている。

指導者が初心者に指導する内容²²⁾ をみると、素振りなどによるフォームづくりに始まり、

* 弓削商船高等専門学校

実際に打球してサーブ、グラウンドストローク、ヴォレー、スマッシュ、ロブなどの基礎技術を習得させる指導、フットワークを主体とした指導、そしてこれらを総合したゲームを中心に戦術やゲーム理論を主体とした指導がみられる。テニスのゲーム形態は、man to man system, man to machine system および machine to machine system の全ての system factor を有しており、これらの相互に関わる情報理論や運動学習が重要となる。^{6) 7)} 即ち、コート、ラケット、ガット、ボールなどの材質やプレイヤーの技術、体力、気力など総合されたトータルな運動技能の習得が大切である。

本研究では、指導する際にプレイヤーの体力、健康レベルを考える場合、練習過程や試合時における各種基礎技術がどの程度のエネルギーを消費するのか、特にグラウンドストローク、ヴォレー、スマッシュについて生理的および主観的運動強度を明らかにすることが目的である。これらの知見は適度な練習量やエネルギー消費水準を推定する場合、基礎的な資料を提供してくれるものである。

II. 研究方法

1. 測定項目

(1) 被検者の特性に関する項目 1) 年齢 2) テニス経験 3) 身長 4) 体重 5) 1500 m走時間

(2) 最大下および最大作業時の呼吸循環機能に関する項目

1) 最大下作業時の各被検者の HR-VO₂ 関係式 2) 最大酸素摂取量 (VO₂ Max) 3) 体重当たりの VO₂ Max. 4) 最大換気量 (VE Max) 5) 最高心拍数 (HR Max) 6) 最高呼吸数 (RR Max) 7) 酸素摂取率 (O₂ R) 8) 一回換気量 (V_T) 9) 酸素脈 (O₂ P) 10) 呼吸商 (RQ) 11) All-out-time

(3) 運動強度に関する項目

A: 生理的運動強度 1) 酸素摂取量 (VO₂) 2) 心拍数 (HR) 3) % VO₂ Max. 4) % HR Max 5) エネルギー代謝率 (RMR) 6) 酸素負債量 (O₂ Debt) 7) 酸素需要量 (O₂ Req) 8) 酸素需要量に対する酸素負債量の割合 (% O₂ Req) 9) エネルギー消費量 (Energy Exp) 10) 体重当たりのエネルギー消費量 (Energy Exp. /min. /kg) 11) 基礎技術 1 本当りのエネルギー消費量 (Energy Exp. /strike)

B: 心理的強度 1) 主観的強度 (RPE)

2. 実験方法

(1) 最大下作業時における VO₂-HR の関係式を求めるためトレッドミルを用い、分速120m, 160m, 200mでそれぞれ4分間走行させ、その時の VO₂ と HR を計測し、3点法から回帰式を算出した。基礎練習時1分から4分までの HR を回帰式に代入し VO₂ を推定した。4分から5分はダグラスバッグ法で直接呼気量を採集した。

(2) 最大下作業直後トレッドミルの勾配を1分毎に2.5度上昇させ5度で固定し、その後1分毎に10mずつ増速させる角度漸増後固定および速度漸増法で All-out に追い込み VO₂ Max を求めた。

HR は胸部双極誘導法、RR はサーミスター法で測定し、O₂ および CO₂ 濃度は日本電器

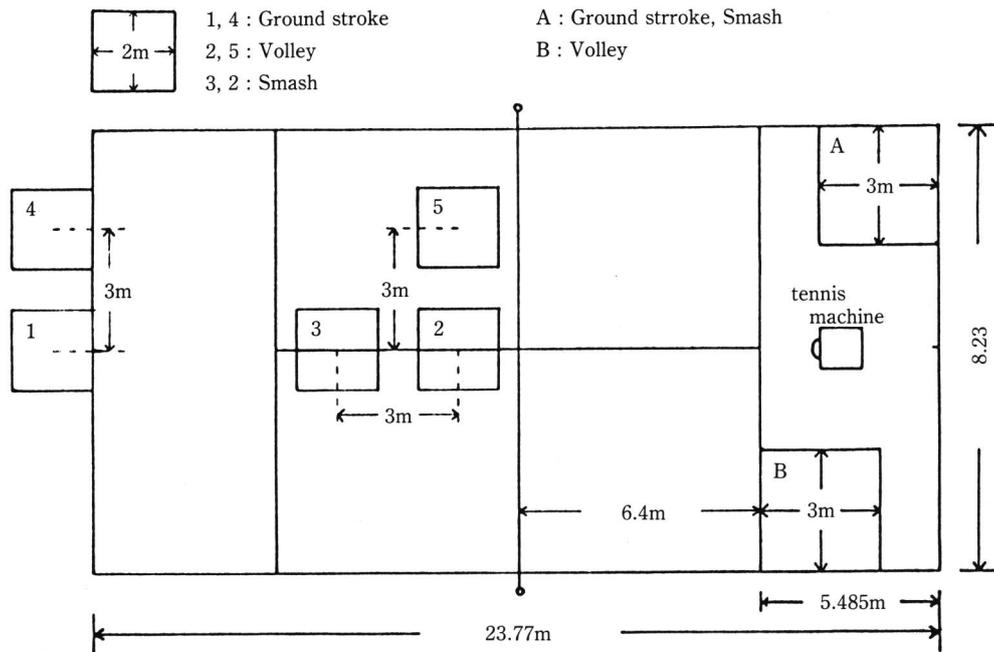


Fig. 1 Position of ball impact in ground stroke, volley and smash.
(グラウンドストローク、ヴォレー、スマッシュ時の打球位置)

三栄製の瞬時ガスアナライザーを使用して分析した。

(3) 基礎技術の運動強度の測定

1) 基礎技術は Ground stroke, Volley, Smash の 3 種類とし、その場 “on the spot” で行う場合と “3 m 移動の moving” で行う場合の 2 種類とした。図 1 に示しているようにネットから 8.6m の位置にトミースポーツ工業 KK 製のテニスマシンを固定し、1 分間に 9 回の頻度で球出しをし、5 分間で 45 本の打球をさせた。Ground stroke の “on the spot” では、2 m 四方の 1 から 1.5m の白色ポールを 4 隅に立てた 3 m 四方の A に、“moving” では 1 から 4 へ移動させ A に返球させた。Volley では同様に 2 から B へ、2 から 5 へ移動させて B へ返球させ、Smash では 2 から A へ、2 から 3 へ移動させて A へ返球させた。(写真は実験風景である)

2) 打球条件は被検者に「強く (dynamic)」「速く (fast)」「正確に (exact)」打球するように 3 つの指示を与えた。

3) ラケットは各自が所有するものを使用させ、ボールはダンロップフォートのイエローボールを使用した。

4) 打球時の呼吸循環機能の測定について、呼気ガスはダグラスバッグ法を用い、5 分間の運動の中、4 分か



Photo : Experiment scene of smash
(スマッシュの実験風景)

ら5分までの1分間および運動終了後10分間の回復時間に採集した。運動時5分と回復時10分間のHRは胸部双極誘導法，RRはサーミスター法で日本電器三栄製のテレメータを用いて2ch用のレコーダーに記録した。

5) 心理的運動強度は Borg⁵⁾ の感覚強度を日本語による尺度にした小野寺，宮下²¹⁾ の主観的運動強度 (RPE) を用い，運動直後に被検者に強度の数値を指示させた。

3. 被検者は愛媛大学硬式テニス部に所属する年齢20.6歳から22.6歳までの男子部員6名である。

4. 実験場所は愛媛大学体育館テニスコートおよび愛媛大学教育学部運動生理学実習室である。

III. 結果と考察

1. 被検者の身体的特性

表1に被検者の身体的特性を示した。平均値をみると，年齢は21.1歳，テニス経験は4.9年，身長は167.9cm，体重は60.4kg，1500m走時間は312秒であり，日本人の平均的な体格であったが比較的高い持久性を示した。³⁰⁾

Table 1 Characteristics of subjects

items subjects	Age	Experience	Height	Weight	1500m run
	years	years	cm	kg	sec
T. wakamatsu	20.8	7.7	173.1	61.6	292
T. Takaoka	20.8	1.7	156.8	54.8	304
H. Nakamura	20.6	1.7	167.7	60.3	308
K. Nakanishi	22.6	4.7	159.4	54.5	325
Y. Hoshika	21.1	5.7	184.8	73.7	308
T. Takata	20.4	7.7	165.8	57.4	336
mean	21.1	4.9	167.9	60.4	312
s. d.	0.8	2.7	10.1	7.1	16

2. 被検者の呼吸循環機能

表2に呼吸循環機能を示した。平均値と標準偏差をみると，最大酸素摂取量 (VO₂ Max) は3.92±0.51 l/min，体重当たりで65.0±4.0ml/kg/min，最高心拍数 (HR Max) は194.1±8.6b/min，最高呼吸数 (RR Max) は61.3±5.7f/min，呼吸商は1.133±0.025を示したことから全身持久性の指標とされている VO₂ Max は十分に信頼される値と判断した。^{1) 2) 29)} これらの結果から被検者の呼吸循環機能はかなり優れていることが明らかとなった。³⁰⁾

Table 2 Cardio-Respiratory functions of subjects

items subjects	VO ₂ Max	VO ₂ Max/w	VE Max	HR Max	RR Max	O ₂ Remov.	V _T	O ₂ Pulse	RQ	All-out
	(l/min)	(ml/kg/min)	(l)	(b/min)	(f/min)	(ml/l)	(ml)	(ml/b)		(min·sec)
T. Wakamatsu	4.28	69.5	131.65	186.1	59.0	32.51	2.231	23.00	1.125	17' 42"
T. Takaoka	3.64	66.4	111.11	201.0	59.2	32.75	1.877	18.10	1.146	16' 47"
H. Nakamura	4.08	67.7	122.80	197.5	55.8	35.82	2.044	20.75	1.092	17' 00"
K. Nakanishi	3.18	58.3	108.73	202.8	71.1	29.26	1.529	15.69	1.122	16' 00"
Y. Hoshika	4.61	62.6	143.56	181.1	57.6	32.10	2.492	25.45	1.157	17' 09"
T. Takata	3.75	65.3	111.51	196.2	64.9	33.63	1.718	19.11	1.157	17' 12"
mean	3.92	65.0	121.65	194.1	61.3	32.68	1.982	20.35	1.133	16' 58"
s. d.	0.51	4.0	13.87	8.6	5.7	2.14	0.350	3.51	0.025	34"

3. 最大下作業時における HR-VO₂ 関係式

運動開始から4分までの心拍数 (X) の測定から酸素摂取量 (Y) を推定するための回帰式は次の通りとなった。

若松 $Y=0.0251X-1.4848$ ($R=0.9998$ $P<0.001$)

高岡 $Y=0.0224X-1.4410$ ($R=0.9905$ $P<0.001$)

中村 $Y=0.0176X-0.3852$ ($R=0.9869$ $P<0.001$)

中西 $Y=0.0275X-2.8198$ ($R=0.9991$ $P<0.001$)

星加 $Y=0.0334X-1.3525$ ($R=0.9921$ $P<0.001$)

高田 $Y=0.0187X-0.4141$ ($R=0.9955$ $P<0.001$)

“on the spot” で回復時の HR が低い値を示した場合、安静時及び運動負荷120m/min 走行時の HR および VO₂ から次の回帰式で修正した。

若松 $Y=0.0238X-1.3121$

高岡 $Y=0.0189X-0.9977$

中村 $Y=0.0263X-1.4367$

中西 $Y=0.0140X-0.7619$

星加 $Y=0.0389X-1.9578$

高田 $Y=0.0309X-1.7495$

なお、運動終了1分前の4分から5分の VO₂ はダグラスバッグ法で測定した。

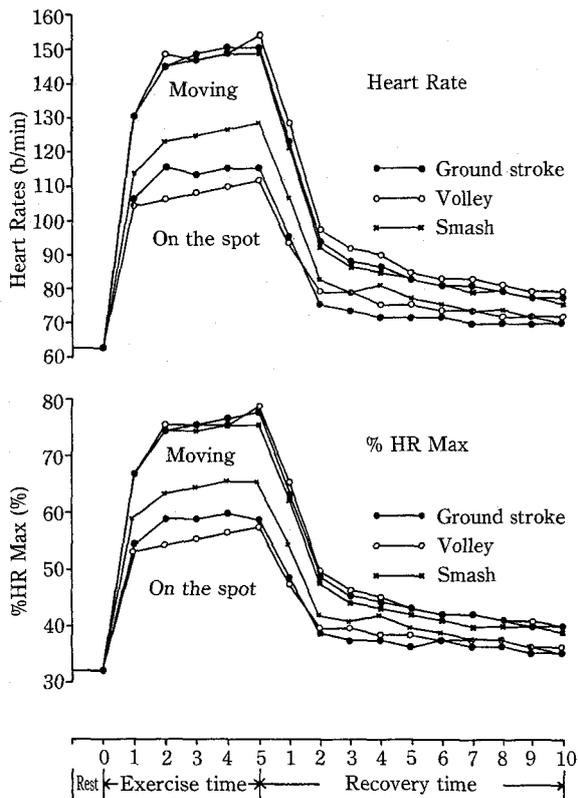


Fig. 2 Change of HR and %HR Max in tennis practice.
(テニス練習時の心拍数と%HR Maxの変動)

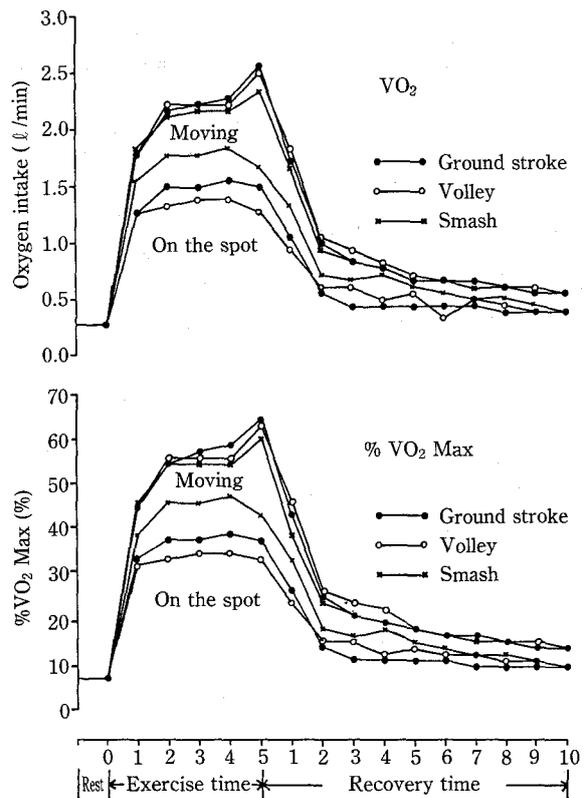


Fig. 3 Change of VO₂ and %VO₂ Max in tennis practice.
(テニス練習時の酸素摂取量と%VO₂ Maxの変動)

4. 生理的運動強度

表3は運動強度についてまとめたものであり、運動時と回復時のHR、%HR Max、VO₂および%VO₂ Maxの平均値をプロットしたものが図2、図3である。その場打ち“on the spot”をみると、strokeは2分後にほぼ115b/min、60%HR Max、1.51 l/min、38%VO₂ Maxに上昇し定常状態を示していた。Volleyは5分後に111.1 b/min、57.3%HR Max、1.3~1.4 l/min、33~35%VO₂Maxの範囲を示した。Smashは2分後には123b/min、55%HR Maxを越え127.5b/min、65.6%HR Maxを示した。VO₂は1.5~1.9 l/min、39~47%VO₂ Maxの範囲であった。Steady stateと考えられる4分から5分の平均値からみると、

Table 3 Motor intensity of tennis practice

items		practice	on the spot			3m moving		
			stroke	volley	smash	stroke	volley	smash
HR (last 1 min : b / min)	mean		115.2	111.1	127.5	150.0	152.3	146.9
	s. d.		9.5	17.1	17.7	10.0	12.0	18.5
%HR Max (%)	mean		59.4	57.3	65.6	77.4	78.5	75.6
	s. d.		4.7	8.4	8.0	5.5	6.0	7.9
VO ₂ (l/min)	mean		1.49	1.30	1.67	2.53	2.47	2.32
	s. d.		0.63	0.44	0.45	0.68	0.54	0.35
%VO ₂ Max (%)	mean		37.4	33.2	42.7	64.1	63.1	59.3
	s. d.		12.5	10.5	11.2	15.0	10.6	7.6
VO ₂ (during exercise) (l)	mean		6.32	5.41	7.96	10.25	10.30	9.86
	s. d.		2.38	2.72	2.94	3.07	2.70	2.49
O ₂ Debt (A) (l)	mean		1.45	1.43	1.53	2.41	2.54	2.12
	s. d.		0.60	0.90	0.62	0.49	0.65	0.45
O ₂ Requirement(B) (l)	mean		7.76	6.84	9.49	12.66	12.84	11.98
	s. d.		2.49	3.39	3.42	3.33	2.93	2.60
% O ₂ Requirement(A)/(B)×100 (%)	mean		19.7	20.5	16.0	19.6	20.2	18.2
	s.d.		10.3	9.9	5.0	4.4	5.0	4.6
Relative Metabolic Rate (RMR)	mean		5.6	4.8	6.5	10.5	10.3	9.6
	s.d.		2.3	1.7	1.8	2.7	1.7	1.1
Energy expenditure	Exrcise (kjoul) 5min)	mean	162.38	143.06	198.50	264.85	268.54	250.62
		s. d.	52.14	71.00	71.54	69.62	61.35	54.44
	(joul/kg/min)	mean	530.4	462.5	650.0	868.7	884.3	825.9
		s. d.	127.8	201.5	202.4	150.9	147.4	125.9
	(joul/kg/strike)	mean	59.0	51.4	72.2	96.5	98.3	91.8
		s. d.	14.2	22.4	22.5	16.8	16.4	14.0
	(kjoul/strike)	mean	3.61	3.18	4.41	5.89	5.97	5.57
		s. d.	1.16	1.58	1.59	1.55	1.36	1.21
	Exercise (kcal) (5min)	mean	38.81	34.19	47.44	63.30	64.18	59.90
		s. d.	12.46	16.97	17.10	16.64	14.66	13.01
	(kcal/strike)	mean	0.86	0.76	1.06	1.41	1.43	1.33
		s. d.	0.28	0.38	0.38	0.37	0.32	0.29

Smash は Volley に比べて16.4b/min, 8.3%HR Max, 0.37 l/min, 9.5%VO₂ Max ほど高い運動強度を示し統計的に危険率1%以上の水準で有意差が認められた。移動打ち“moving”についてみると、4分から5分の平均値の範囲は、HRが147~152b/min, 76~79%HR Max, 2.32~2.53 l/min, 55~58%VO₂Max となり、3者間に有意差は認められなく、3つの基礎技術は類似した運動強度を示した。しかし、移動打ちはその場打ちに比べて、stroke で34.8 b/min (P<0.001), 18.0%HR Max (P<0.001), 1.04 l/min (P<0.001), 26.7%VO₂ Max (P<0.001), Volley では41.2b/min (P<0.01), 21.2%HR Max (P<0.001), 1.17 l/min (P<0.01), 29.9%VO₂ Max (P<0.01), Smashでは22.8b/min (P<0.01), 11.7%HR Max (P<0.01), 0.65 l/min (P<0.001), 16.6%VO₂ Max (P<0.001) ほど高い値を示し統計的に有意差が認められた。また全ての項目間においても統計的に高い有意差が認められた。

次に、運動時5分間のVO₂をみてみると“on the spot”では Smash が7.96 l で Volley の5.41 l に対して有意に高い値を示した。しかし、“moving”では Smash が9.86 l, Stroke が10.25 l, Volley が10.30 l で類似した値を示し有意差は認められなかったが Volley が最も高かった。O₂ Debt は“on the spot”で1.43 l~1.53 l, “moving”で2.12 l~2.54 l の範囲であった。酸素需要量は“on the spot”では6.84 l~9.49 l で Smash が最も高く、“moving”では11.98 l~12.84 l で Volley が最も高い値を示した。酸素需要量に対する酸素負債量の割合は“on the spot”で16.0%~20.5%，“moving”で18.2%~20.2%の範囲にあり、各基礎技術練習は酸素負債の比率が低く有酸素的運動強度の水準以内にあることが明らかになった。エネルギー代謝率について“on the spot”と“moving”を比較してみると、Stroke は5.6±2.3と10.5±2.7, Volley は4.8±1.7と10.3±1.7, Smash は6.5±1.8と9.6±1.1であった。移動を加えることによって3~6有意に高い強度を示し、特に Volley においては2倍以上の強度となり、その差が顕著であった。この点については設置したテニスマシンから発射されたボールが打球位置に到達までの所要時間が Stroke では2.3秒, Smash では1.7秒であるのに対して Volley では0.8秒と極めて短い時間となり、この間に3 m移動を敏速に行わなければならないために運動強度が極めて高くなったことが推察される。^{8) 32)}

5分間のエネルギー消費量は“on the spot”で Smash が198.50kjoul, 47.44kcal, “moving”で Volley が268.54kjoul, 64.18kcal が最高値を示した。これを1打球当たりで見ると前

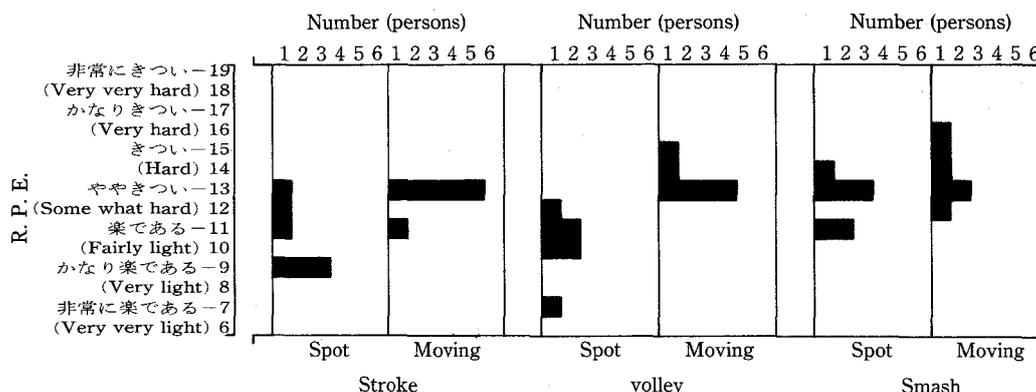


Fig. 4 Rating Perceived Exertion (RPE) of basic skill in tennis
(テニスにおける基礎技術の主観的強度)

者が4.41kjoul, 1.06kcal, 後者が5.97kjoul, 1.43kcal となった。これらの結果から練習時間や打球数によって消費エネルギーの推定が可能となることが示唆された。

5. 心理的強度－主観的強度 (RPE)

図4は各基礎技術の RPE を比較したものである。“on the spot”と“moving”の範囲をみると、Stroke では9～13と11～13, Volley では7～11と13～15, Smash では11～14と12～16 となり、その場打ちでの Stroke では「かなり楽である」と感じる者が最も多く、移動打ちでは Smash と Volley で「ややきつい」から「きつい」と感じる者が最も多かった。

IV. 論 議

テニスに関する研究は、技能を運動学的にとらえた技術習得の指導過程に関するもの、¹⁷⁾ バイオメカニクス的側面からの技術解析に関するもの、^{16) 23)} あるいは体格・体力、発達や運動生理学的側面からみた運動強度やエネルギー消費の水準に関するものが多く^{3) 11) 24) 25) 26) 28)} みられる。

前述したように近年、スポーツや身体運動を、趣味として、楽しみとして、健康・体力づくりとして生活の中にとりいれようとする生涯体育・スポーツが奨励されてきた。即ち、平均寿命や余暇時間の増大とともにスポーツ文化が生活の中に自然にとけこみ、個々人の健康や体力の維持や増進を図ろうとするライフスタイルの変容がみられるようになってきた。

本研究では、そういった意味から各種スポーツや身体活動が生体に与える負担度やエネルギー消費の程度を運動生理学的側面から明らかにしようとする意図が^{3) 11)} ある。

テニスに関するこれらの研究報告をみると、伊藤たち¹²⁾ はテニスを利用してのトレーニングによる中高年者の全身持久性の向上について、練習中の心拍数は150拍/分以上を示す場合が多く、循環器系の鍛錬に有効であることを報告している。星川たち¹⁰⁾ はテニスマシーンから打ち出されるボールをフォアハンドストロークで相手コートに5分間打ち返した時の5分目の心拍数は平均105拍/分、5分間の酸素摂取量は6.52 l, 酸素負債量は1.17 l, 酸素需要量は1.26 l/分, RMR は6.0, RPE は9～13, HR-VO₂ 関係式から求めた5分目の酸素摂取量は1.31 lで43% VO₂ Max であったことを報告している。また、乱打練習開始後5分目の心拍数は112拍/分、5分間の酸素摂取量は7.95 l, 酸素負債量は1.26 l, 酸素需要量は1.55 l, RMR は7.3, RPE は11～12, HR-VO₂ 関係式から求めた5分目の酸素摂取量は1.63 l, 54% VO₂ Max に相当することを報告している。

福永、湯浅たち^{8) 32)} はテニス・ストロークの移動運動では、HR-VO₂ と HR-%VO₂ の間に有意な相関関係が得られたがその場運動時にはみられず、その場運動では、30回/分の頻度で運動しても最大有酸素能力の30%～40%が発揮されているに過ぎないが同頻度で左右に移動して返球するときには80%以上の有酸素能力が発揮されたとし、球技スポーツの運動強度を決定する重要な因子は運動中に身体活動を伴うか否かであることを示唆していると報告している。

浅見たち⁴⁾ はテニスの壁打ち中の% VO₂ Max が88.7%, 心拍数が161拍, RPE が13, ラリー中の% VO₂ Max は79.0%, 心拍数は149拍, RPE は11, シングルゲーム中の% VO₂ Max が71.6%, 心拍数が147拍, RPE が10, ダブルスゲーム中の% VO₂ Max が54.0%, 心拍数が126拍, RPE が7となり全身持久性の向上に利用しうる運動種目であることを報告し

ている。また、% VO₂ Max-RPE の関係からバドミントンやテニスの場合はランニングに比べて同一強度での RPE が低い傾向を示したことを報告している。

加賀谷たち¹³⁾は、ソフトテニスにおいて ground stroke の心拍数が170拍/分程度 (約80% VO₂ Max), low volley が155~171拍/分 (60~80% VO₂ Max), volley, volley and smash が運動終了後202拍/分, ゲーム形式練習時の後衛が155拍/分 (約70% VO₂ Max), 前衛が139拍/分 (約50% VO₂ Max) であったことから持久力の維持向上に有効な運動であることを報告している。これらの研究報告では中高年者を対象として、心拍数を中心に検討した実験が多い。特に心拍数から酸素摂取量を推定する手法が用いられており、VO₂ Max の水準も低いことが推察される。本研究では健康なテニス部大学生を対象にし、運動時の最終1分間と10分間の回復時間はダクラスバッグ法で実施した。また、VO₂ Max の測定も十分に追い込んだ結果であり高い有酸素的作業能力を有していた。相対的にみると、その場で行う基礎技術の運動強度は心拍数からみて111拍~128拍, 57%~66% HR Max, 33%~44% VO₂ Max の極めて低い水準であった。しかし、3 mの移動を加えることによって150拍, 77% HR Max, 59%~65% VO₂ Max にまで有意に増大し、有酸素運動として有効なレベルまで到達することが明らかとなった。これらの運動強度は RMR の報告^{19) 20) 31)}から対比すると、その場打ちでは、野球投手 (5~6), ソフトテニスの前衛 (3.1~5.8), 後衛 (5.5~5.8), アイスホッケー (4.9~5.9), 移動打ちではラグビーフォワード (10~13), テニスシングルス (10.9), バスケットボール (10.9) 柔道の連続打ち込み^{25) 27)} (11.8) 等と類似している。

他の報告や本研究結果でも明らかのようにグラウンドストローク、乱打やダブルスゲーム時の生体に与える生理的負担度は低いが、ボレー、スマッシュ、壁打ち、ラリーやシングルスゲームでは有意に高くなる傾向が推察される。これは使用する筋群の拡大と素早いスウィングや移動に伴う無酸素的パワーの発揮頻度が高くなることによって消費エネルギーが高くなるものと考えられる。したがって、適度なエアロビクスによって健康・体力を維持することを目的に運動やスポーツを実践する場合、テニスでは、本実験の結果に基づく1打球当たり0.8Kcal~1.2Kcal の範囲にあり、平均1 Kcal とすれば、250~300球の打球によって250~300Kcal のエネルギー消費が必要となろう。これは、ほぼ6~8ゲーム、時間にして30分~40分に相当することになる。しかし、年齢、熟練度やゲーム内容により多少異なることが考えられるが、厚生省¹⁴⁾の運動所要量を参考にすれば、20歳代の人の場合 (60% VO₂ Max 強度, 目標心拍数=145拍, 1週間の合計運動時間=90分) 1週間に3回、40歳代では2回のテニス日が必要となろう。

次に、本実験では下記の項目間に有意な高い相関関係が認められた。

心拍数と% VO₂ Max (図5) :

$$Y = 0.6247X - 34.0146 \quad R = 0.8168 \quad (P < 0.001)$$

心拍数と RMR:

$$Y = 0.1029X - 5.9739 \quad R = 0.7574 \quad (P < 0.001)$$

RPE と心拍数:

$Y = 8.2907X - 33.2935 \quad R = 0.7236 \quad (P < 0.001)$ となり、これらの関係から心拍数が140拍/分の時 VO₂ Max は約53.4%となり、10拍増加するごとに6.3% VO₂ Max の増加、同様に RMR は約8.4となり、10拍増加するごとに約1の増加となることが明らかとなった。また、RPE が13の「ややきつい」と感じる時の心拍数は約141.1拍/分となり、RPE が1増加す

るごとに心拍数は8.3拍増加する計算になった。

これらの結果は、現場で気軽に測定可能な心拍数から、あるいは運動しているときの心理的な感覚から生理的強度を推定することが可能である。最近、健康・体力づくり運動としてエアロビックスが盛況であるが、この有酸素運動の運動強度は多くの研究報告^{1) 3) 11)} からみると一般的に最大酸素摂取量の50%から60%の酸素摂取水準と考えられる。一流競技選手は別として、テニスを楽しみながら生体に適度な運動刺激を与える場合、これらの基礎技術練習の配合によってある程度の生理的運動強度にまで高めることが可能となると考える。

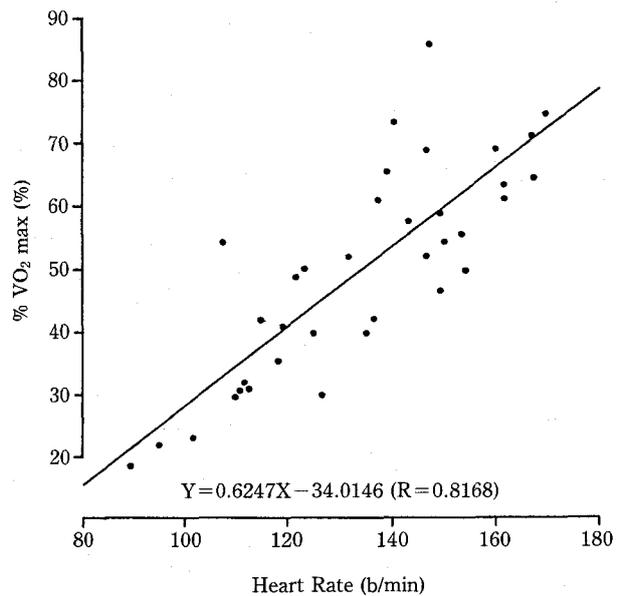


Fig. 5 Correlation between HR and % VO₂ Max (心拍数と%VO₂ Maxとの相関関係)

V. 要 約

愛媛大学硬式テニス部員6名を対象に5分間のGround stroke, Volley, Smashの基礎技術をその場打ちと3mの移動打ちとで練習させたときの運動強度について検討した。結果は次のように要約される。

(1) 心拍数および% HR Max は、その場打ちでStroke : 115.2 ± 9.5b/min, 59.4 ± 4.7% HR Max, Volley : 111.1 ± 17.1b/min, 57.3 ± 8.4% HR Max, Smash : 127.5 ± 17.7b/min, 65.6 ± 8.0% HR Max, 移動打ちで, Stroke : 150.2 ± 10.0b/min, 77.4 ± 5.5% HR Max, Volley : 152.3 ± 12.0b/min, 78.5 ± 6.0% HR Max, Smash : 150.3 ± 15.0b/min, 77.3 ± 5.7% HR Max となり、その場打ちのVolleyとSmash間の差は16.4b/min, 8.3% HR Max となり統計的に1%水準で有意差が認められたが、移動打ちの技術間には有意差が認められなかった。また、その場打ちと移動打ちとの差はStroke : 34.8b/min (P < 0.001), 18.0% HR Max (P < 0.001), Volley : 41.2b/min (P < 0.01), 21.2% HR Max (P < 0.001), Smash : 22.8b/min (P < 0.01), 11.7% HR Max (p < 0.01) となり全ての技術内で有意差が認められた。

(2) 酸素摂取量および% VO₂ Max はその場打ちではStroke : 1.49 l /分, 37.4 ± 12.5% VO₂ Max, Volley : 1.30 ± 0.44 l /分, 33.2 ± 10.5% VO₂ Max, Smash : 1.67 ± 0.45 l /分, 42.7 ± 11.2% VO₂ Max, 移動打ちで, Stroke : 2.53 ± 0.80 l /分, 64.1 ± 15.0% VO₂ Max, Volley : 2.47 ± 0.53 l /分, 63.1 ± 10.6% VO₂ Max, Smash : 2.32 ± 0.35 l /分, 59.3 ± 7.6% VO₂ Max となり、その場打ちでVolleyとSmashとの差は0.37 l /分, (P < 0.001), 9.5% VO₂ Max (P < 0.01) となり統計的に有意差が認められたが移動打ちでは各技術間に有意差が認められなかった。また、その場打ちと移動打ちとの差はStroke : 1.04 l /分 (P < 0.01), 26.7% VO₂ Max (P < 0.001), Volley : 1.17 l /分 (P < 0.01), 29.9% VO₂ Max (P < 0.01), Smash :

0.65 l/分 (P<0.001), 16.6%VO₂ Max (P<0.001) となり各技術内で全て有意差が認められた。

(3) エネルギー代謝率 (RMR) は、その場打ちで Stroke : 5.6, Volley : 4.8, Smash : 6.5を示し, Volley と Smash との差は1.7 (P<0.01) となり統計的に有意差が認められた。移動打ちでは9.6~10.5の範囲にあり, 技術間に有意差は認められなかった。その場打ちと移動打ちの差は Stroke : 4.9 (P<0.001), Volley : 5.5 (P<0.01), Smash : 3.1 (P<0.001) となり各技術内で全て有意差が認められた。

(4) 酸素需要量はその場打ちで6.8 l~9.5 l, 移動打ちで11.9 l~12.9 l の範囲であった。

(5) 酸素負債量はその場打ちで約1.5 l, 移動打ちで2.1~2.6 l であった。

(6) 酸素需要量に対する酸素負債量の割合は, Stroke, Volley はその場打ち, 移動打ちとも約20%, Smash はその場打ちが16.0%, 移動打ちが18.2%となり, 技術間および動作様式の違いによる割合に有意差は認められなかった。

(7) エネルギー消費量は5分間45打球の練習で, その場打ちの Smash が198.50kjoul, 47.44 kcal, 移動打ちの Volley が268.54kjoul, 64.18kcal で最も高く, 全体的に見て1打球当たり0.8~1.4kcalの範囲となり300kcal のエネルギー消費のためには, 30分~40分の練習時間で250~300打球を必要とすることが明らかとなった。

(8) 主観的強度 (RPE) は全体的にみて, その場打ちでは9の「かなり楽である」から13の「ややきつい」の範囲, 移動打ちでは13の「ややきつい」から15の「きつい」の範囲となり, 前者では心理的強度の感じ方の範囲が広いのに対して, 後者は前者よりも明らかにきついと感じ, その範囲も狭いことが明らかとなった。

(9) 生理的強度と主観的強度の間には高い相関関係が認められ, 心拍数や感じから% VO₂ Max やエネルギー消費量の推定が可能となった。

(10) 基礎技術練習の配合によって, 有酸素運動として十分な運動強度に高まることが示唆された。

参 考 文 献

- 1) Åstrand. P. O., : Experimental studies of physical working capacity in relation to sex and age. Munksgaard, Copenhagen, 1952.
- 2) Åstrand. P. O. and Rodahl. K., : Textbook of work physiology, mcgraw-Hill, 463-475, 1970.
- 3) 朝比奈一男: 運動生理学, 現代保健体育学大系, 大修館書店, 1969.
- 4) 浅見俊雄他: バドミントン及びテニスの運動強度について—中高年者女子初心者の場合—, 体育科学 6, 38-42, 1978.
- 5) Borg. G. A. V. : Perceived exertion a note on "history" and method, Med. Sports, 5(2), 90-93, 1973.
- 6) 萩原 仁, 調枝孝治: 人間の知覚—運動行動, 不昧堂, 1975.
- 7) 萩原 仁, 調枝孝治: 知覚—運動行動のシステム分析, 不昧堂, 209-225, 1976.
- 8) 福永哲夫, 湯浅景元: 全身持久性トレーニング手段としてのテニス, サッカー, バレーボール基本運動の強度, 体育科学, 6, 90-95, 1973.
- 9) 福武書店: WIDE GRAPHICS TENNIS, 1984.
- 10) 星川 保他: 呼吸循環機能改善刺激としてのレクニエーションスポーツの役割—中高年者における水泳, 野球, テニス, バドミントン, 卓球, ゴルフ, 実施時心拍数, 酸素摂取量, 酸素負債量, 酸素需要量, RMR, 体育科学, 6, 77-89, 1978.
- 11) 石井喜八, 宮下充正: 新訂運動生理学概論, 大修館書店, 1983.

- 12) 伊藤 稔他：テニスを利用したトレーニングによる中高年者の全身持久性の向上について，体育科学，4，99-104，1976.
- 13) 加賀谷熙彦，山本和雄：軟式テニスの運動強度，体育科学，5，117-122：1976.
- 14) 厚生省保健医療局健康増進栄養課：運動普及推進員教育テキスト，新企画出版社，1991.
- 15) ランス・ティンゲイ：写真でみるテニスの歴史，ベースボールマガジン社，1982.
- 16) 宮崎正己他：三次元方向の映画撮影法によるテニス・スイングの動作分析，日本体育学会第32回大会号，400，1981.
- 17) 中村隆一，齊藤 宏：基礎運動学第2版，医歯薬出版株式会社，1983.
- 18) 日本体育協会：現代スポーツ百科事典，大修館書店，1971.
- 19) 丹羽 正：庭球のエネルギー代謝について，体力科学，3，(3)，83，1953.
- 20) 沼尻幸吉：活動のエネルギー代謝，労働科学研究所，1974.
- 21) 小野寺孝一，宮下充正：全身持久性運動における主観的強度と客観的運動強度の対応性 - Rating of perceived exertion の観点から，体育学研究，21，191-203，1976.
- 22) ポール・ダグラス：Tennis - ビギナーからインストラクターまで，平凡社.
- 23) 坂上紀元：硬式テニスフォアハンドグラウンドストロークの軌跡に関する研究，体育学研究，1968.
- 24) 芝山秀太郎：壮年期の体力づくりと各種スポーツの運動強度のとらえかた，体育の科学，第37巻，第10号，760，1987.
- 25) 杉山允宏：生理的運動強度からみた柔道技能の構造，昭和62年度文部省科学研究費補助金一般研究，研究成果報告書.
- 26) 杉山允宏，岡田栄治：スポーツ活動・身体運動の運動強度. 第1報，サッカーの練習強度，愛媛大学教育学部紀要，第I部，教育科学，第40巻，第2号，65-76，1974.
- 27) 杉山允宏，水口雅志：柔道における連続打ち込みと交互打ち込みの運動強度，柔道，第55巻，第1号，66-72，1984.
- 28) Sugiyama masahiro : A study of physical fitness of university students of judo club in Japan, Physical fitness research, Basaball magazine sha, 163-168, 1983.
- 29) Taylor H. L., Buskirk E. and Henschel A. : Maximal oxygen intake as an objective measure of cardiorespiratory performance, J. Appl. Physiol. 8-1, 73-80, 1955.
- 30) 東京都立大学身体適性学研究所：日本人の体力標準値第4版，1989.
- 31) 山岡誠一：運動時のエネルギー代謝と栄養，医学書院，1970.
- 32) 湯浅景元：テニス・サッカー・バレーボールの有酸素的作業能，中京大学体育学部紀要，Vol. 17, No. 3, 51-62, 1976.

Motor Intensity of Physical Exercise and Sport Activity — Report II — Basic skill in tennis practice

Masahiro SUGIYAMA

Faculty of Education, University of Ehime

Bunkyo, Matsuyama, Ehime, Japan

Takasi MIYOSHI

Midori Elementary School

Matsuyama, Ehime, Japan

Norio UEOKA

Yuge National College of

Maritime technology

Abstract

The purpose of the present study is to observe the motor intensity of basic skill in tennis practice. The subjects were six healthy male students of Ehime University in Japan ranging in their age from 20.4 to 22.6 years.

The ground stroke, volley and smash as basic skill were chosen and these practice were performed 45 times ball striking for five minutes in the two methods of "on the spot" and "3m moving" by use tennis machine. VO_2 Max. was determined by an exhaustive running test on a motor-driven treadmill at 8.6% grades. Expired air was collected into Douglas bag. Contents of O_2 and CO_2 of expired air sample were analyzed by means of gas analyzer Sanei made. Heart rate and breath rate were recorded by using a method of telemetry during 5 minutes exercise and 10 minutes recovery time. As the result of this study, the following conclusions were obtained :

1) The mean value of HR, %HR Max and VO_2 Max and % VO_2 Max in the last one minute for six tennis practice were as follows :

"on the spot" : Stroke...115.2b/min, 59.4%HR Max, 1.49 ℓ /min, 37.4% VO_2 Max
Volley...111.1b/min, 57.3%HR Max, 2.47 ℓ /min, 63.1% VO_2 Max
Smash...127.5b/min, 65.6%HR Max, 1.67 ℓ /min, 42.7% VO_2 Max
"3m moving" : Stroke...150.2b/min, 77.4%HR Max, 2.53 ℓ /min, 64.1% VO_2 Max
Volley...152.3b/min, 78.5%HR Max, 2.47 ℓ /min, 63.1% VO_2 Max
Smash...150.3b/min, 77.3%HR Max, 2.32 ℓ /min, 59.3% VO_2 Max

The value of difference between Volley and Smash were 16.4b/min ($P < 0.001$), 8.3%HR Max ($P < 0.001$), 0.37 l /min ($P < 0.001$), 9.5%VO₂ Max ($P < 0.01$), and motor intensity of smash were higher than volley significantly in "on the spot", but significant difference was not recognized for three skill in "3m moving". And high significant difference was recognized in the all skill between "on the spot" and "3m moving" statistically.

2) The mean value of relative metabolic rate (RMR) was stroke : 5.6, volley : 4.8, smash : 6.5 in "on the spot", and the range from 9.6 to 10.5 were indicated in "3m moving".

3) Oxygen requirement was the range from 6.8 l to 9.5 l in "on the spot" and 11.9 l to 12.9 l in "3m moving".

4) Oxygen debt was about 1.5 l in "on the spot" and the range from 2.1 l to 2.6 l in "3m moving".

5) Energy expenditure of 45 striking ball for 5 minutes were required smash : 198.5kjoul, 47.44kcal in "on the spot" and volley : 268.54 kjoul, 64.18kcal in "3m moving". The range of energy expenditure per one striking ball was about 0.8~1.4kcal, and it was suggested that 250~300 striking ball for 30~40 minutes practice time are required to consume 300kcal energy.

6) Rating perceived exertion (RPE) indicated the range from 9 : very light to 13 : some what hard in "on the spot" and the range from 13 : some what hard to 15 : hard in "3m moving".

7) High correlation was appeared between physiological and psychological intensity, it was suggested that estimate of the %VO₂ Max and energy expenditure are possible from heart rate and feeling.

8) It was considered that combination of basic skill practice make increase enough motor intensity as aerobic exercise.