

競技バドミントンの運動強度

—時間設定方式のゲーム練習と公式試合の運動強度の比較—

蘭 和真

はじめに

バドミントン競技は時間制の競技ではなく、一定の得点をどちらのサイドが先に得るかを競う競技である。したがって、1試合の試合時間は両サイドの競技力の力関係によって大きく変わってくる。すなわち、両サイドの競技力が拮抗している場合、とくに、それぞれの競技力が高い場合には時間が長くなり、1ゲームあたりの所要時間が30分を越すことも珍しくない。しかしながら、両サイドの力関係が著しく違う場合にはその逆で、1ゲームが5分～10分程度で終了することもある。また、シングルスよりもダブルスのほうが一般的に所要時間が長い。

他方、バドミントン競技の練習の場において、公式競技会を目指した実践練習として、ゲーム練習と称する練習をおこなうことが多い。これは、練習の場において試合を実践し、ゲームの感覚を養おうとするものである。しかしながら、上述したようにバドミントン競技は時間制の競技ではないので、対戦によっては長時間を要したり、あるいは、短時間で終わってしまうことがある。したがって、練習時の対戦の組み合わせによっては、待ち時間が極めて長くなってしまふ者もでてくる。すなわち、非効率な練習になってしまうということである。そこで、その欠点を補うためにゲーム練習をおこなう際に時間制を導入し、効率化を図ろうという試みがなされる場

合がある。つまり、一定の時間を設定し、その時間中は試合を継続し、勝負が決着しなくても時間がくればそこでその試合は終わりとし、また、時間内に勝敗がついた場合は、さらに第2試合を決められた時間まで続けるという方法である。この方法によると、練習時間という尺度においては十分な効果が得られるものと考えられるが、運動強度という観点から考えるとその効果については不明である。

そこで、本研究では、時間設定式のゲーム練習中の運動強度を心拍数から推定すると同時に公式競技会におけるバドミントン競技の運動強度を心拍数から推定した。そして、時間設定式のゲーム練習中の運動強度を公式競技会の運動強度と比較することにより、ゲーム練習の有効性を検討した。さらに、公式競技会の運動強度からバドミントン競技の競技特性についても言及した。

方 法

1. 被験者

被験者は本学バドミントン部に所属する正選手6名であった。被験者には実験に先立ち実験の趣旨を説明し同意を得た。被験者の身体的特徴はTable 1に示した。

2. 運動強度の推定

角度漸増法を用いたトレッドミル走行によ

Table 1 Physical characteristics of the subjects

Subjects	Age (yrs.)	Weight (kg)	Height (cm)	% fat (%)	$\dot{V}O_2\text{max}$ (ml/kg/min)	Back strength (kg)	Handgrip (right) (left) (kg)	Vertical jump (cm)
A	21	61.8	157.1	20.8	51.6	120.0	38.1 36.4	56.0
B	20	49.1	157.1	15.7	64.7	135.0	35.1 28.7	42.5
C	20	53.0	155.9	22.0	54.4	145.0	30.2 26.2	39.5
D	19	61.6	164.9	22.4	53.2	133.0	37.4 28.8	47.0
E	19	59.2	155.8	23.4	56.2	148.0	35.7 27.7	43.5
F	19	60.5	161.9	18.3	57.4	175.0	40.0 36.5	48.0
Mean	20	57.5	158.8	20.4	56.3	142.7	36.1 30.7	46.1
\pm SD	1	4.8	3.4	2.7	4.2	17.1	3.1 4.1	5.3

Table 2 Relationship between HR and $\dot{V}O_2$

Subjects	Equation		
A	$Y=0.418X-29.499$	$r=0.948$	$(p<0.01)$
B	$Y=0.612X-42.609$	$r=0.977$	$(p<0.01)$
C	$Y=0.455X-30.012$	$r=0.938$	$(p<0.01)$
D	$Y=0.562X-55.592$	$r=0.950$	$(p<0.01)$
E	$Y=0.608X-59.117$	$r=0.977$	$(p<0.01)$
F	$Y=0.594X-53.410$	$r=0.978$	$(p<0.01)$

$$Y=\dot{V}O_2$$

$$X=HR$$

る最大運動負荷試験を行い、その時の心拍数と酸素摂取量を測定することにより各被験者ごとの $\dot{V}O_2$ -HR関係式を求めた (Table 2)。そして、測定したプレー中の心拍数を回帰方程式に代入することによって酸素摂取量を推定し、さらにその酸素摂取量から酸素摂取水準 ($\% \dot{V}O_2\text{max}$) を求めた。最大運動負荷試験の方法についてはAraragi et al. ⁽¹⁾ の報告にその詳細が示されている。

3. 心拍数の測定

被験者全員に携帯式のハートレートモニター (バンテージNV、ポラー社製) を装着した。そして、各ゲームの開始から終了まで1分ごとに心拍数を記録した。記録されたデータは、ポラーアドバンテージインターフェイスシステムおよびハートレートアナリシスソフトウェアバージョン5.00を介して、パソコンによって出力、解析された。

4. ゲーム練習中の運動強度の推定

被験者6名に、15分間を1セットとし、2分間のインターバルを挟みながらシングルスゲームを3セット行わせた。そして、十分な休憩の後、ダブルスゲームを同様に3セット行わせた。そして、そのゲーム中の心拍数から運動強度を推定した。なお、このゲームの設定はバドミントンの試合形式を考慮し、実践に即するということを意図してなされた。また、組み合わせに当たっては同様の実力の者が対戦するように配慮された。

5. 公式競技会における試合中の運動強度

上記のゲーム練習の強度を公式試合の強度と比較検討するために、著者が1999年に行った報告⁽¹⁾の中から新たに下記の要領でデータを抽出した。

(1) 対象競技会および被験者

対象とした公式競技会は第45回東海学生バドミントン選手権大会(1997. 4. 21~4. 25)であった。被験者全員の試合中の心拍数の記録を試み、けがのための棄権や敗退による測定の継続不能、あるいはアクシデントによる記録の不備が全くなかった被験者A、1名のデータを分析対象とした。なお、被験者Aは対象となった競技会においてシングルの部、ダブルスの部共に決勝進出を果たした。

(2) 分析対象試合

分析の対象とした試合はシングルスおよびダブルスの準々決勝戦から決勝戦までのそれぞれ3試合の計6試合であった。被験者は4月24日にシングルの準々決勝およびダブルスの準々決勝と準決勝を、4月25日にシングルの準決勝と決勝およびダブルスの決勝を行った。

(3) 試合におけるゲームおよびインターバル時間の規定

主審の「プレー」というコールをゲーム開始とし、「ゲーム」というコールをゲーム終了

とし、それぞれの時間を規定した。

6. 統計的処理

各項目について平均値および標準偏差を求めた。平均の差の有意性はstudentの対応のあるt検定を用い、危険率5%以下を有意とした。また、相関係数の検定にはピアソンの検定法を用い、5%水準を有意限界とした。

結 果

1. ゲーム練習中の運動強度

(1) 心拍数、心拍水準および酸素摂取水準

ゲーム練習中の生体負担を心拍数からみると、6名の平均値で、シングルスが1セット当たり、158beat/min、ダブルスが138beat/minであった。結果の詳細はTable 3に示した。また、同様に、心拍水準からみると、シングルスが85.8%HRmax、ダブルスが74.8%HRmaxであった。各セットの心拍水準の最大値に着目すると、シングルスでは90%HRmaxを下回るセットがほとんどなく、95%HRmaxを越えることもしばしばであったのに対して、ダブルスでは90%HRmaxを越えることがほとんどなかった。結果の詳細はTable 4に示した。一方、各セットの平均酸素摂取水準からみると、シングルスでは最も低い場合でも60% $\dot{V}O_2$ maxを越え、80% $\dot{V}O_2$ maxを上回ることも数例ではあるがみられた。また、ダブルスではシングルスよりもかなり低く、最も高い場合でも60% $\dot{V}O_2$ max程度であった。1セット当たりの酸素摂取水準からみると、6名の平均値で、シングルスが68.8% $\dot{V}O_2$ max、ダブルスが50.1% $\dot{V}O_2$ maxであった。結果の詳細はTable 5に示した。

(2) 各酸素摂取水準に相当する心拍数がゲーム練習中に占める割合

酸素摂取水準を、50% $\dot{V}O_2$ max未満、50% $\dot{V}O_2$ max以上60% $\dot{V}O_2$ max未満、60% $\dot{V}O_2$ max以上70% $\dot{V}O_2$ max未満、70% $\dot{V}O_2$ max以

競技バドミントンの運動強度

Table 3 Heart rate during the practice games

Subjects	Heart rate beat/min							
	Singles games				Doubles games			
	1st set	2nd set	3rd set	Mean	1st set	2nd set	3rd set	Mean
A	168 ± 10.7 (186)	155 ± 7.6 (169)	165.5 ± 9.9 (180)	163 ± 11.0 (186)	137 ± 17.8 (171)	134 ± 13.3 (158)	133 ± 11.5 (153)	134.7 ± 14.5 (171)
B	159 ± 12.4 (174)	153 ± 9.6 (174)	151.9 ± 8.8 (163)	154 ± 10.8 (174)	131 ± 7.0 (144)	129 ± 11.7 (155)	124 ± 14.2 (148)	127.9 ± 11.7 (155)
C	156 ± 8.3 (169)	154 ± 13.5 (170)	155 ± 6.5 (165)	155 ± 9.9 (170)	135 ± 12.2 (153)	128 ± 6.8 (138)	140 ± 7.5 (150)	134.2 ± 10.4 (153)
D	163 ± 10.9 (179)	166 ± 5.9 (176)	156.5 ± 7.8 (165)	162 ± 9.4 (179)	138 ± 11.6 (160)	136 ± 9.8 (151)	157 ± 7.8 (165)	143.6 ± 13.5 (165)
E	153 ± 7.7 (163)	153 ± 3.1 (160)	154.5 ± 8.0 (172)	154 ± 6.6 (172)	146 ± 11.8 (162)	148 ± 8.6 (168)	144 ± 7.3 (156)	145.9 ± 9.6 (168)
F	167 ± 6.6 (177)	161 ± 5.0 (168)	155.3 ± 7.6 (169)	161 ± 8.1 (177)	146 ± 12.6 (167)	141 ± 8.9 (161)	137 ± 11.1 (156)	141.2 ± 11.6 (167)
Mean±SD	161 ± 11.1 (186)	157 ± 9.5 (176)	156.5 ± 9.2 (180)	158 ± 10.2 (186)	139 ± 13.8 (171)	136 ± 12.2 (168)	139 ± 14.3 (165)	137.9 ± 13.5 (171)

Values are mean±SD (Max)

Table 4 % HRmax during the practice games

Subjects	%HRmax %							
	Singles games				Doubles games			
	1st set	2nd set	3rd set	Mean	1st set	2nd set	3rd set	Mean
A	87.2 ± 5.5 (96.4)	80.4 ± 3.9 (87.6)	85.7 ± 5.1 (93.3)	84.4 ± 5.7 (96.4)	70.9 ± 9.2 (88.6)	69.6 ± 6.9 (81.9)	68.8 ± 6.0 (79.3)	69.8 ± 7.5 (88.6)
B	90.2 ± 7.0 (98.9)	86.8 ± 5.4 (98.9)	86.3 ± 5.0 (92.7)	87.8 ± 6.1 (98.9)	74.3 ± 4.0 (81.8)	73.1 ± 6.6 (88.0)	70.5 ± 8.0 (83.9)	72.7 ± 6.6 (88.0)
C	86.3 ± 4.6 (93.4)	85.2 ± 7.4 (93.9)	85.6 ± 3.6 (91.2)	85.7 ± 5.5 (93.9)	74.5 ± 6.8 (84.5)	70.6 ± 3.8 (78.2)	77.3 ± 4.1 (82.9)	74.1 ± 5.8 (84.5)
D	87.3 ± 5.8 (95.7)	89.0 ± 3.1 (94.1)	83.7 ± 4.2 (88.2)	86.7 ± 5.0 (95.7)	74.0 ± 6.2 (85.6)	72.7 ± 5.2 (80.7)	83.7 ± 4.2 (88.2)	76.8 ± 7.2 (88.2)
E	81.2 ± 4.1 (86.2)	81.2 ± 1.6 (84.7)	81.8 ± 4.2 (91.0)	81.4 ± 3.5 (91.0)	77.1 ± 6.2 (85.7)	78.2 ± 4.5 (88.9)	76.2 ± 3.9 (82.5)	77.2 ± 5.1 (88.9)
F	92.3 ± 3.6 (97.8)	88.8 ± 2.8 (92.8)	85.8 ± 4.2 (93.4)	88.9 ± 4.5 (97.8)	80.7 ± 7.0 (92.3)	77.9 ± 4.9 (89.0)	75.4 ± 6.1 (86.2)	78.0 ± 6.4 (92.3)
Mean±SD	87.4 ± 6.3 (98.9)	85.2 ± 5.6 (98.9)	84.8 ± 4.7 (93.4)	85.8 ± 5.7 (98.9)	75.2 ± 7.4 (92.3)	73.7 ± 6.4 (89.0)	75.3 ± 7.4 (88.2)	74.8 ± 7.1 (92.3)

Values are mean±SD (Max)

Table 5 Estimated % of $\dot{V}O_2$ max during the practice games

Subjects	% $\dot{V}O_2$ max %							
	Singles games				Doubles games			
	1st set	2nd set	3rd set	Mean	1st set	2nd set	3rd set	Mean
A	79.1 ± 8.7 (93.5)	68.6 ± 6.1 (79.7)	76.9 ± 8.0 (88.6)	74.9 ± 8.9 (93.5)	53.7 ± 14.4 (81.4)	51.7 ± 10.7 (70.8)	50.4 ± 9.3 (66.8)	51.9 ± 11.8 (81.4)
B	84.4 ± 11.7 (98.7)	78.6 ± 9.0 (98.7)	77.8 ± 8.3 (88.5)	80.3 ± 10.2 (98.7)	57.8 ± 6.6 (70.4)	55.9 ± 11.0 (80.6)	51.6 ± 13.4 (73.8)	55.1 ± 11.0 (80.6)
C	75.5 ± 6.9 (86.2)	73.9 ± 11.3 (87.0)	74.5 ± 5.4 (82.8)	74.6 ± 8.3 (87.0)	57.6 ± 10.2 (72.8)	51.7 ± 5.7 (80.3)	61.8 ± 6.3 (70.3)	57.1 ± 8.7 (72.8)
D	68.0 ± 11.5 (84.6)	71.4 ± 6.2 (81.4)	60.9 ± 8.3 (69.8)	66.8 ± 9.9 (84.6)	41.6 ± 12.3 (64.5)	39.2 ± 10.3 (55.0)	60.9 ± 8.3 (69.8)	47.2 ± 14.2 (69.8)
E	60.8 ± 8.3 (71.2)	60.8 ± 3.3 (67.9)	62.0 ± 8.6 (80.9)	61.2 ± 7.2 (80.9)	52.5 ± 12.8 (70.1)	54.8 ± 9.3 (76.6)	50.7 ± 7.9 (63.6)	52.6 ± 10.3 (76.6)
F	79.8 ± 6.8 (90.1)	73.2 ± 5.2 (80.8)	67.6 ± 7.9 (81.8)	73.5 ± 8.3 (90.1)	58.1 ± 13.1 (79.8)	52.9 ± 9.2 (73.6)	48.2 ± 11.4 (68.4)	53.1 ± 12.0 (79.8)
Mean±SD	71.5 ± 11.5 (93.5)	68.0 ± 9.1 (87.0)	66.9 ± 10.2 (88.6)	68.8 ± 10.5 (93.5)	50.8 ± 13.7 (81.4)	48.3 ± 11.4 (76.6)	51.2 ± 12.9 (70.3)	50.1 ± 12.8 (81.4)

Values are mean±SD (Max)

上80% $\dot{V}O_2\text{max}$ 未満、80% $\dot{V}O_2\text{max}$ 以上、の5つのカテゴリーに分け、それぞれに相当する心拍数がシングルのゲーム練習中およびダブルスのゲーム練習中に占める割合を検討した。Fig. 1は6名の被験者のシングルおよびダブルスそれぞれ3セットにおけるすべてのデータからシングルとダブルスのゲーム練習の特徴を明らかにする目的で示されたものである。シングルでは70% $\dot{V}O_2\text{max}$ 以上80% $\dot{V}O_2\text{max}$ 未満に相当する心拍数が占める割合が最も高く32.3%を占め、続いて60% $\dot{V}O_2\text{max}$ 以上70% $\dot{V}O_2\text{max}$ 未満に相当する心拍数が31.5%、80% $\dot{V}O_2\text{max}$ 以上に相当する心拍数が24.8%であった。したがって、60% $\dot{V}O_2\text{max}$ 未満に相当する心拍数が占める割合は10%にも満たない状況であった。それに対して、ダブルスでは全く逆の傾向を示した。すなわち、50% $\dot{V}O_2\text{max}$ 未満に相当する心拍数が占める割合が最も高く41.9%を占めた。そして、50% $\dot{V}O_2\text{max}$ 以上60% $\dot{V}O_2\text{max}$ 未満に相当する心拍数が28.9%、60% $\dot{V}O_2\text{max}$ 以上70% $\dot{V}O_2\text{max}$ 未満に相当する心拍数が21.5%であった。さらに、70% $\dot{V}O_2\text{max}$ 以上に相当する心拍数が占める割合は8%にも満たない結果であった。

2. 公式競技会における試合中の運動強度

(1) ゲーム時間

シングルの部では準決勝戦が最もハードな試合でファイナルゲームまでもつれた。マッチ時間も48分31秒とシングルの試合の中では最長であった。決勝戦は0-2での敗戦であったが、2ゲーム目は接戦であった。ゲーム時間はシングルで最長の20分09秒であった。

ダブルスの部では準決勝がファイナルゲームのセティングまでもつれる大接戦で、マッチ時間はシングルダブルスを通して最長の61分55秒を記録した。準決勝戦は一方的な展開での勝利であった。決勝戦は2-0で勝ったが、2ゲーム目はセティングまでもつれる接戦であった。この決勝の2ゲーム目がシングル、ダブルスを通じて最長の29分01秒のゲーム時間であった。試合結果およびゲーム時間についてはTable 6、Table 7にそれぞれ示した。

(2) 心拍数、心拍水準ならびに酸素摂取水準

平均心拍数はシングル準々決勝戦の2ゲーム目、準決勝戦の3ゲーム目、決勝戦の2ゲーム目等、極めて競り合ったシングルスゲームでは170beat/minを越えた。また、ダブルスでも準々決勝の3ゲーム目、決勝の2ゲーム目等、極めて競り合ったゲームでは155~160beat/min程度を記録した。但し、準

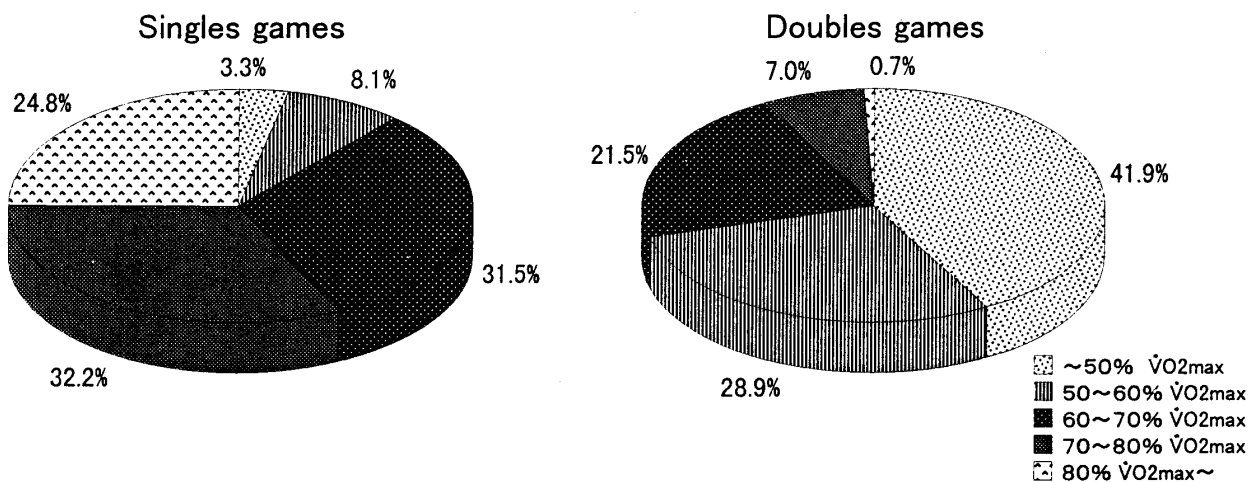


Fig. 1 Each % $\dot{V}O_2\text{max}$ level to attain in the practice games(N= 6)

Table 6 Results of the games and matchse

Events	Rounds	Scores			Games	Matches
		First games	Second games	Third games	Won-Lost	Won or Lost
Singles	1st	11 — 0	11 — 0	no game	2-0	Won
	2nd	11 — 1	11 — 0	no game	2-0	Won
	3rd	11 — 0	11 — 1	no game	2-0	Won
	4th	11 — 2	11 — 6	no game	2-0	Won
	Quarterfinal	11 — 5	11 — 4	no game	2-0	Won
	Semifinal	11 — 2	7 — 11	12 — 11	2-1	Won
	Final	2 — 11	11 — 12	no game	0-2	Lost
Doubles	1st	15 — 0	15 — 0	no game	2-0	Won
	2nd	15 — 4	15 — 5	no game	2-0	Won
	3rd	15 — 2	15 — 2	no game	2-0	Won
	Quarterfinal	15 — 6	6 — 15	14 — 17	2-0	Won
	Semifinal	15 — 3	15 — 1	no game	2-0	Won
	Final	15 — 7	18 — 14	no game	2-0	Won

Table 7 Duration time of the games, intervals and matches during the official matches

Events	Rounds	Time (min' sec'')							
		First games		Intervals	Second games		Intervals	Third games	Matches
Singles	Quarterfinal	10' 22"	W	54"	9' 01"	W	—	—	19' 23" W
	Semifinal	7' 05"	W	38"	12' 03"	L	4' 15"	25' 08" W	48' 31" W
	Final	6' 34"	L	44"	20' 09"	L	—	—	26' 43" L
	Mean±SD	8' 01" ±1' 41"		45" ±7"	13' 44" ±4' 42"		4' 15" ±0' 00"	25' 08" ±0' 00"	31' 32" ±12' 22"
Doubles	Quarterfinal	16' 35"	W	47"	19' 15"	L	4' 55"	21' 10" W	61' 55" W
	Semifinal	15' 18"	W	40"	12' 12"	W	—	—	27' 30" W
	Final	23' 10"	W	51"	29' 01"	W	—	—	52' 11" W
	Mean±SD	18' 21" ±3' 27"		46" ±5"	13' 44" ±4' 42"		4' 55" ±0' 00"	21' 10" ±0' 00"	47' 12" ±14' 29"

W means won
L means lost

決勝の2ゲーム目のように1点で押さえながらも160beat/minを越えることもあった (Table 8)。これを平均%HRmaxでみると、シングルスの場合は90%HRmax近くを記録し、ダブルスの場合も80%HRmaxを越えた。最高心拍数についてはシングルスの場合、90%HRmaxを越えることは珍しくなく、95%HRmaxを越えることもあった。ダブルスでも、一般的には85%HRmax程度を記録し、シングルス同様95%HRmaxを越えることもあった (Table 9)。各ゲーム中の% $\dot{V}O_2$ maxについてはシングルスでは70~80% $\dot{V}O_2$ max程度と非常に高い値を示した。ま

た、ダブルスでも65~70% $\dot{V}O_2$ max程度とかなり高い値を示した (Table 10)。

(3) 各酸素摂取水準に相当する心拍数が試合中に占める割合

酸素摂取水準を上述の各酸素摂取水準に相当する心拍数がゲーム練習中に占める割合と同様に5つのカテゴリーに分け、それぞれに相当する心拍数が準々決勝戦、準決勝戦、決勝戦のゲーム中に占める割合を検討した。その結果、シングルスでは80% $\dot{V}O_2$ max以上に相当する心拍数がゲーム中半数ほど占めているのに対してダブルスでは1割程度であっ

Table 8 Heart rate during the official games during the official matches

Events	Rounds	Heart rate beat/min					
		First games		Second games		Third games	
Singles	Quarterfinal	163 ± 14.5	(177)	170 ± 6.0	(178)	—	167 ± 11.8 (178)
	Semifinal	159 ± 18.2	(177)	163 ± 9.7	(178)	171 ± 10.4 (185)	166 ± 13.8 (185)
	Final	157 ± 17.8	(175)	172 ± 7.6	(185)	—	169 ± 12.6 (185)
	Mean±SD	161 ± 14.7	(177)	171 ± 10.5	(185)	171 ± 10.4 (185)	167 ± 13.4 (185)
Doubles	Quarterfinal	144 ± 16.5	(166)	150 ± 12.7	(172)	157 ± 17.3 (187)	151 ± 17.0 (187)
	Semifinal	151 ± 14.2	(183)	162 ± 10.8	(185)	—	155 ± 13.9 (185)
	Final	155 ± 10.4	(170)	155 ± 11.8	(177)	—	155 ± 11.2 (177)
	Mean±SD	154 ± 14.3	(183)	155 ± 12.6	(185)	157 ± 17.3 (187)	149 ± 17.7 (187)

Values are mean±SD(Max)

Table 9 %HRmax during the official matches

Events	Rounds	%HRmax %					
		First games		Second games		Third games	
Singles	Quarterfinal	84.6 ± 7.5	(91.7)	88.2 ± 3.1	(92.2)	—	86.3 ± 6.1 (92.2)
	Semifinal	82.3 ± 9.4	(91.7)	84.7 ± 5.0	(92.2)	88.6 ± 5.4 (95.9)	86.0 ± 7.2 (95.9)
	Final	81.5 ± 9.2	(90.7)	89.4 ± 4.0	(95.9)	—	87.5 ± 6.5 (95.9)
	Mean±SD	83.7 ± 7.6	(91.7)	88.4 ± 5.5	(95.9)	88.6 ± 5.4 (95.9)	86.3 ± 6.9 (95.9)
Doubles	Quarterfinal	74.7 ± 8.6	(86.0)	77.9 ± 6.6	(89.1)	81.4 ± 8.9 (96.9)	78.3 ± 8.6 (96.9)
	Semifinal	78.1 ± 7.4	(94.8)	83.9 ± 5.6	(95.9)	—	80.7 ± 7.2 (95.9)
	Final	80.2 ± 5.4	(88.1)	80.5 ± 6.1	(91.7)	—	80.4 ± 5.8 (91.7)
	Mean±SD	78.0 ± 7.4	(94.8)	80.4 ± 6.5	(95.9)	81.4 ± 8.9 (96.9)	79.6 ± 7.4 (96.9)

Table10 Estimated%of maximal oxygen intake(% $\dot{V}O_2$ max) during the official matches

Events	Rounds	% $\dot{V}O_2$ max %					
		First games		Second games		Third games	
Singles	Quarterfinal	75.1 ± 12.4	(86.2)	80.7 ± 5.2	(87.0)	—	77.8 ± 9.8 (87.0)
	Semifinal	71.5 ± 14.8	(86.2)	75.2 ± 7.9	(87.0)	81.3 ± 8.4 (92.7)	77.3 ± 11.2 (92.7)
	Final	70.3 ± 15.8	(84.6)	82.5 ± 6.3	(92.7)	—	79.7 ± 10.4 (92.7)
	Mean±SD	73.6 ± 11.9	(86.2)	81.0 ± 8.5	(92.7)	81.3 ± 8.4 (92.7)	77.8 ± 10.9 (92.7)
Doubles	Quarterfinal	59.6 ± 13.8	(77.3)	64.6 ± 10.6	(82.2)	70.2 ± 14.3 (94.3)	65.3 ± 13.5 (94.3)
	Semifinal	65.0 ± 11.9	(91.1)	74.1 ± 9.1	(92.7)	—	69.0 ± 11.5 (92.7)
	Final	68.1 ± 8.6	(80.5)	68.7 ± 9.7	(86.2)	—	68.5 ± 9.2 (86.2)
	Mean±SD	64.7 ± 11.5	(91.1)	68.5 ± 10.2	(92.7)	70.2 ± 14.3 (94.3)	67.2 ± 11.6 (94.3)

Values are mean±SD(Max)

た。さらに、シングルスでは70% $\dot{V}O_2$ max以上80% $\dot{V}O_2$ max未満に相当する心拍数と80% $\dot{V}O_2$ max以上に相当する心拍数を合わせた割合が9割近くを占めたのに対して、ダブルスでは60% $\dot{V}O_2$ max以上70% $\dot{V}O_2$ max未満に相当する心拍数と70% $\dot{V}O_2$ max以上80% $\dot{V}O_2$ max未満に相当する心拍数が占める割合が6割から7割程度を占めた。50% $\dot{V}O_2$ max以下に相当する心拍数が占める割合はシングルスでもダブルスでも非常に低かった (Fig. 2)。

考 察

本研究では、バドミントン競技中の運動強度を推定するためにゲーム練習中および公式競技会における試合中の心拍数を測定した。心拍数はスポーツ実践中のような大きな身体活動を伴う場合でも測定が簡便にできることから、競技中の生理的な負担度を推測するための有効な手段であると考えられる。しかしながら、心拍数は年齢差などによる個人差が大きく、同一心拍数であっても生理的負担度が違ってくる。したがって、この指標からだ

競技バドミントンの運動強度

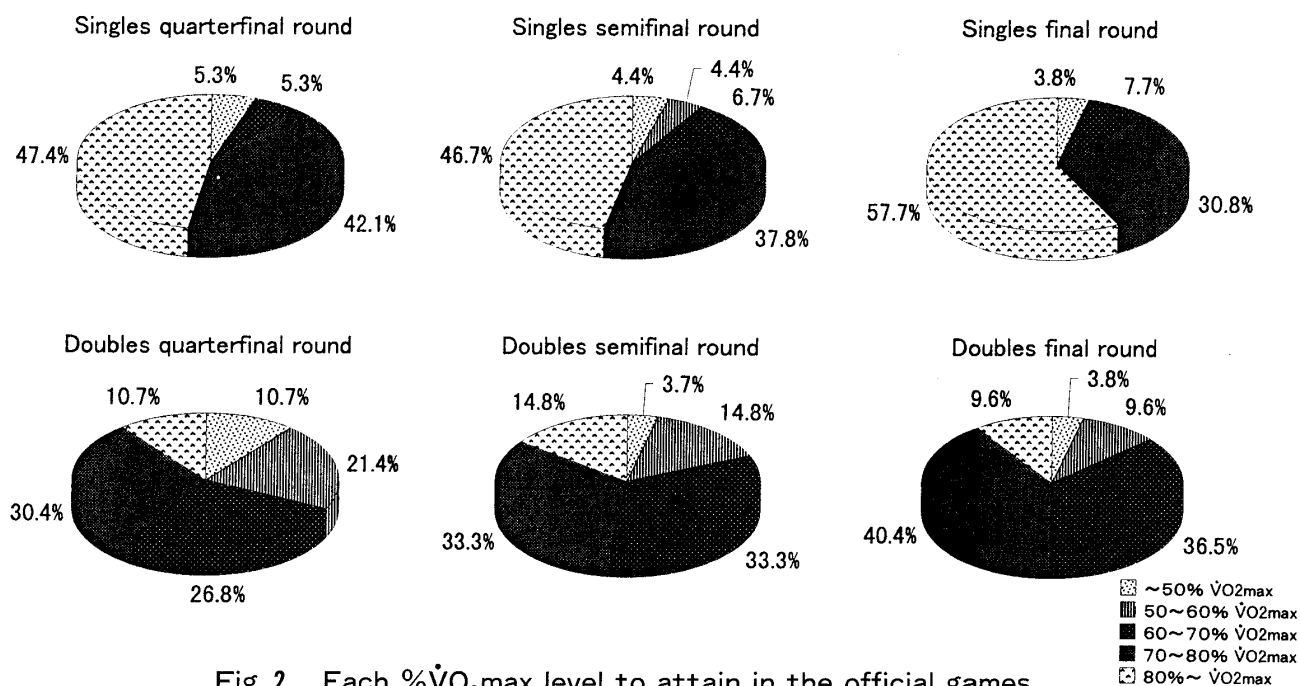


Fig. 2 Each % $\dot{V}O_2\text{max}$ level to attain in the official games

けでは正確な推定を行うのは不可能である。そこで、今回の調査では、ゲーム中の心拍数を示すと同時に、 $\dot{V}O_2$ -HR式を頼りに競技中の酸素摂取水準を算出することによって推定を行った。心拍数と酸素摂取量の間に正の相関があることは多くの研究で証明されている⁽²⁾⁽³⁾⁽⁴⁾ことから本研究で用いた方法によって運動強度を推定する方法は広く利用されている⁽⁵⁾⁽⁶⁾⁽⁷⁾。他方、本研究では競技中の心拍数から心拍水準を算出することによる運動強度の推定も行った。心拍水準は $\dot{V}O_2$ -HR式から酸素摂取水準を導き運動強度を推定する方法に比べてかなり容易に導き出すことができるうえ、酸素摂取水準との間に高い相関関係があることも認められている⁽⁸⁾⁽⁹⁾⁽¹⁰⁾。したがって、今回得られた結果は今後、バドミントンのためのトレーニング処方等を行う際のガイドラインとして幅広く応用されることが期待できる。例えば次に述べるとおりである。一般に最大心拍数は $220 - \text{年齢 (拍/分)}$ で推定できる。そこで、色々なバドミントン練習中の心拍数を測定することによって、推定最大心拍数からその練習時点における心拍水準を推定することができる。そこで、以下の考察で述べるバドミントンの練習試合および公式

試合の強度と比較し、その練習において適切な運動強度が得られているかを検討することができる。もし、十分な強度が得られていなければ得られるような努力が必要となろう。また、体力トレーニングとしてインターバルトレーニングやサーキットトレーニング等を行う場合にも同様にトレーニング中の心拍水準から運動強度について検討を行い、運動強度が低ければ運動時間、内容、インターバル時間等を調整することによって、よりバドミントンの実践に近いトレーニング形態を得ることができよう。そして、このような積み重ねによって、今回の研究成果を幅広く応用することができよう。

今回の結果からバドミントンのゲーム練習における身体負担度を心拍水準からみると、シングルスでは85%HRmax程度、ダブルスでは75%HRmax程度が平均的な値と考えられた。一方、酸素摂取水準からみると、シングルスでは70% $\dot{V}O_2\text{max}$ 程度、ダブルスでは50% $\dot{V}O_2\text{max}$ 程度が平均的な値と考えられた。また、各セットの心拍水準の最大値に着目すると、ダブルスでは90%HRmaxを越えることがほとんどなかったが、シングルスでは95%HRmaxを越えることがしばしばみら

れ、さらに、シングルスゲーム中には $80\%\dot{V}O_2$ max以上に相当する心拍数が25%程度を占めた。

バドミントンは時間制の競技ではなく一定の点数に達するまで時間に関係なく試合を継続する競技である。しかしながら、今回の測定では競技の生体負担の特性を検討するという観点から競技時間を一定に設定し測定を試みた。すなわち、本測定ではシングルス、ダブルス共に各被験者に15分間のゲームを2分の休憩を挟みながら、連続して3セットずつ行わせるという設定にし、心拍数の変化を記録した。これは、測定条件を一定に保ちながらも、一般的なバドミントンの競技時間⁽¹¹⁾に配慮したものであった。そこで、ゲーム練習中の各セットの平均心拍数から観察すると、シングルス、ダブルス共に被験者ごとのセット間で大きなばらつきは見られなかった。また、被験者間でもそれほど大きなばらつきは認められなかった。概ね近似した値と考えられた。さらに、心拍水準でみると、シングルス、ダブルスともに各セットの平均値のばらつきはさらに小さかった。これらの結果はゲーム時間を一定に設定した影響であると考えられるが、各種目のゲーム練習における特徴を示すものであるとも考えられる。

そこで、以上のゲーム練習における結果から、シングルスおよびダブルスのゲーム練習それぞれが身体に与える負担度を検討すると、今回実施したような形式でゲーム練習を行った場合では、ダブルスではそれほど大きな身体負担になっているとは考えられないが、シングルスにおいては2分の休憩を挟みながらも15分間×3セット、計45分間のゲームを行っていることを考慮すると身体的にかなりの負担を強いられるものと推察された⁽¹²⁾。これらの結果を他のラケット競技に関する報告と比較すると、今回の調査ではシングルの強度がダブルスのそれよりも明らかに高いという特徴を示したが、これは卓球や硬式テニスにみられる傾向と一致した⁽¹³⁾⁽¹⁴⁾。しかしながら、各種目の運動強度との比較に

ついては運動形態、被験者等の違いにより一概に高い、低い等の比較ができない。敢えて比較をしようとする誤解を招く恐れが考えられる。したがって、ここでは他種目との比較はさけるものとする。

今回、本研究では、公式競技会における試合中の運動強度の推定に成功した。公式競技会の、しかも、選手権大会における同一選手のシングルスおよびダブルスのデータを下位のラウンドから決勝戦に至るまで、完全な形で収集するにはかなりの困難を伴う。すなわち、真剣勝負である選手権大会においては、まず、被験者の同意を得にくい。さらに、仮に同意を得られたとしても、途中敗退によって測定の継続が不可能となることもある。また、けがや体調不良によって満足なデータが得られないこともある。さらに、測定機器のアクシデントによる記録の不備等も公式試合の際には特に発生しやすい。このような状況の下、今回、本研究では、競技バドミントンの選手権大会において準々決勝から決勝戦に至るまでの記録を1名のデータではあるがシングルス、ダブルス共に同一選手から得ることができた。したがって、今回のデータは大変貴重なものであると考えられる。

今回の被験者Aの公式競技中とゲーム練習中の運動強度を心拍水準および酸素摂取水準の平均値から検討すると、シングルスにおいては若干公式試合のほうが高かったものの、大差がなかった。しかしながら、ダブルスにおいては心拍水準で $9.8\%HR_{max}$ 、酸素摂取水準で $17.1\%\dot{V}O_2max$ も公式試合のほうが高く、明らかな差がみられた。この理由としてはゲーム練習における時間設定の影響が考えられる。すなわち、今回の測定ではシングルスにおいても、ダブルスにおいても1セットの時間を同じ長さの15分間に設定した。しかしながら、今回の公式競技会における試合時間からもわかるように、一般的にはシングルスよりもダブルスの試合時間のほうが長くなる傾向がみられる。そこで、この時間設定が両者の差を生んだ可能性がある。したがっ

て、バドミントンのゲーム練習で公式試合と同程度の身体負担度を得ようとするならば、シングルスでは1セット15分程度での設定でも十分可能であるが、ダブルスの場合は1セットの時間設定をもう少し長くする必要性が示唆された。

一方、公式競技における身体負担度について検討すると、今回の調査では、大会4日目に試合時間19分23秒、平均運動強度77.8% $\dot{V}O_2\text{max}$ のシングルス、試合時間61分55秒、平均運動強度65.3% $\dot{V}O_2\text{max}$ のダブルス、試合時間27分30秒、平均運動強度69.0% $\dot{V}O_2\text{max}$ のダブルスの計3試合を行い、大会第5日目（最終日）に試合時間48分31秒、平均運動強度77.3% $\dot{V}O_2\text{max}$ のシングルス、試合時間26分43秒、平均運動強度79.7% $\dot{V}O_2\text{max}$ のシングル、試合時間52分11秒、平均運動強度68.5% $\dot{V}O_2\text{max}$ のダブルスの計3試合を行っている。以上の試合時間および運動強度に着目すると、1試合だけでもかなりの生体負担があるものと考えられるが、それを1日に3試合も行っていることから考えて、この競技が想像以上に過酷なものであることが推察される。また、インターハイやインカレ等の全国レベルの大会では、1日に4試合以上を行わなければならない場合もある。これらの大会における生体負担度の高さが想像されると同時にこれらの大会で勝ち抜くための体力トレーニングの重要性が示唆された。

本研究では酸素摂取水準を、50% $\dot{V}O_2\text{max}$ 未満、50% $\dot{V}O_2\text{max}$ 以上60% $\dot{V}O_2\text{max}$ 未満、60% $\dot{V}O_2\text{max}$ 以上70% $\dot{V}O_2\text{max}$ 未満、70% $\dot{V}O_2\text{max}$ 以上80% $\dot{V}O_2\text{max}$ 未満、80% $\dot{V}O_2\text{max}$ 以上の5つのカテゴリーに分け、それぞれに相当する心拍数が公式戦の準々決勝戦、準決勝戦、決勝戦のゲーム中に占める割合を観察した。その結果、シングルスでは80% $\dot{V}O_2\text{max}$ 以上に相当する心拍数がゲーム中半数ほど占め、さらに、70% $\dot{V}O_2\text{max}$ 以上80% $\dot{V}O_2\text{max}$ 未満に相当する心拍数を合わせると9割近くを占めることが明らかとなった。一方、ダブルスでは60% $\dot{V}O_2\text{max}$ 以上70% $\dot{V}O_2\text{max}$

max未満に相当する心拍数と70% $\dot{V}O_2\text{max}$ 以上80% $\dot{V}O_2\text{max}$ 未満に相当する心拍数を合わせた割合が6割から7割程度を占めることが明らかとなった。これらのことから、シングルスのための体力向上を目的としたインターバルトレーニングなどでは、15分間以上を1つのセッションとすること、そして、そのセッションでは70% $\dot{V}O_2\text{max}$ 以上に相当する心拍数を維持すること、さらに、そのセッションの半分以上の時間は80% $\dot{V}O_2\text{max}$ 以上に相当する心拍数を獲得することの必要性が示唆された。

要 約

本研究の目的は、時間設定式のゲーム練習中の運動強度を公式競技会時の運動強度と比較することにより、そのゲーム練習の有効性を検討することであった。本研究によって得られた結果は次のとおりであった。

1. バドミントンのゲーム練習（15分を1セットとして2分のインターバルを挟み3セット行った場合）の身体負担度を心拍水準からみると、シングルスでは85%HRmax程度、ダブルスでは75%HRmax程度が平均的な値と考えられた。また、酸素摂取水準からみると、シングルスでは70% $\dot{V}O_2\text{max}$ 程度、ダブルスでは50% $\dot{V}O_2\text{max}$ 程度が平均的な値と考えられた。このことから、ダブルスのゲーム練習の身体負担度はそれほど大きくないが、シングルの身体負担度は非常に大きいことが推測された。

2. 公式競技会における身体負担度について、今回の調査対象大会で被験者は、大会4日目に試合時間19分23秒、平均運動強度77.8% $\dot{V}O_2\text{max}$ のシングルス、試合時間61分55秒、平均運動強度65.3% $\dot{V}O_2\text{max}$ のダブルス、試合時間27分30秒、平均運動強度69.0% $\dot{V}O_2\text{max}$ のダブルスの計3試合を行い、大会第5日目（最終日）に試合時間48分31秒、平均運動強度77.3% $\dot{V}O_2\text{max}$ のシングルス、試合時間26分43秒、平均運動強度79.7% $\dot{V}O_2\text{max}$

maxのシングルス、試合時間52分11秒、平均運動強度68.5% $\dot{V}O_2$ maxのダブルスの計3試合を行っている。以上の試合時間および運動強度に着目すると、この競技が想像以上に過酷なものであることが推察された。

3. 以上の比較から、15分間を1セットとし、2分間のインターバルを挟みながらシングルスゲームを3セット行うという形式の練習では公式試合と同様の身体負荷になっていることが想像された。したがって、実践的な内容の練習であると考えられた。しかしながら、シングルスと同様に行ったダブルスゲームの場合は、十分な身体負荷が得ることができておらず、練習内容としては不十分で、運動強度を高めるための方法を工夫する必要性が示唆された。

参考文献

- (1)Araragi K, Omori M, Iwata H: Work intensity of women competing in official Badminton championship games- Estimation of heart rate during games in Japanese Intercollegiate tournaments-. J Educ Health Sci 44(4), 644-658 (1999)
- (2)Haralambie G: Neuromuscular irritability and serum creatine phosphate kinase in athletes in training. Int Z Angew Physiol 31, 277-288 (1973)
- (3)Astrand P O Rhyning I: A nomogram for calculation of aerobic capacity from pulse rate during submaximal work. J Appl Physiol 7, 218-221 (1954)
- (4)Davis C T M, Sargeant A J: Physiological responses to one-and two leg exercise breathing air and 45% oxygen. J Appl Physiol 36, 142-148 (1974)
- (5)Stenberg J: The significance of the central circulation for the aerobic work capacity under various conditions in young healthy persons. Acta Physiol Scand 68 suppl, 273 (1966)
- (6)Costill D L, Branam G D, Eddy D, Sparks K: Determinants of marathon running success. Int Z Angew Physiol 29, 249-254 (1971)
- (7)Green H J: Glycogen depletion patterns during continuous and intermittent ice skating. Med Sci Sports 10, 183-187 (1978)
- (8)Jette M, Toden J S, Spence T: The energy expenditure of a 5 km ski run. J Sports Med Physical Fitness 16, 134-137 (1976)
- (9)Katch V, Wetman A, Sady S, Freedman P: Validity of the relative percent concept for equating training intensity. Eur J Appl Physiol 39, 219-222 (1978)
- (10)Skinner J S, Jamkowski LW: Individual variability in the relationship between heart rate and oxygen intake. Med Sci Sports 6, 68 (1974)
- (11)Yamaji K, Miyashita M, Shephard R J: relationship between heart rate and relative oxygen intake in male subject aged 10 to 27 years. J human Ergol 7, 29-39 (1978)
- (12)阿部一佳、渡辺雅弘、星猛、小林一敏、宮地力、前田寛、芳賀修光、佐々木純一、岡本進、内藤安雄、須田和裕：バドミントン競技（シングルス）の時間分析法の開発とその検討、昭和59年度日本体育協会スポーツ・医科学研究報告 8、327-344 (1985)
- (13)体育科学センター：スポーツによる健康づくり運動カルテ、初版第1冊、東京、講談社、1983、19P
- (14)今井創、山地啓司、関岡康雄：各運動時の心拍数からみた運動強度、新体育 50、72~78 (1980)