

女子バドミントン競技の運動強度

阿部一佳・芳賀脩光・加藤満里子*・中谷敏昭**
嶋木秀夫***・牛山幸彦****・富樫健二**

The work intensity of badminton match in Japanese top female athletes

Kazuyoshi ABE, Shukoh HAGA, Mariko KATO*, Toshiaki NAKATANI**
Hideo IKARUGI***, Yukihiko USHIYAMA**** and Kenji TOGASHI**

The purpose of this study is to investigate the work intensity during badminton matches by top athletes. The index of work intensity is expressed by using the maximum aerobic power and oxygen intake (% $\dot{V}O_2$ max) during games, heart rate responses and blood lactic acid concentrations. The subjects were eight healthy young females, whose mean age was 21. The maximum oxygen intake was measured by exercising the subjects to a point of exhaustion, by the progressive loading method. The Douglas-bag technique was utilized.

The results are as follows;

- 1) Mean values of maximum aerobic power and maximum heart rate were $55.3(\pm 3.49)$ ml/kg·min and $191(\pm 5.97)$ beats/min, respectively. Mean values of blood lactic acid measured immediately after exhaustion was $101.2(\pm 23.82)$ mg/dl.
- 2) Work and rest periods of all badminton games, by means, were of $5.9(\pm 0.65)$ and $10.7(\pm 1.38)$ seconds, respectively. Namely, rest period was 1.8 times the work period.
- 3) Mean heart rate of all subjects during games was $174(\pm 10.78)$ beats/min, $87(\pm 6.94)$ percent of the maximum heart rate. The mean values of oxygen intake during games was $33(\pm 5.70)$ ml/kg·min, $56(\pm 12.86)$ percent of maximum aerobic power. Mean blood lactic acid concentration during games was $23.3(\pm 9.14)$ mg/dl, $23(\pm 7.76)$ percent at exhaustion.
- 4) As mentioned above, The work intensity of Badminton evaluated by using the index of heart rate is a high work load to the cardiovascular system. However, the values of oxygen intake and blood lactic acid concentration is at low levels. It is thought that it is reflected in factors shown during intermittent exercise.

Key words : badminton, work intensity, heart rate, oxygen intake, lactic acid concentration

I. 緒言

今日、バドミントン競技の運動強度についての

研究では、競技時の心拍数をもとにして検討すれば男子の場合^{8),9),10),12),17),20),24),25),28)}、女子の場合^{3),21),22),26),27)}ともに比較的強度の高いスポーツであることが認められている。また、バドミントンにおける動きを分類し、消費熱量および運動強度を表す指標としてのエネルギー代謝率 (RMR) を求めている報告^{11),23)}もある。これらの研究の多く

* 日本体育協会

** 筑波大学体育研究科

*** 神戸商科大学

**** 筑波大学研究生

は被検者を一般学生あるいは中高年者の未熟練者を対象として行なっている。また、いずれの報告も運動強度を心拍数あるいはエネルギー代謝というひとつの指標からしか検討を行なっていない。

一方、バドミントン競技における一流競技者の運動強度を報告したものには、Mikkelsen¹⁶⁾がデンマークとオランダの男女一流競技者を対象として、試合時の心拍数、酸素摂取量および試合終了直後の血中乳酸値から検討している。また、我が国においてはバドミントン国際試合強化選手を対象としたもの²⁾や、大学男子選手のバドミントン競技時の同様の報告²⁴⁾がみられる。しかしながら、女子一流競技者を対象とした研究では、清水たち²¹⁾、黒田たち¹³⁾の報告があるが、試合時の運動強度に関しては心拍数の変化からのみ検討されているにすぎない。そこで本研究は、女子バドミントン競技における試合時の運動強度について、全日本実業団1位チームの女子一流競技者を被検者とし、最大運動時およびバドミントン試合時の呼吸循環機能、血中乳酸値から検討しようとするものである。

II. 方 法

(I) 被検者

被検者は、全日本実業団1位チームの女子選手8名であった。被検者の身体的特性をTable 1に示した。

(II) 研究方法

1 最大酸素摂取量およびその前後における血中乳酸値の測定

最大酸素摂取量の測定は、トレッドミルの傾斜

角度を5度に保ち、ウォーミングアップ終了後、走行開始速度を120m/minから10m/minずつ増加させ、疲労困憊(Exhaustion)に至るまでランニングを行なわせる速度漸増負荷法を用いた。運動時の採気は、ダグラスバッグ法により毎分ごとに連続して行なった。呼気ガスは、換気量を乾式ガスメーターで計量し、ガス分析をバックマンガス分析器(CO₂: LB-2, O₂: OM-11)を用いて行なった。呼吸数は、サーミスター法により測定した。心拍数は、胸部誘導心電図法(CV₅)により記録し、ランニングの妨げにならないように、左後方腰部にテレメーターを装着し、安静時は1分間、ランニング時は各分45秒から60秒の15秒間を記録しその値を1分間値に換算した。

血中乳酸値測定のための採血は、椅座位安静時およびトレッドミルランニングによる疲労困憊直後に、肘正中皮静脈より行ない、酵素法により分析した。

2 試合内容の分析及び試合時における酸素摂取量、心拍数、血中乳酸値の測定とその手順

(1) 試合内容の分析

試合はシングルスマッチ4試合を行なった。各試合におけるファーストゲームとセカンドゲームのインタータバルは1分間とし、セカンドゲームとファイナルゲームのインタータバルは3分間とした。ゲームの開始と共に、各ゲームにおける酸素摂取量測定のための呼気ガスの採気時間、各ゲームの試合時間等を正確に記録した。試合は技能水準がほぼ同程度と思われる者で対戦させた。すなわち、F.T.対K.T., A.K.対M.N., Y.K.対R.Y., K.H.対K.K.で行なった。なお、試合内容の分析は、阿部たち¹¹⁾の方法に順じて行なった。

(2) 試合時の酸素摂取量の測定

被検者にダグラスバッグを背負わせ、蛇管やマスクを試合中はずれないように特別に工夫して装着した。安静時の採気は、ウォーミングアップ前に椅座位の状態ですら3分間行なった。運動中は、試合開始後運動が有酸素的な状態に入ったと思われる3~4分、7~8分、11~12分と、ゲームが終了する時点まで3分おきに採気した。

(3) 心拍数の測定

心拍数は、最大酸素摂取量の測定と同様に、胸部誘導心電図法により記録した。テレメーターの装着については、試合の妨げにならないように、ラケットを持つ手の反対側の腰部に充分に固定し

Table 1 Characteristics of subjects

Subj.	Age (year)	Height (cm)	Weight (kg)	Career (year)
F.T.	26	167	63	8
K.T.	21	158	53	15
A.K.	24	155	50	12
M.N.	22	164	59	10
Y.K.	22	166	56	8
R.Y.	18	172	61	5
K.H.	19	164	53	7
K.K.	18	155	55	7
mean	21.3	162.6	56.3	9.0
SD	2.87	6.09	4.43	3.21

た。記録はウォーミングアップ前に安静時1分間と、各ゲーム開始後、各分45~60秒の15秒間行ない、その値を1分間値に換算した。ただし、採気中は1分間記録した。

(4) 血中乳酸値の測定

安静時の採血は、運動や食事の影響を除くため、測定日の早朝空腹時に行なった。運動時の採血は、各ゲーム終了直後に椅座位安静をとらせ、ラケットを持つ手と反対側の腕の肘正中皮静脈より行

なった。血中乳酸値の分析は、最大運動時と同様に酵素法で行なった。

III. 結 果

(I) 最大運動時における呼吸循環機能および血中乳酸値の測定結果

各被検者の安静時および最大運動時における呼吸循環機能の結果を Table 2 に示した。最大酸素摂取量 ($\dot{V}O_2\max$) の平均値は、 $3.22(\pm 0.31)l/$

Table 2 The cardiorespiratory responses of maximal exercise

Subj.	$\dot{V}O_2\max$ (l/min)	$\dot{V}O_2\max$ (ml/kg·min)	HRmax (beats/min)	$\dot{V}E\max$ (l/min)	RQ	O ₂ removal (ml/l)	O ₂ pulse (ml/beat)
F.T.	3.57	57.1	185	122.7	1.21	40.9	19.3
K.T.	3.21	59.4	185	87.3	1.03	56.2	17.4
A.K.	2.79	55.2	196	79.8	1.06	58.6	14.2
M.N.	3.62	60.3	198	123.4	1.03	50.1	18.3
Y.K.	3.54	54.1	187	118.2	1.06	54.7	18.9
R.Y.	3.06	50.0	188	100.2	1.10	43.1	16.3
K.H.	2.96	52.3	187	96.5	1.09	44.6	15.8
K.K.	2.99	54.1	199	105.8	1.06	39.3	15.1
mean	3.22	55.3	191	104.2	1.08	48.4	16.9
SD	0.31	3.49	5.97	16.33	0.06	7.45	1.85

Table 3 Analyses of badminton matches

Subj.	Time mean (min:sec)	Work Period (%)				
		1-5sec	6-10sec	11-15sec	16-20sec	21-sec
F.T. vs K.T.	10:54	32	49	16	2	1
A.K. vs M.N.	11:59	44	47	8	1	0
Y.K. vs R.Y.	6:19	41	39	13	3	4
K.H. vs K.K.	7:23	49	46	5	0	0
Mean of 4 games	9:12	41	44	10	2	3
SD	2:43	7.14	4.35	4.93	1.29	1.89

Subj.	Rest Period (%)					Work Period		Rest Period		Shots total	Shots mean
	1-5sec	6-10sec	11-15sec	16-20sec	21-sec	mean	SD	mean	SD		
F.T. vs K.T.	1	68	18	2	11	6.7	20.53	11.1	27.72	189	5.1
A.K. vs M.N.	1	60	25	4	10	5.6	23.51	11.5	24.20	182	4.4
Y.K. vs R.Y.	0	65	19	5	11	6.1	18.68	11.4	26.13	104	4.9
K.H. vs K.K.	0	87	7	3	3	5.2	25.21	8.6	37.54	112	4.1
Mean of 4 games	1	70	17	4	8	5.9	20.80	10.7	28.59	152	4.6
SD	0.58	11.80	7.50	1.29	3.86	0.65		1.38		44.95	0.46

minであった。体重1kgあたりの最大酸素摂取量($\dot{V}O_2\text{max}/\text{weight}$)の平均値は、 $55.3(\pm 3.49)\text{ml}/\text{kg}\cdot\text{min}$ であった。最高心拍数(HRmax)の平均値は、 $191(\pm 5.97)\text{beats}/\text{min}$ であった。最大換気量($\dot{V}E\text{max}$)の平均値は、 $104.2(\pm 16.33)\text{l}/\text{min}$ であった。呼吸商(RQ)の平均値は、 $1.08(\pm 0.06)$ であった。酸素摂取率($O_2\text{removal}$)の平均値は、 $48.4(\pm 7.45)\text{ml}/\text{l}$ であった。酸素脈($O_2\text{pulse}$)の平均値は、 $16.9(\pm 1.85)\text{ml}/\text{beat}$ であった。また、疲労困憊時直後の血中乳酸値(LA)は、 $76.3\sim 151.7\text{mg}/\text{dl}$ と個人差が大きいことを示し、平均値は、 $101.2(\pm 23.82)\text{mg}/\text{dl}$ であった。

(II) 試合内容の分析結果

試合内容をみるものとして、全試合の時間分析の結果をTable 3に示した。サービスを開始してからラリーが終了するまでを作業期(Work Period)とし、ラリーが終了してから再び次のサービスを開始するまでを休息期(Rest Period)とした。全被検者の作業期の平均は $5.9(\pm 0.65)$ 秒で、休息期の平均は $10.7(\pm 1.38)$ 秒であり、休息期が作業期の1.8倍になることを示した。また、ひとつの作業期の多くは、1~10秒に集中し平均で全体の85%を占めた。11~15秒のラリーは平均で全体の10(± 4.93)%で、それ以上のラリー時間は5%程度であった。一方、休息期は4試合の平均で、6~10秒が全体の70(± 11.80)%、11~15秒は17(± 7.50)%を占め、それ以上の休息期は10%程度であった。また、全試合の平均で二人が打ち合ったストローク数は、 $152(\pm 44.95)$ 回であった。ひとつの作業期の平均ストローク数は $4.6(\pm 0.46)$

Table 4 Work intensity during badminton matches

Subj.	HR (beats/min)	%HRmax (%)	$\dot{V}O_2$ (ml/kg·min)	% $\dot{V}O_{2\text{max}}$ (%)
F.T.	168	86.8	34.6	60.7
K.T.	159	77.4	33.5	52.2
A.K.	188	92.9	31.1	51.0
M.N.	178	84.0	25.7	37.5
Y.K.	162	79.3	27.3	45.7
R.Y.	174	88.0	30.4	56.1
K.H.	175	98.2	40.6	74.3
K.K.	188	90.9	41.4	73.7
mean	174	87.2	33.1	56.4
SD	10.78	6.94	5.70	12.86

* HR and $\dot{V}O_2$ are means of during badminton matches in each subject

回であった。

(III) 試合時における呼吸循環機能および血中乳酸値の変化

1 呼吸循環機能の変化

本研究における各被検者の呼吸循環機能の結果をTable 4に示した。全被検者の平均心拍数は $174(\pm 10.78)\text{beats}/\text{min}$ で、最高心拍数の87.2(± 6.94)%を示した。試合中の心拍数変動についてA.K.対M.N.の場合をFig. 1に例示した。A.K.の平均心拍数は188beats/minで、最高心拍数の92.9%を示し、M.N.の平均心拍数は178beats/minで、最高心拍数の84.0%を示した。さらに、試合時における呼吸循環機能の変動について、上記2名の被検者の場合をFig. 2に示した。また、他の被検者はA.K., M.N.の場合と同様に試合

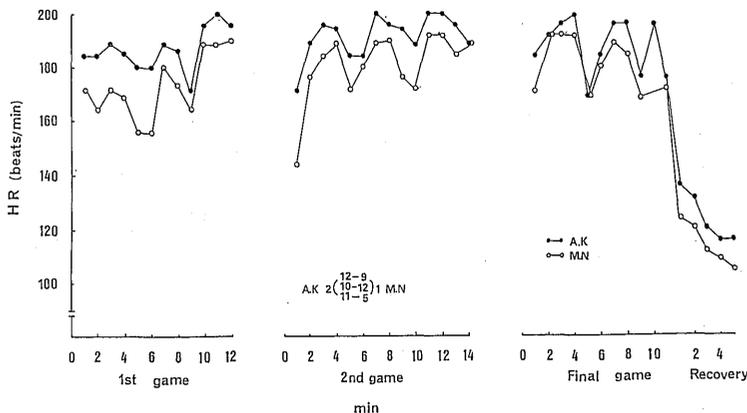


Fig.1 Changes of heart rate during singles match

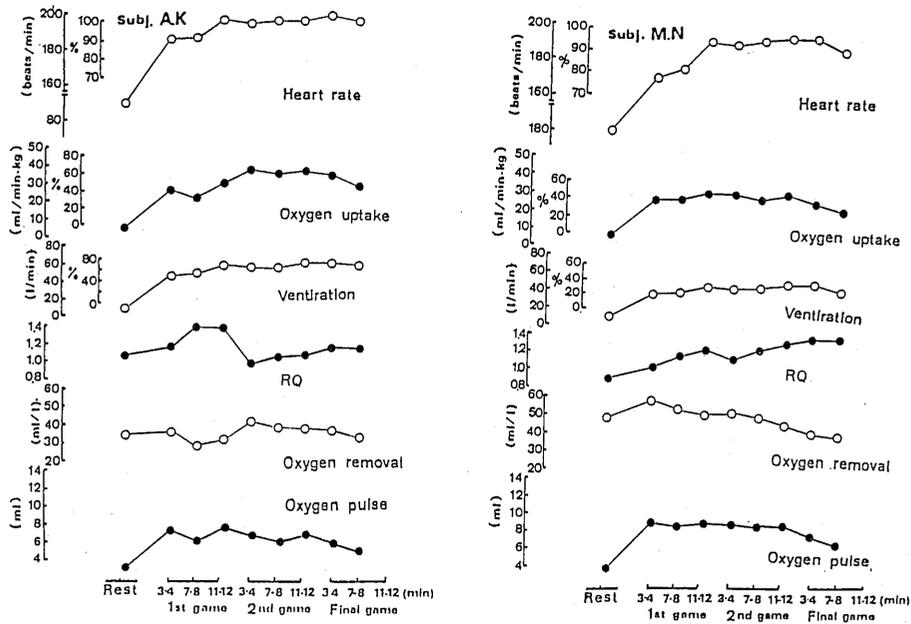


Fig.2 Changes of cardiorespiratory responses during singles match

開始2分後には165~180beats/minの心拍数レベルに達し、最高心拍数の80~95%の範囲にあった。そして、試合中は全被検者ともほとんどこのレベルを維持した。また、各被検者の試合時の酸素摂取量はおよそ30~40ml/kg・minの範囲にあり、平均値は33.1(±5.70)ml/kg・minであった。この値は最大酸素摂取量のおよそ56(±12.86)%に相当した。

2 血中乳酸値の変化

試合時における全被検者の血中乳酸値の結果は Table 5に示したように平均値で23.3(±9.14)mg/dlで、トレッドミルランニングによる最大運動直後の値(101.2(±23.82)mg/dl)の23.0(±7.76)%とかなり低値を示した。

IV. 考 察

今日、運動強度の指標として心拍数や酸素摂取量などが広く用いられている。バドミントン競技

Table 5 Changes of blood lactic acid concentration at rest, after exhaustion, and during matches

Subj.	Rest (mg/dl)	after Exhaustion (mg/dl)	after 1st. game (mg/dl)	after 2nd. game (mg/dl)	after final game (mg/dl)	mean of games (mg/dl)	% of max (%)
F.T.	8.1	91.5	7.6	12.2	21.1	13.6	14.9
K.T.	8.2	76.3	11.3	9.1	12.8	11.1	14.5
A.K.	8.4	86.6	30.3	26.2	20.7	25.7	29.7
M.N.	7.2	82.0	22.1	27.0	12.8	20.6	25.2
Y.K.	10.9	104.2	17.7	18.8		18.3	17.5
R.Y.	6.2	107.1	31.7	33.9		32.8	30.6
K.H.	10.6	151.7	22.8	37.1	21.4	27.1	17.9
K.K.	11.1	110.2	28.1	49.0	35.0	37.4	33.9
mean	8.8	101.2	21.5	26.7	20.6	23.3	23.0
SD	1.82	23.82	8.77	13.31	8.12	9.14	7.76

の場合、心拍数を指標としたものには一般学生や中高年愛好家の男子、女子を対象に、試合時の平均心拍数は140～160beats/minであることが報告^{3),8),9),13),22),25)}されている。また、トッププレーヤーについては、男子において、Mikkelsen¹⁶⁾は最高心拍数にほぼ近似したレベルを維持すると報告し、Saltin たち¹⁹⁾は175～180beats/minと報告している。国内における男子については、我々は全日本チームに選ばれた競技者を対象に試合時の平均心拍数は175beats/minに相当すると報告²⁾した。また、大学リーグ戦で活躍した競技者においてはおよそ185beats/minという報告²⁴⁾がある。一方、女子については、全日本ランキング10位以内の競技者において、平均心拍数はおよそ178beats/minという報告²³⁾がある。本研究の場合、全日本実業団1位チームの競技者における試合時の平均心拍数は174beats/minであり、これまでの報告とほぼ同じレベルを示した。この点から女子一流選手の試合時の運動強度は、心拍数からみる限り170～180beats/minレベルにあり、最高心拍数のおよそ90%程度に相当するものであろう。これは男子の報告²⁾と比較してほぼ同レベルにあり、運動強度は高いものと思われる。しかし、試合時における酸素摂取量から運動強度を検討すると、全被検者の酸素摂取量の平均値はおよそ33ml/kg・minで、最大酸素摂取量のおよそ56%に相当するものであった。このように各指標によって相違を生ずるが、酸素摂取量が低い値であったことは、バドミントン競技が持久走のように有酸素性の運動が定常状態にあるのと異なり、短時間の作業期 (Work period) と休息期 (Rest period) が交互に繰り返される間欠的運動 (intermittent exercise) の形態をなしているために酸素摂取水準が定常化せず低値になったものと考えられる。

バドミントン競技は、コートの中を複雑に移動し、加えてラケットでシャトルをストロークするという腕運動が行なわれる運動であるが、ラリーがおこなわれるひとつの作業期はわずか10秒以内で終わることが多く、こうした点からみると、試合時間全体からすれば有酸素的な運動形態を示しながらもその内容は瞬発的あるいは無酸素的な要素を示すものである。こうした運動の場合、心拍数は運動の開始と共に敏感に反応して直ちに上昇し、間欠的運動のため一時的に中断しても数秒から十数秒の休息では心拍数は高いレベルを維持し

ていくものと考えられる¹⁸⁾。CottonとDill⁵⁾は、カーディオタコメーターで運動中連続的に心拍数を記録した結果、激しい運動では運動中止後10～15秒間の心拍数は運動中のレベルを維持することを観察している。本研究では休息期の平均値は10.7秒であったが、そのような短時間の休息では心拍数の急激な低下はみられず、各々の被検者とも試合を通して高いレベルを維持したものと考えられる。しかし、酸素摂取量はバドミントン競技が間欠的運動のため継続的、持続的におこなわれる本来の有酸素性の運動形態からみる酸素摂取水準と比較して少ない。すなわち、間欠的運動のため断続的に運動を休止することが多く、酸素摂取水準は急激に減少する。Margaria¹⁵⁾は、運動中止後の酸素摂取量について、運動中止後25～30秒で運動時の二分の一になると述べている。LythgoeとPereira¹⁴⁾は、筋収縮が中断されると心臓への静脈血環流速の低下が生じ、結果として静脈環流量が減少する。従って、肺を通過する血液量及び心拍出量が低下し、このため肺で取り込まれる酸素量が減少されることになり、酸素摂取量が急速に低下すると述べている。そして、心拍出量は心拍数が高値を示しているにもかかわらず、静脈環流量の低下による一回拍出量の減少に起因して低下すると考えられる。このことは、その指標となる酸素脈がトレッドミルランニングの疲労困憊時と比較して低値を示していることから推察できる。また、呼吸器系からみた酸素摂取量は、換気量と酸素摂取率に左右されるが、両者とも試合時においては低値を示している。これらも短時間であるが休息期の混入の影響によるものと思われる。

次に血中乳酸値について検討を加えたい。試合時の血中乳酸値は11.1～37.4mg/dlの範囲で、全被検者の平均値は23.3mg/dlと安静時の値よりわずかに上昇しただけで最大運動直後の値と比較して非常に低値を示した。このようにバドミントン競技の試合時において血中乳酸値が低値を示したことも、間欠的運動形態の影響によるためであろう。Astrand⁴⁾は、10秒間の激運動後20秒間の休息を与えるという運動を30分間実施させ、血中乳酸値を検討しているが、そうした状態の運動では血中乳酸値が20mg/dl以上には達しないと述べている。これについては、Fox⁷⁾が運動中のミオグロビンの働きについて次のように述べている。すなわち、酸

化ミオグロビンの貯蔵は筋にとって迅速な酸素の供給源となり、運動の初期に呼吸循環器系が十分な酸素を供給できるようになるまでの間、筋中のミオグロビンと結びついた酸素が供給され、その量はたとえ少ないにしても、筋と血液中の乳酸蓄積を抑える助けになる⁹⁾。従って、特に間欠的運動ではこの働きが著明で、さらに休息期間内に作業時に使用された酸素の補充が可能であり、次の運動に再び使用することができるとしている。本研究の場合、全被検者における作業期の平均が5.9秒、休息期の平均が10.7秒であり、1ゲーム平均9分12秒を2ないし3ゲーム行なった。各ラリーの初期、あるいは試合の前半においては酸素を取り込むという有酸素的な働きが十分に機能していないために、酸素不足 (O_2 deficit) の状態がおきて、あらかじめ骨格筋内でミオグロビンと結びついた酸素が使用されると推察される。また、休息期が作業期の約1.8倍と長く、使用した酸素の幾分かを補充し、次の運動の遂行を可能にしているものと考えられる。そして、ラリーが長くなるにつれあるいは試合が進行するにつれて、有酸素系による酸素の補充が充分となり、有酸素的な運動へ移行していくものと考えられる。こうしたことから、血中乳酸値が低値を示す原因となったものと考えられる。

また、筆者たちが報告²⁾した男子バドミントン競技者の場合と比較してみると、心拍数はほぼ同レベルであり、酸素摂取量はおよそ15%の低値を示し、血中乳酸値はほぼ同レベルを示し、酸素摂取水準はおよそ20%低値を示した。男子競技者においては作業期の全被検者の平均が6.4(±0.17)秒、休息期が8.8(±0.43)秒で、休息期が作業期の約1.4倍であるのに対し、女子競技者の場合では作業期の全被検者の平均が5.9(±0.65)秒、休息期が10.7(±1.38)秒で、休息期が作業期の約1.8倍であった。このように男子に比べて女子の場合、作業期に比べて休息時間が長くなることは、回復期に酸素負債量を補充する酸素の量を多くさせ、結果として作業期に要求した酸素摂取量レベルを低下させる原因になったものと考えられる。

以上のように、バドミントン競技の運動強度を心拍数を指標として検討するならば、試合全体にわたって高い強度を継続し循環器系に大きな負荷を与えるという傾向を示すが、酸素摂取量や血中乳酸値からみると値は低い。このことは、バドミ

ントン競技が数秒の動作後に休息をとるという間欠的な運動の特徴を反映しているものと思われる。

V. 要 約

- 1) 本研究はバドミントン競技において日本を代表する女子一流競技者を被検者とし、試合時の運動強度を酸素摂取量、心拍数及び血中乳酸値を指標として検討を行なった。
- 2) 最大酸素摂取量の平均値は55.3(±3.49)ml/kg・min、最高心拍数の平均値は191(±5.97)beats/minであった。また、疲労困憊時直後の血中乳酸値の平均値は101.2(±23.82)mg/dlであった。
- 3) 試合時における作業期と休息期について、全試合の平均値はそれぞれ5.9(±0.65)秒と10.7(±1.38)秒となり、休息期が作業期のおよそ1.8倍となった。
- 4) 試合時について、平均心拍数は174(±10.78)beats/minで、最高心拍数のおよそ87(±6.94)%を示した。酸素摂取量は33.1(±5.70)ml/kg・minで、最大酸素摂取量のおよそ56(±12.86)%に相当した。また、血中乳酸値の平均値は23.3(±9.14)mg/dlで、最大運動直後の値の23(±7.76)%であった。
- 5) 以上のことから、バドミントン競技の運動強度を心拍数を指標としてみると循環器系に大きな負荷を与えるが、酸素摂取量や血中乳酸値からみると強度は低い。これは間欠的運動という特性を反映しているものと思われる。

引 用 文 献

- 1) 阿部一佳, 渡辺雅弘, 星猛, 小林一敏, 宮地力, 前田寛, 芳賀脩光, 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
- 2) 阿部一佳, 芳賀脩光, 中谷敏昭, 鶴木秀夫, 牛山幸彦, 富樫健二: 男子バドミントン競技の運動強度について. : 投稿中
- 3) 浅見俊雄, 佐野裕司, 広田公一, 生田香明: バドミントンおよびテニスの運動強度について—中高年女子初心者の場合—, 体育科学 6: 38-42, 1978
- 4) Astrand, I., P.-O. Astrand, E.H. Christensen, and R. Hedman: Myohemoglobin as an oxygen-store in man. Acta. Physiol. Scand.

- 48: 454, 1960.
- 5) Cotton, F.S. and D. B. Dill: On the relation between the Heart-Rate during Exercise and That of Immediate Post-Exercise Period. *Amer. J. Physiol.* 111: 554, 1935.
 - 6) Depocas, F., Y. Minaire, and J. Chatonnet: Rates of formation and oxidation of lactic acid in dogs at rest and during moderate exercise. *Can. J. Physiol. Pharmacol.* 47: 603-610, 1969.
 - 7) Fox, E.L., 渡辺和彦訳: スポーツ生理学, 大修館書店: 62-70, 1982
 - 8) 広田公一, 豊田博, 青山昌二, 遠藤郁夫, 野崎康明, 山本恵三, 北川薫, 吉沢久夫, 中塘二三男, 島津大宣, 竹内正雄, 清水教永: 大学正課体育体育実技の教育効果に関する研究(6)正課体育実技における各種スポーツゲーム実施中の心拍変動について, 東京大学体育学紀要 7: 1-6, 1973
 - 9) 星川保, 村瀬豊, 水谷四郎, 松井秀治: 呼吸循環機能改善刺激としてのレクリ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, ゴルフ実施時の心拍数, 酸素摂取量, 酸素需要量, RMR—, 体育科学 6: 77-89, 1978
 - 10) 今井創, 山地啓司, 関岡康雄: 各種運動時の心拍数からみた運動強度, 新体育50: 72-78, 1980
 - 11) 石河利寛, 広田公一, 和泉貞男, 佐藤良子, 松井秀治, 広沢昭男: バドミントンにおける男子学生のエネルギー代謝について, 体育学研究 3: 70-75, 1958
 - 12) 加賀谷瀬彦: ラケットを用いる球技の心拍数, 体力科学24: 109-110, 1975
 - 13) 黒田善雄, 伊藤静夫, 塚越克己, 雨宮輝也, 鈴木洋児: 女子バドミントン選手の $\dot{V}O_2\max$ と O_2 Debt max, 研究報告集日本体育協会スポーツ科学委員会: 1-27, 1973
 - 14) Lythgoe, R. J. and J.R. Pereira: The pulse rate and oxygen intake during the early stages of recovery from severe exercise. *Proc. Roy. Soc. London. S. B.*, 93: 468-479, 1925.
 - 15) Margaria, R., 金子公宥訳: 身体運動のエネルギー, ベースボールマガジン社: 16-21, 1978
 - 16) Mikkelsen, F.: Physical demands and muscle adaptation in elite badminton players. *Science in racquet sports*: 55-68, Academic Publishers, 1979.
 - 17) Rittel, H.F. und E. Waterloh: Radiotelemetrie bei Tennis-, Badminton-, und Tischtennis-spielen. *Sportarzt and Sportmedizin* 26: 177-181, 1975.
 - 18) Royce, J.: Active and passive recovery from maximal aerobic capacity work. *Int. Z. angew. Physiol.* 28: 1-8, 1969.
 - 19) Saltin, B., B. Essen, and P.K. Pedersen: Intermittent Exercise: its physiology and some practical applications. *Medicine Sport* 9: 23-51, 1976.
 - 20) 関一誠, 小野沢弘史, 宮崎政己: 全日本教職員バドミントン大会における試合中のプレイヤーの心拍数変動, 早稲田大学体育研究紀要14号: 35-44, 1982
 - 21) 清水教永, 豊田博, 南匡泰: バドミントン試合中における心拍数の変動について, 日本体育学会第24回大会号: 275, 1973
 - 22) Skubic, V. and J. Hodgkins: Relative strenuousness of selected sports as performed by woman. *Res. Quart.* 38: 305-313, 1967.
 - 23) 高木公三郎, 木内一生, 伊藤稔, 吉岡文雄: バドミントンにおける女子学生のエネルギー代謝について, 体育学研究 3: 70-75, 1958
 - 24) 高橋裕美, 浅野勝己, 三橋利彦: バドミントン競技時の運動強度に関する研究, いばらき体育・スポーツ科学第2号: 33-38, 1987
 - 25) 高橋保則, 荒木武, 鈴木邦雄: バドミントンの運動強度(3), 一学生と中高年者との比較—, 大阪体育学研究22: 81-85, 1984
 - 26) 竹中千代子, 伊藤稔, 伊藤一生, 前田喜代子: 女子学生のバドミントンにおける心拍数変動に関する研究, 日本体育学会第28回大会号: 304, 1977
 - 27) 漆原誠, 前出哲子, 土屋典子, 本多宏子, 遠井稔男, 池田舜一, 吉沢茂弘: 高校女子バドミントン選手の心拍数変動を中心にしたゲームおよび練習の分析, 体育の科学35: 851-857, 1985
 - 28) 吉田勝志, 下田次雄, 渡部香, 金子修己, 池田隆二: 心拍数による正課体育バドミントンのゲーム時間の検討. 日本体育学会第29回大会号: 278, 1978