

心率和血乳酸监控在女子羽毛球训练的实验

刘兰财¹, 肖杰²

(1. 南京信息工程大学滨江学院, 江苏 无锡 214105; 2. 首都体育学院研究生部, 北京 100191)

摘要:通过研究羽毛球运动员专项步法运动后心率与血乳酸浓度变化的相关性,可以准确地监控运动员的训练负荷。方法:以我国20名优秀青少年女子羽毛球运动员(单打双打项目各10名)为研究对象,在羽毛球单打场地的半场四角分别放置5个羽毛球,让运动员以最快的速度依次推倒所有羽毛球,测定运动后1到5分钟内的速率(HR)和血乳酸(BLa)值。结果:在专项步法测试后的5分钟恢复期内,运动员的心率恢复和乳酸清除都具有明显的快速期(前2分钟)和慢速期(后3分钟)的区分,且单打运动员在快速恢复期内具有更好的心率恢复能力;专项步法测试后心率恢复率和血乳酸消除率与测试成绩具有显著的相关性,且单打运动员具有更强的乳酸生成和消除能力;心率恢复期和血乳酸恢复期之间没有显著相关性,但运动后的血乳酸峰值与5分钟内的速率恢复期呈负相关性($r = -0.72, P < 0.01$),其中血乳酸峰值与快速恢复期呈负相关($r = -0.65, P < 0.01$),但与慢速恢复期呈正相关关系($r = 0.48, P < 0.05$)。结论:2分钟内的快速恢复期与局间间歇时间相同,且速率下降乳酸升高,可作为专项耐乳酸训练的间歇时间。恢复期内血乳酸峰值与不同速率恢复时间段具有不同的相关性,根据具体时间的关联性可以利用速率较准确的预测血乳酸峰值,更好地监控运动员的训练负荷。

关键词:监控;女子;心率;乳酸;羽毛球

中图分类号:G804.52

文献标识码:A

文章编号:1007-7413(2020)04-0059-07

Research on Heart Rate and Blood Lactic Acid Monitoring in the Special Training of Female Badminton Players

LIU Lan-cai¹, XIAO Jie²

(1. Nanjing University of Information Science and Technology Binjiang College, Wuxi 214105;

2. Graduate Department of Capital University of Physical Education and Sports, Beijing 100191)

Abstract: By studying the correlation between the heart rate and blood lactate concentration after the special footwork of badminton athletes, the training load can be monitored more accurately. Methods: 20 outstanding teenagers in China women's badminton players (singles & doubles each 10) as the research object, the four corners were placed in the badminton singles site half 5 badminton, badminton athletes at the fastest speed in turn down all, determination of 1 to 5 minutes after exercise heart rate (HR) and blood lactic acid (BLa) value. Results: 1) during the 5-minute recovery period after the special footwork test, both the heart rate recovery and the lactic acid removal had obvious differences between the rapid period (the first 2 minutes) and the slow period (the last 3 minutes), and the singles athletes had better heart rate recovery ability during the rapid recovery period. 2) the recovery rate of heart rate and the elimination rate of blood lactic acid have a significant correlation with the test results after the special footwork test, and the singles athletes have a stronger ability to generate and eliminate lactic acid. 3) there was no significant correlation between heart rate convalescence and blood lactic acid convalescence, but the peak value of blood lactic acid after exercise was negatively correlated with the 5-minute heart rate convalescence ($r = -0.72, P < 0.01$), which was negatively correlated with the rapid convalescence ($r = -0.65, P < 0.01$), but positively correlated with the slow convalescence ($r = 0.48, P < 0.05$). Conclusion: the 2-minute period of rapid convalescence is the same as intersession interval time, during this period the heart rate drops and the lactic acid increases, can be used as the interval time of special anti-lactic acid training. The peak value of blood lactic acid has different correlation with the recovery period of different heart rates, so one index value cannot be used to predict another index value simply.

Key words: Monitoring; Female; Heart rate; Lactic acid; Badminton

心率(HR)和血乳酸浓度(BLa)常用来监测运动员训练强度和恢复情况,从而为制定训练计划和体能检测提供可靠的支持,并得到了广大教练员广泛认可^[1-2]。通过对田径、游泳、滑冰、跆拳道等众多运动项目的研究发现,这两个参数都会在运动员的运动过程中和运动后发生相应的变化^[3-6]。据相关研究表明,心率恢复、血乳酸清除能力与运动强度、运动成绩以及体能水平都有相关性^[7],但两者之间是否具有直接相关性并不明确,大多数关于心率和血乳酸的研究都从项目特点、负荷强度、运动形式等角度进行分析^[7-9],研究的时间范围主要集中在运动后 5~30 分钟内^[10-13],而 5 分钟内甚至 2 分钟内的相关性研究很少。羽毛球运动作为一种高强度间歇性对抗项目,运动强度大,比赛的间歇时间短(单分之间间歇不超过

60 秒,局间间歇不超过 2 分钟)。因此,针对羽毛球运动员高负荷运动后在短时间内的速率恢复与血乳酸浓度变化关系进行研究,更加接近运动专项特点。本文通过对优秀青少年女子羽毛球运动员专项步法的测试(半场场地 4 角 20 个球),测量 5 分钟恢复期内的速率和血乳酸浓度值及峰值,并对两者间的相关性加以分析,以期专项训练强度监控提供更加科学的参考。

1 研究对象与方法

1.1 研究对象

以年龄在 15~19 岁之间的国家青年队 20 名运动员(10 名单打运动员,10 名双打运动员)作为研究对象,具体信息见表 1。

表 1 相关特征指标的初始值($\bar{x} \pm SD$)

变量	单打运动员		双打运动员	
	样本量	数值	样本量	数值
年龄	10	18.1 \pm 0.88	10	18.30 \pm 1.20
身高/cm	10	168.2 \pm 4.52	10	171.0 \pm 3.30
体重/kg	10	61.5 \pm 6.64	10	60.4 \pm 4.50
初始血乳酸浓度 mMol/L	10	1.83 \pm 0.20	10	1.74 \pm 0.42
初始心率/bpm	10	64.2 \pm 3.32	10	62.3 \pm 3.10

1.2 研究方法

1.2.1 实验设计

如图 1 所示,在单打场地的半场内,单打边线与前发球线和端线的四个交汇点分别放置 5 个羽毛球,在中线距离前发球线 1.5 米处画一个半径 0.5 米的圆圈,运动员在圆圈内做好准备,计时开始后按编号路线移动至交汇点并快速推倒一个球,然后回到中心圈内(一只脚踏入即可),再快速移动至下个交汇点,直至全部推完,不用再回中心。

1.2.2 试验实施

在体能训练前应在安静状态下进行心率、血乳酸浓度以及基本形态检测,充分热身后进行专项步法测试,记录测试成绩并测量两个生理变量恢复值:第一个变量是 5 分钟的心率恢复期(HRREC),前 2 分钟每 30 秒记录一次心率值,后 3 分钟每 1 分钟记录一次;第二个变量是 5 分钟的血乳酸恢复期(BLaREC),从测试结束即刻到 5 分钟后,每分钟测定一次。

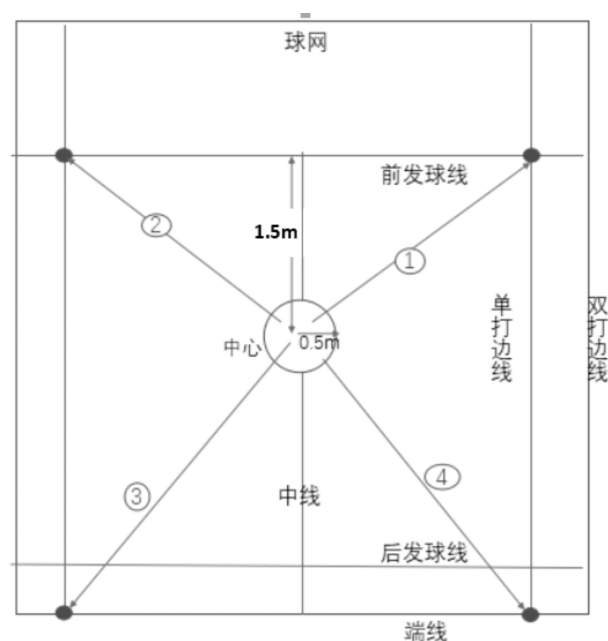


图 1 四角测试移动路线图

1.2.3 血液采集与分析

通过 Polar 表 (RS800sd) 监测心率恢复期的心率,并通过指尖采血技术收集血乳酸浓度样品,用乳酸盐分析仪 (YSI - 1500, USA) 对血乳酸浓度进行测定。

1.2.4 数据处理

所有测试结果均采用平均值 ± 标准差 ($\bar{x} \pm SD$) 表示,使用 Spss19.0 分析软件进行数据分析,采用单因素方差分析的方法进行差异性检验分析, $P < 0.05$ 表示差异显著,应用相关矩阵的方法测定心率和血乳酸之间的关系,并生成一个用于表示 HRREC/BLa 峰值比值的指数。

2 实验结果

2.1 不同项目女子羽毛球运动员测试成绩及运动后生理参数

研究结果显示,青少年女子羽毛球运动员完成 4 角专项步法测试后,其心率的平均峰值 (HR0) 水平相当于预测最大心率的 90 %^[10],在测试后 5 分钟内单、双打运动员心率分别恢复到 93 ± 13bpm 和 94 ± 11bpm,其中,约 80 % 的心率恢复发生在前 2 分钟,剩下 20 % 发生在恢复期的第 2 分钟到第 5 分钟之间。单、双打运动员血乳酸的峰值 (PEAKBLa) 分别为 7.25 ± 1.45 m Mol 和 7.25 ± 1.66,两者非常接近,峰值均出现在第二分钟,从恢复期的第 2 分钟到第 5 分钟 (BLaREC25) 该峰值约下降了 10 % (见表 2),单、双打运动员之间在测试成绩、各时间段的心率和血乳酸值方面均没有显著性差异 ($P > 0.05$)。

2.2 心率峰值、心率恢复率及其与测试成绩相关性分析

从统计结果发现 (见表 3),单双打运动员的心率峰值均出现在运动后即刻,双打运动员的峰值心率略高于单打运动员,随后二者都迅速下降,心率恢复的速率随着时间的延长逐渐减小。其中,单打运动员在前 90 秒内的心率恢复速度明显快于双打运动员;90 秒以后,双打运动员的心率恢复速度快于单打运动员;通过各时间段之间心率恢复速度的比较发现。单、双打运动员心率恢复率的差异性非常一致,除 0 秒、30 秒、90 秒和 120 秒,以及 120 秒到 300 秒之间没有显著性差异外,其他各时间段之间均有显著性差异 ($P < 0.05$),通过方差分析对比显示,单、双打运动员之间的心率恢复没有显著性差异 ($P > 0.05$)。

表 2 测试成绩及运动后生理参数值

变量	单打运动员	双打运动员
测试成绩 (S)	37.90 ± 1.03	38.52 ± 1.3
HR0 (bpm)	177 ± 7	181 ± 5
HR30 (bpm)	163 ± 11	176 ± 9
HR60 (bpm)	138 ± 15	142 ± 11
HR90 (bpm)	119 ± 17	125 ± 16
HR120 (bpm)	106 ± 18	111 ± 19
HR180 (bpm)	99 ± 14	109 ± 13
HR240 (bpm)	96 ± 15	99 ± 15
HR300 (bpm)	93 ± 13	94 ± 11
LACTATE0 (mMol)	6.95 ± 1.63	6.97 ± 1.58
LACTATE1 (mMol)	7.13 ± 1.43	7.10 ± 1.32
LACTATE2 (mMol)	7.25 ± 1.45	7.25 ± 1.66
LACTATE3 (mMol)	6.99 ± 1.58	7.13 ± 1.79
LACTATE4 (mMol)	6.68 ± 1.51	6.97 ± 1.31
LACTATE5 (mMol)	6.54 ± 1.62	6.77 ± 1.42

注:HR0—HR300 是运动后即刻至 300 秒的心率,LACTATE0—LACTATE5 是运动后即刻至运动后 5 分钟的血乳酸浓度值。

表 3 运动员心率峰值及心率恢复率对比表

心率恢复率	单打运动员	双打运动员
0 S PEAKHR (bpm)	177 ± 7 [#]	181 ± 5 [#]
30 S HRREC (bpm)	28.3 ± 5.6 [#]	27.4 ± 6.8 [#]
60 S HRREC (bpm)	25.6 ± 7.7 [*]	21.1 ± 5.4 [*]
90 S HRREC (bpm)	19.5 ± 6.5 [☆]	18.8 ± 6.3 [☆]
2 min HRREC (bpm)	11.2 ± 2.75 ^{△※}	15.5 ± 4.5 ^{△※}
3 min HRREC (bpm)	7.43 ± 2.57	11.2 ± 3.8
4 min HRREC (bpm)	4.51 ± 1.85	6.9 ± 4.5
5 min HRREC (bpm)	3.33 ± 1.21	5.3 ± 2.4

注: * 表示与所有时间段有显著差异 $P < 0.05$, # 表示与 60 秒后的各时间段有显著差异 $P < 0.05$, ☆ 表示与 60 秒内各时间段有显著差异 $P < 0.05$, △ 表示与 90 秒内时间段有显著差异 $P < 0.05$, ※ 表示与 180 秒后各时间段有显著差异 $P < 0.05$ 。

由于单双打运动员心率恢复没有显著性差异,所以将

两者的相关数据合并后与测试成绩进行 Pearson 相关性分析(见表 4),经实验后发现,除了心率峰值与测试成绩没有显著相关外($P > 0.05$),2 分钟以内的心率恢复与测试成绩具有极显著相关性($P < 0.01$),第 2-5 分钟的心率恢复也与测试成绩有显著相关性($P < 0.05$)。

表 4 心率峰值及心率恢复率与成绩相关性

变量	r 值	P 值
PEAKHR(bpm)	0.185	0.062
0-30 S HRREC(bpm)	0.685**	0.001
30-60 S HRREC(bpm)	0.383**	0.001
60-90 S HRREC(bpm)	0.825**	0
90S-2 min HRREC(bpm)	0.196**	0.007
2-3 min HRREC(bpm)	0.585*	0.012
3-4 min HRREC(bpm)	0.027*	0.015
4-5 min HRREC(bpm)	0.125*	0.036

注: * 表示显著相关 $P < 0.05$, ** 表示极显著相关 $P < 0.01$ 。

2.3 血乳酸峰值、血乳酸消除率及其与测试成绩相关性

数据结果显示(表 5),单双打运动员在测试后的血乳酸峰值非常接近,分别是 7.25 ± 1.48 和 7.25 ± 1.96 ,峰值均出现在运动后的 2 分钟前,单打运动员在前 2 分钟内的乳酸增长速度略高于双打运动员,第 2 分钟乳酸浓度开始出现明显的下降,并且单打运动员下降速度明显快于双打运动员,但并没有显著差异性($P > 0.05$)。

表 5 运动员乳酸消除率对比表

运动后乳酸峰值及消除率 (mMol/Lmin^{-1})	单打运动员	双打运动员
PEAKBLa	7.25 ± 1.48	7.25 ± 1.96
0-1minLACTATE	-0.18 ± 0.09	-0.13 ± 0.05
1-2minLACTATE	-0.12 ± 0.05	-0.15 ± 0.06
2-3minLACTATE	0.26 ± 0.11	0.12 ± 0.08
3-4minLACTATE	0.31 ± 0.19	0.27 ± 0.09
4-5minLACTATE	0.14 ± 0.05	0.20 ± 0.05

经方差分析发现单双打项目之间的乳酸消除率不存在显著性差异,故将数据合并进行分析,通过 pearson 相关分析后发现(图 2),血乳酸消除率与测试成绩呈正相关性($P > 0.05$)。其中,血乳酸峰值、前 2 分钟乳酸消除率与测试成绩呈现极显著相关性($P < 0.01$),第 2 分钟到第 5 分钟的乳酸消除率与测试成绩也有显著性相关($P < 0.05$)(表 6)。

表 6 乳酸消除率与成绩相关性

时间段	r 值	P 值
PEAKBLa	0.185**	0.000
0-1min LACTATE	0.383**	0.000
1-2min LACTATE	0.225**	0.000
2-3min LACTATE	0.196*	0.015
3-4min LACTATE	0.585*	0.037
4-5min LACTATE	0.127*	0.032

注: * 表示显著相关 $P < 0.05$, ** 表示极显著相关 $P < 0.01$ 。

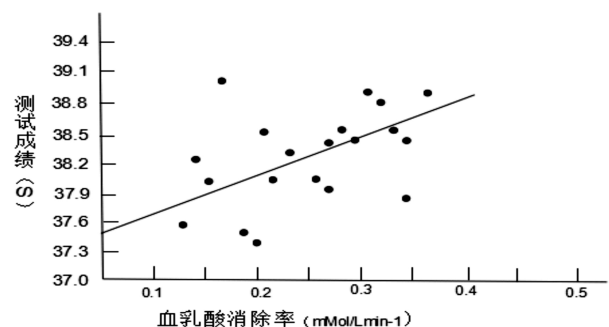


图 2 乳酸消除率与测试成绩相关性

2.4 心率恢复与血乳酸消除率及血乳酸峰值相关性

表 7 显示了心率恢复与血乳酸消除及峰值之间的相关性,单个心率恢复期与血乳酸恢复期之间均不存在相关性,然而,整个心率恢复期与血乳酸恢复呈负相关但不显著($r = -0.02, P > 0.05$)。经测试后发现血乳酸的峰值与心率恢复期的测量值相关。我们发现了以下两种趋势:第一,血乳酸的峰值与恢复过程中不同时间间隔的心率绝对值之间具有相关性,并随着恢复时间的增加而增强,直到恢复期的第 2 分钟才趋于平稳(从 0 秒时的 $r = -0.25, p > 0.05$ 到 120 秒时的 $r = 0.63, p < 0.01$)。第二,血乳酸的峰值与 HRREC5($r = -0.72, p < 0.01$)呈负相关。然而,

当总心率恢复期被分解成前 2 分钟与后 3 分钟两部分进行比较时,血乳酸峰值与前 2 分钟呈负相关($r = -0.65, p < 0.01$),但是到第 2 ~ 5 分钟,他们之间又变成了正相关($r = 0.48, p < 0.05$)。另外,三个指数中 INDEX02 和 INDEX05 之间相关系数高达 0.93,具有极显著相关性(表 8)。

表 7 心率及心率恢复率与乳酸峰值及消除率相关性 ($n = 20$)

Time	PEAKBLa	LACREC15
HR0(bpm)	$r = -0.25^{**}$	
HR30(bpm)	$r = 0.12$	
HR60(bpm)	$r = 0.24$	
HR90(bpm)	$r = 0.56^{**}$	
HR120(bpm)	$r = 0.63^{**}$	
HR180(bpm)	$r = 0.52^{**}$	
HR240(bpm)	$r = 0.54^{**}$	
HR300(bpm)	$r = 0.61^{**}$	
HRREC2(bpm)	$r = -0.65^{**}$	$r = -0.01$
HRREC5(bpm)	$r = -0.72^{**}$	$r = -0.02$
HRREC15(bpm)	$r = -0.39$	
HRREC905(bpm)	$r = 0.07$	
HRREC25(bpm)	$r = 0.48^{*}$	$r = -0.01$
HRREC35(bpm)	$r = -0.02$	
HRREC45(bpm)	$r = 0.03$	

注: * 表示显著相关 $P < 0.05$, ** 表示极显著相关 $P < 0.01$ 。

表 8 三个生成指标的 Pearson 相关系数和显著性水平 ($n = 20$)

	INDEX02	INDEX25
INDEX02	—	
INDEX25	$r = -0.46^{*}$	—
INDEX05	$r = 0.93^{**}$	$r = -0.25, .$

注: * 表示显著相关 $P < 0.05$, ** 表示极显著相关 $P < 0.01$ 。INDEX02 = HRREC2/PEAKBLa; INDEX05 = HRREC5/PEAKBLa; INDEX25 = HRREC25/PEAKBLa。

3 分析讨论

3.1 青少年女子羽毛球运动员心率恢复特点

据羽毛球比赛规则规定,每局进行到 11 节时有不超 60 秒的间歇时间,局间有不超 120 秒的间歇时间,而每节结束后虽然没有明确的间歇时间规定,但为保证比赛的连续性,运动员间歇时间一般不超 30 秒。从统计结果可以发现,心率峰值出现在运动后即刻,心率在运动结束后的 5 分钟内一直呈下降的趋势,而且在前 2 分钟的下降速度明显快于后 3 分钟,我们暂且称前 2 分钟为快速恢复期,后 3 分钟为慢速恢复期,快恢复期和慢恢复期内心率可以恢复约 50 %,快速恢复期虽然时间短,但是恢复的速率大,约占 5 分钟内总心率恢复的 80 % ;慢速恢复期虽然长,但心率恢复只占到 5 分钟内总心率恢复的 20 % 左右,即使两个恢复阶段的下降程度不同,却没有呈现出显著的差异性。这种心率恢复速率随时间延长逐渐变小的趋势与以往研究结果基本一致^[11-12]。

快速恢复期的时间正好和规则规定的局间休息时间一致,也就是说运动员在不进行积极恢复的情况下,通过局间休息就可以使心率恢复 40 % 左右。就不同项目而言,虽然单、双打运动员之间的心率恢复没有显著性差异 ($P > 0.05$),但单打运动员在前 90 秒内的心率恢复速度明显快于双打运动员,在实际比赛过程中,单节之间的间歇时间一般不超 60 秒,所以,在有效的间歇时间内单打运动员比双打运动员心率恢复得更快。双打运动员由于是两人配合比赛,比赛耗能强度比单打运动员低,对心肺功能的要求也相对较低。从心率恢复与测试成绩相关性研究发现,无论是单打运动员还是双打运动员,其测试成绩与心率恢复率有很大的相关性,尤其是前 2 分钟内的快速恢复期与测试成绩有极显著相关性,心率恢复率越快测试成绩越好(耗时越短)。

由此可见,羽毛球运动员心率恢复具有明显的快速期和慢速期区分,在快速恢复期内的心率恢复率与步法移动速度具有极显著相关性,且单打运动员比双打运动员具有更好的心率恢复能力。因此,提高快速恢复期的心率恢复能力对增强运动员的步法移动能力具有重要意义。局间间歇时间与快速恢复期情况相同,间歇时间符合运动员心率恢复规律,比较合理。

3.2 青少年女子羽毛球运动员运动后血乳酸恢复特点

运动后的血乳酸浓度变化与心率变化不同,血乳

酸浓度在运动后的 2 分钟内依然呈上升趋势,血乳酸峰值出现在运动后的 2 分钟左右,虽然不同项目的血乳酸峰值相差不大,但单打运动员的增长速度明显高于双打运动员。在运动后 2 分钟血乳酸达到峰值后单双打运动员同时出现浓度下降的趋势,虽然没有统计学意义上的差异性($P > 0.05$),但单打运动员的下降速度明显快于双打运动员。由此可见,无论是血乳酸生成能力还是消除乳酸能力,单打运动员都比双打运动员强,这与单打运动员体能消耗有很大关系,单打半场的面积是 34.17 平方米,而双打半场的面积是 40.87 平方米,单打运动员的防守面积是双打运动员的 1.67 倍,这就要求单打运动员拥有更好的体能素质。

四角专项步法测试成绩为 38.21 ± 1.05 秒,运动员在这个时间内不仅要完成 140 多米的跑动距离,还需要完成大量的转身变向、启动制动和弯腰等动作,运动强度很大,且与实际比赛运动形式相似度较高。根据测试成绩与血乳酸消除率的相关性分析可以发现,无论单打运动员还是双打运动员血乳酸消除率与测试成绩均呈正相关性($P > 0.05$)。其中,血乳酸峰值、快速恢复期乳酸消除率与测试成绩呈现极显著相关性($P < 0.01$),慢速恢复期的乳酸消除率与测试成绩也有显著性相关($P < 0.05$)(表 6)。有研究显示,女子羽毛球运动员在超过 10 秒的多拍多抗过程中,糖酵解无氧供能比例开始大幅增加,而当今女子比赛中,超过 10 秒的多拍对抗比例大幅提高,糖酵解供能必然会产生大量乳酸,运动员在激烈的对抗过程中,耐乳酸能力和消除乳酸的能力将会对比赛的结果产生重大的影响。

从实验结果可以发现,青少年女子羽毛球运动员血乳酸消除率与专项步法成绩具有显著的相关性,且单打运动员较双打运动员具有更强的乳酸生成和消除能力;专项步法运动后的 2 分钟快速恢复期内心率快速恢复而血乳酸浓度呈上升趋势,将快速恢复期作为专项步法耐乳酸训练的间歇时间,符合乳酸最大积累效应,值得借鉴。

3.3 青少年女子羽毛球运动员运动后血乳酸与心率恢复相关性特点

有关运动后心率恢复和血乳酸的研究主要集中在针对运动强度、运动时间、运动成绩与运动后心率恢复和乳酸恢复的关系的探讨上,而针对运动后心率恢复和血乳酸恢复两者之间的研究较少,且主要集中在研究运动后较长时间(10 分钟甚至更多)内乳酸的

去除与心率恢复的关系^[10]。由于羽毛球比赛的局间休息时间不超过 2 分钟,加上运动员拖延或医疗暂停一般不会超过 5 分钟,所以在这段时间内羽毛球运动员的乳酸和心率恢复情况及两者间的关系更加值得关注。

从数据分析可以看出,血乳酸恢复期和心率恢复期并没有显著相关性,心率在运动后即刻下降,而血乳酸浓度的下降具有明显的滞后性,这可能是由于所涉及的机制不同心率恢复的控制机制更多的是一种神经调控的机制^[13-14],而血乳酸恢复的机制相对来说更具有心血管代谢的性质,神经调控更加敏感,反应时间短且变化明显,而心血管代谢多受激素等化学因子影响,反应慢,作用时间长且有滞后性^[15]。

与血乳酸恢复期不同,血乳酸峰值与心率恢复期呈相关性。在恢复期的前一分钟,心率与血乳酸峰值之间没有显著关系,但在第 1.5 分钟至 5 分钟之间,任何特定时间内血乳酸峰值与心率恢复均有显著性趋势,这种趋势在第 2 分钟时最强($r = 0.63, p < 0.01$)。从时间段来看,血乳酸峰值与整个 5 分钟内的速率恢复期呈负相关($r = -0.72, p < 0.01$),但在第 2~5 分钟与速率恢复期变成了正相关($r = 0.48, p < 0.05$)。所以,青少年女子羽毛球运动员四角移动专项步法测试后血乳酸的恢复与心率恢复并不同步且没有显著的相关性,虽然乳酸峰值与整个速率恢复期有相关性,但是其在快速恢复期和慢速恢复期的相关性不同,因此,不能简单用一个指标值预测另一个指标值,在进行负荷强度和体能恢复评价时需要根据不同的时间段两者的关系做出合理的判断。

本研究中发现的乳与心率恢复两者的关系适用于本实验特定的乳酸范围内,但暂时还不能反映其他范围的乳酸峰值与心率恢复的关系,如果在本研究中发现的心率恢复期和血乳酸峰值之间的关系对于其他的间歇运动来说也是正确的,那么心率恢复与乳酸峰值在指数 INDEX02 与 INDEX05 ($r = 0.93, p < 0.01$) 非常相关,可以用于监测训练,如果在专项运动测试后任何一个或这两个参数有所提高,都将改变 INDEX02 或 INDEX05 的值,从而显示运动员专项体能水平的改进。

4 结论

青少年女子羽毛球运动员在专项步法测试后的 5 分钟恢复期内,无论心率恢复还是血乳酸清除都有

两个明显不同的时间段,即前2分钟的快速恢复期和后3分钟的慢速恢复期。单打运动员在快速恢复期内的心率恢复和乳酸生成速度较双打运动员更快,表明其具有更好的体能水平。心率恢复率和血乳酸的清除能力与测试成绩具有显著相关性,因此可以用心率恢复率和乳酸清除能力来预测运动员的专项体能水平。

运动员在心率恢复期和血乳酸恢复期之间没有显著相关性,而血乳酸峰值与5分钟的心率恢复期有非常显著的负相关,其中血乳酸峰值与恢复期前两分钟的心率恢复呈负相关,但在恢复期第2分钟至第5分钟,两者成正相关关系,因此不能简单的用一个指标值来预测另一个指标值,而是需要根据不同的时间段和乳酸与恢复期的相关性进行预测。

参考文献

- [1] 李卫宁,巩清波,吴洪波. 心率和血乳酸在中长跑训练中的应用[J]. 湖北体育科技,2007,26(6):662-663.
- [2] BUCHHEIT M, DUCHÉ P, LAURSEN P B, et al. Postexercise heart rate recovery in children: relationship with power output, blood pH, and lactate. [J]. Appl Physiol Nutr Metab, 2010,35(2):142-150.
- [3] 李卫平. 心率和血乳酸对拳击专项强度训练的监控[J]. 军事体育进修学院学报,2012,31(1):123-125.
- [4] 郭黎,陈文鹤,段子才. 运动后乳酸清除率与运动能力的关系[J]. 上海体育学院学报,2005,29(2):44-47.
- [5] 刘志二. 对心率与乳酸相关关系指导速度滑冰训练的研究[J]. 当代体育科技,2014,4(33):8.
- [6] 吕毓虎,蒲西安,程林. 不同运动强度对人体血乳酸的影响[J]. 四川体育科学,2014(4):33-35.
- [7] 许实德,林文弢,吴武彪. 用血乳酸心率尿蛋白评定羽毛球运动强度的探讨[J]. 广州体育学院学报,1994,14(4):23-28.
- [8] 李裕和,林文弢. 羽毛球比赛时间结构与供能特点的研究[J]. 广州体育学院学报,1997,17(3):26-31,8.
- [9] 李裕和. 羽毛球比赛时间结构特点与供能关系的研究[J]. 体育科学,1995,15(4):41-42.
- [10] 盛怡,郭黎,蒋健. 不同训练模式下羽毛球运动员心率和血乳酸的变化[J]. 武汉体育学院学报,2017,51(4):92-95.
- [11] ZINOUBI B, ZBIDI S, VANDEWALLE H, et al. Relationships between rating of perceived exertion, heart rate and blood lactate during continuous and alternated-intensity cycling exercises[J]. Biology of Sport,2017,35(1):196-201.
- [12] MARINESCU G, TICALA L D, MUJEA A M, et al. Correlative Aspects between Heart Rate, Lactic Acid and Exercise Intensity in the Training of Water Polo Players-Junior III [C]// International Congress on Physical Education, Sport and Kinetotherapy,2016,79(13):74-81.
- [13] ZHOU F, WANG X. Study on Characteristics of Real-time Heart Rate Monitoring and Blood Lactic Acid Changes of National Taekwondo Athletes during the National Championships[J]. Journal of Capital University of Physical Education & Sports,2017,19(1):97-99.
- [14] IMAI K, SATO H, HORI M, et al. Vagally mediated heart rate recovery after exercise is accelerated in athletes but blunted in patients with chronic heart failure[J]. Journal of the American College of Cardiology, 1994, 24(6):1529-1535.
- [15] 齐敦禹. 乳酸的产生原因与运动能力[J]. 体育世界:学术版,2007(5):63-65.

[责任编辑 魏 宁]