



我国优秀女子排球运动员赛前 有氧能力特征综合检测分析

Comprehensive Analysis on Pre-competition Aerobic Capacity Features of Our Outstanding Women Volleyball Players

孙建华

SUN Jian-hua

摘要:研究表明:有氧能力是排球运动员能量供能的基础,是决定排球比赛胜负的关键所在。因此,对于排球运动员有氧能力的测试与评价对于指导运动员的训练、安排训练计划十分重要,为了全面了解我国优秀女子排球运动员赛前有氧能力状况,对即将参加2010—2011赛季全国排球联赛的64名优秀排球运动员赛前通过递增负荷运动过程中气体代谢指标、各阶段生理、生化指标的动态变化规律进行总结。结果显示:我国优秀女子排球运动员整体有氧能力与世界优秀运动员存在一定差距。随着排球运动水平、运动等级、运动成绩的不斷提高, $\dot{V}O_2 \max$ 也相应表现为较高的水平。通过递增负荷运动中 HR、BLA、Pmax、无氧阈功率、无氧乳酸阈的动态变化规律,显示我国优秀女子排球运动员在有氧、无氧代谢能力、心肺功能、速度耐力和耐乳酸能力存在位置特征,大致表现为副攻>二传>主攻>接应>自由人,提示我国女子排球运动员训练应根据场上不同位置有氧、无氧代谢能力特征的基本要求来制定合理的发展本专项所需要的生物能量能力的训练计划,从而提高训练的科学性和有效性。

关键词:女子;排球;运动员;有氧能力

Abstract: Research result shows that aerobic capacity is the main energy supply of volleyball and it is crucial to the results of volleyball competitions. Therefore, test and evaluation on aerobic capacity of volleyball players is of great significance to athlete training guidance and arrangement. In order to have a thorough picture on pre-competition aerobic capacity of our outstanding women volleyball players, dynamic change regularity of gas metabolic parameters, physiological and biochemical indices were studied during the process of incremental exercise in pre-competition training, in which 64 domestic outstanding women volleyball athletes who were to participate in the national volleyball matches for season 2010—2011 were involved. From the results, it can be concluded that there existed a certain gap in aerobic capacity between domestic outstanding women volleyball players and world top ones. As they achieved a higher level with greater capacity and got better results in volleyball, their $\dot{V}O_2 \max$ appeared to stay at a comparatively higher level in proportion. By studying the dynamic change regularity of HR, BLA, Pmax, anaerobic threshold power and anaerobic oxidation lactic acid threshold in incremental exercise, position features were discovered in aerobic metabolism ability, anaerobic metabolism ability, cardiopulmonary function, speed endurance and lactic acid endurance concerning domestic outstanding women volleyball players. The features mainly follow a ranking like assistant attacker, setter, outside hitter, second setter and libero with decreasing importance. The results indicate that in order to make the training of our women volleyball players more scientific and effective, advisable training arrangement for developing specific bioenergy capacity should be made according to the basic requirements of different aerobic and metabolism ability features of different positions.

Key words: women; volleyball; player; aerobic capacity

中图分类号:G842

文献标识码:A

排球是一项对运动员的体能、技能、战术能力、运动智能、心理能力要求都比较高的运动项目,现代排球运动发展的趋势是体能化、技术化和战术化相结合的道路。运动员的体能是一切技术和战术的基础,是决定比赛成绩的根本保证^[6]。周红律从排球运动的耗氧量、能量消耗、心率、血乳酸和肌糖原的变化对排球运动的物质代谢和能量代谢进行分析,结果发现,排球运动是一项低到中等强度和大幅度爆发性用力两种类型相结合的运动,是以有氧能力为基调和无氧能力为主体的一种特殊类型的运动^[18];刘宝仁针对排球比赛供能特点,对有球时间与无球时间进行统计分析认为:排球运动是以有氧供能为基础,有氧与无氧相结合的运动。在有球时,主要是无氧供能,在无球和间歇休息时是有氧供能,并指出,着重提高 ATP-CP 系统的供能能力及其恢复速度是确保比赛技战术水平正常发挥的重要保证^[9];陈晋云等认为,一个高水平的排球运动员不仅应有较强的无氧代谢能力,同时,还应具有较强的有氧代谢能力^[1];李征对高校排球运动员生化特征进行了研究,认为排球比赛是中等强度的有氧性运动,主要以无氧非乳酸和有氧供能为主,无明显的乳酸堆积现象,建议对

排球运动员进行训练时,要以发展磷酸系统和有氧氧化供能系统为主,但同时要重视对无氧糖酵解系统的训练^[8]。

众多研究认为,排球运动项目中 3 种供能系统均参与供能,其中以非乳酸能(ATP-CP)系统供能为主,有氧供能和乳酸供能为辅。其中,有氧供能作为基础,其能力大小是决定运动员能最大限度发挥无氧代谢能力的前提和保障^[4]。目前,国内、外对女子排球运动员有氧能力方面的研究还未见报道,本研究针对备战 2010—2011 赛季全国女子排球联赛的优秀运动员进行赛前有氧能力相关指标进行测定,了解我国优秀女子排球运动员有氧、无氧代谢能力的水平及位置特征,为运动员赛前机能评定、有氧、无氧能力训练的的科学性和有效性等提供一定的参考。

1 测试对象与方法

1.1 测试对象

备战 2010—2011 赛季全国女子排球联赛的 64 名优秀运动员,平均年龄为 22.4 岁,平均身高 186.4 cm,运动等级为健将以上运动员分布在 11 个省(市)运动队中(表 1)。

表 1 本研究对象基本情况一览表

	n	年龄(岁)	身高(cm)	体重(kg)	运动等级
主攻	13	22.78±1.07	189.52±4.28	75.06±3.75	健将以上
副攻	14	22.69±0.92	191.37±4.96	72.38±2.17	健将以上
二传	13	23.76±1.26	184.13±3.89	73.94±3.61	健将以上
接应	12	23.47±0.82	188.25±3.76	67.35±2.13	健将以上
自由人	12	21.89±0.97	170.52±2.41	57.74±3.21	健将以上

1.2 测试方法

1.2.1 测试仪器

由于地域的限制,本研究最大耗氧量($\dot{V}O_2 \max$)相关指标测试仪器主要为:CORTEX Biophysik MetaMaxR-Portable CPX system(德国产)心肺功能测试仪、美国产 PHYSIO-DYNE 公司 MAX-II 型心肺功能测定仪;血乳酸测试仪器主要为 YSI-1500B 便携式血乳酸自动分析仪(精确度为 0.01 mmol)、H2L4550491 型号便携式血乳酸测试仪(精确度为 0.01 mmol);瑞典产 Monark839E 无氧功率车、Polar 心率表。

1.2.2 最大耗氧量($\dot{V}O_2 \max$)相关指标测定

受试者带上面罩和胸前心率遥测仪观察安静状态下通气量及耗氧量、心率和呼吸商等指标,然后在跑步机上进行 5 min 7 km/h 的热身运动,再休息 2 min,跑速由 9 km/h 开始,之后递增跑速,每 3 min 增加 1.5 km/h,直至力竭,测定全过程的耗氧量($\dot{V}O_2$)、通气量(VE)、心率(HR)、呼吸商(RQ)及氧搏量(OP)。

1.2.3 相关功率测定

最大功率、无氧阈功率、无氧乳酸阈测试采用功率自行车递增负荷实验方法测试,以 90 W 为起始负荷,功率车

转速为 60 rpm,每 2 min 递增 30 W,直至力竭。

1.2.4 血乳酸(BLa)测定

对被试者功率自行车递增负荷实验结束后即刻,第 1、3、5、7、10、12 min 各取耳血 20 μ l 测试血乳酸值。

1.3 数理统计

测试数据采用 SPSS 17.0 社会统计学软件进行独立样本 *t* 检验,结果以平均值 $\bar{X} \pm SD$ 表示。

1.4 测试安排

根据各省(市)队备战 2010—2011 赛季全国女子排球联赛的训练计划,在赛前集训、调整期间由课题组成员分别到各省(市)队对指定运动员在当地体育科学研究所进行赛前有氧能力相关指标的测定。所有地区统一测定时间,上午 8:30~11:30 测试 $\dot{V}O_2 \max$ 等相关气体指标,待体力完全恢复后,下午 14:30~17:30 进行最大功率、血乳

收稿日期:2011-07-15; 修订日期:2011-12-28

作者简介:孙建华(1958-),男,吉林长春人,教授,主要研究方向为体育竞赛的组织与编排及现代体能训练, E-mail: xiaokp091nenu.edu.cn。

作者单位:东北师范大学 体育学院,吉林 长春 130024
Northeast Normal University, Changchun 130024,
China.

酸、无氧阈功率等相关指标测定,运动员有氧能力相关指标测定完成后,将测试数据告知教练员、相关领导。所有测试项目均严格按照测试方案执行。

2 测试结果

2.1 $\dot{V}O_2\max$ 等相关指标的测试结果

通过功率跑步机对被试的 $\dot{V}O_2\max$ 等相关指标进行测试与计算(表 2)。测试数据显示,运动 $\dot{V}E_{\max}$ 达到了 118 l/min 以上, RQ_{\max} 达到了 1.1 以上, HR_{\max} 达到了 184 以上,说明运动员已经达到了测定 $\dot{V}O_2\max$ 的要求了。

表 2 不同位置排球运动员 $\dot{V}O_2\max$ 相关指标一览表

	主攻	副攻	二传	接应	自由人	\bar{X}
n	13	14	13	12	12	
$\dot{V}O_2\max$ 绝对值(l/min)	4.55±0.25	4.86±0.45	4.68±0.31	4.41±0.19	4.23±0.25	4.69±0.24
$\dot{V}O_2\max$ 相对值(ml/kg/min)	60.63±4.39	67.10±6.69	63.62±6.15	57.21±3.43	53.47±5.63	60.41±5.25
VE(l/min)	123.70±12.30	121.90±12.40	124.30±12.60	120.50±11.90	118.60±10.40	121.60±12.50
RQ	1.12±0.07	1.13±0.03	1.12±0.05	1.13±0.09	1.11±0.04	1.12±0.05
HR(n/min)	188.70±6.32	194.30±6.39	189.40±6.12	187.60±6.41	184.30±5.29	188.90±6.25

注:呼吸商(RQ)=呼吸作用释放的 CO_2 量/吸收的 O_2 量。

表 3 不同位置排球运动员血乳酸相关指标一览表

	主攻	副攻	二传	接应	自由人	\bar{X}
n	13	14	13	12	12	
运动后血乳酸(mmol)	9.28±1.43	8.37±1.12	8.69±1.24	9.31±1.53	9.52±1.62	9.03±1.33
峰值功率(W)	256±13.40	286±15.50	271±13.40	235±13.70	224±12.40	254±14.10
无氧阈功率(W)	216±11.30	238±10.30	229±11.70	207±10.90	201±11.80	216±12.20
无氧乳酸阈(%)	76.90±6.50	84.70±6.90	81.50±5.80	73.70±5.30	67.2±5.10	76.8±5.90

表 4 不同位置排球运动员有氧运动能力多因素进行独立样本 t 检验一览表

	t	P	t	P	t	P	t	P	t	P
$\dot{V}O_2\max$ (ml/kg/min)	t_1 3.734	<0.01	t_2 -1.014	<0.05	t_3 1.103	<0.05	t_4 3.195	<0.01	t_5 1.097	<0.05
	t_6 4.168	<0.01	t_7 6.936	<0.05	t_8 3.469	<0.01	t_9 6.892	<0.01	t_{10} 0.985	<0.05
HR(n/min)	t_1 -2.681	<0.01	t_2 -0.693	<0.05	t_3 -0.627	>0.05	t_4 2.361	<0.05	t_5 2.694	<0.05
	t_6 2.700	<0.05	t_7 5.312	<0.01	t_8 0.561	>0.05	t_9 2.016	<0.05	t_{10} 2.597	<0.05
Pmax(W)	t_1 -1.074	<0.05	t_2 4.094	<0.01	t_3 1.097	<0.05	t_4 9.365	<0.01	t_5 8.961	<0.01
	t_6 6.842	<0.01	t_7 10.139	<0.01	t_8 -0.638	<0.05	t_9 0.615	>0.05	t_{10} 7.016	<0.05
BLA(mmol/L)	t_1 10.615	<0.01	t_2 2.758	<0.01	t_3 -0.638	>0.05	t_4 -0.704	<0.05	t_5 -0.847	<0.05
	t_6 -11.010	<0.01	t_7 -11.980	<0.01	t_8 -6.793	<0.01	t_9 -9.056	<0.01	t_{10} -4.137	<0.05
无氧阈功率(W)	t_1 -6.539	<0.01	t_2 -2.698	<0.05	t_3 2.597	<0.05	t_4 2.363	<0.05	t_5 0.836	<0.05
	t_6 7.196	<0.01	t_7 8.037	<0.01	t_8 4.397	<0.01	t_9 5.916	<0.01	t_{10} 0.618	>0.05
无氧乳酸阈(%)	t_1 -6.914	<0.01	t_2 -2.600	<0.05	t_3 0.649	>0.05	t_4 8.097	<0.01	t_5 0.637	>0.05
	t_6 9.165	<0.01	t_7 10.163	<0.01	t_8 2.076	<0.05	t_9 9.875	<0.01	t_{10} 1.968	<0.05

注: t_1 为主攻与副攻相比较; t_2 为主攻与二传相比较; t_3 为主攻与接应相比较; t_4 为主攻与自由人相比较; t_5 为副攻与二传相比较; t_6 为副攻与接应相比较; t_7 为副攻与自由人相比较; t_8 为二传与接应相比较; t_9 为二传与自由人相比较; t_{10} 为接应与自由人相比较。

3 讨论与分析

3.1 我国优秀女子排球运动员有氧能力整体情况

排球运动属于非周期性项目,其运动强度较难确定。运动强度的大小往往取决于与对手的对抗程度,而运动强度决定了运动员有氧能力的高低。由于排球运动的非周期性因素导致了排球运动员运动强度的可变性,运动强度不仅与运动项目自身特征紧密相关,同时与运动员在场上所处的专项位置存在较高的相关性,而不同位置运动员具

2.2 血乳酸等相关指标测试结果

通过递增负荷的功率自行车测被试的血乳酸等相关指标(表 3)。

2.3 不同位置优秀排球运动员有氧运动能力主要指标多因素独立样本 t 检验

根据测试指标与运动员有氧运动能力相关影响因素,对被试的 $\dot{V}O_2\max$ 的绝对值、平均心率、运动后血乳酸、峰值功率、无氧阈功率、无氧乳酸阈指标,利用 SPSS 17.0 统计软件进行多因素的独立样本 t 检验(表 4)。

有不同的技战术特点,例如:主攻主要承担强攻的重任,副攻主要进行拦网、进攻及跑动,接应二传职责与副攻相同,但拦网、进攻及跑动在形式上却存在着较大的差异,因此,不同位置运动员应根据各自专项位置、专项任务职能及身体活动形式等确定不同位置所需的有氧能力。本次测试选取赛前进行,主要考虑到赛前运动员处于良好身体机能。另外,通过测试我国优秀运动员有氧能力指标对运动员的比赛情况、比赛结果及身体机能评价等方面进行赛前

监控。

有氧能力(aerobic capacity)是指人体长时间进行有氧工作能力的能力,人体有氧工作的功能系统成为有氧功能系统,有氧功能系统的原料主要是糖、脂肪和蛋白质,其代谢场所主要是细胞线粒体,通过氧化过程提供能量^[13]。以往对运动员有氧能力的研究大部分都局限在 $\dot{V}O_2\max$ 和乳酸阈,本研究通过对 $\dot{V}O_2\max$ 、HRmax、运动后血乳酸、峰值功率、无氧阈功率及无氧乳酸阈等影响有氧代谢能力的多个指标进行测试,即对运动员有氧能力进行综合分析。研究表明, $\dot{V}O_2\max$ 是反映机体在极限负荷运动时心肺功能水平的一个重要指标。HRmax、运动后血乳酸指标对运动员有氧能力的监控具有重要的作用,因为骨骼肌是人体运动时主要的器官,是运动时乳酸生成的主要器官,剧烈运动时,体内供氧不足,糖经过一系列反应生成乳酸^[10]。血乳酸的变化与运动时体内供能系统有关,运动时的心率与运动强度有关^[3]。无氧乳酸阈功率是评价运动员保持高强度运动的时间,无氧阈是评定有氧运动能力的一项极为有效的指标,能够有效地反映骨骼肌对氧的利用率,在训练中得到广泛的应用^[2]。

本实验通过测试发现,我国优秀女子排球运动员 $\dot{V}O_2\max$ 在4.23~4.86 l/min之间,相对值在53.47~67.1 ml/kg/min之间,最大心率在184.3~194.3 n/min之间,无氧阈功率在201~238 W之间。研究表明,世界优秀公路自行车运动员的 $\dot{V}O_2\max$ 在3.65~4.20 l/min,其相对值在63~72 ml/kg/min,心率为190~202次/min,无氧阈功率在216~256 W之间^[3]。从以上指标看,我国优秀女子排球运动员与世界优秀排球运动员尚有一段差距,尤其是 $\dot{V}O_2$ 的相对值和HRmax与世界优秀运动员相差一定差距。

3.2 我国优秀女子排球运动员 $\dot{V}O_2\max$ 等相关指标特征与规律分析

$\dot{V}O_2\max$ 是人体在进行有大量肌肉参加的长时间激烈运动中,心肺功能和肌肉利用氧的能力达到本人极限水平时,单位时间内所能摄取的氧量。人体进行有氧耐力运动时, $\dot{V}O_2\max$ 反映了机体呼吸和循环系统氧的运输工作能力,是运动员心肺功能最直接的指标数据,是评定运动员有氧能力重要指标之一, $\dot{V}O_2\max$ 的高低,主要取决于氧运输和氧利用这两个环节^[2]。一般 $\dot{V}O_2\max$ 的表示方法有2种,即绝对值和相对值,由于 $\dot{V}O_2\max$ 受遗传、身高和体重影响,所以,本研究采用相对值来表示 $\dot{V}O_2\max$ 。Klissuras研究表明, $\dot{V}O_2\max$ 遗传度高达93%,通过训练只能提高7%;也有研究认为, $\dot{V}O_2\max$ 大小主要取决于遗传,但与训练有密切关系,经过系统训练的运动员可提高15%~20%^[19]。通过 $\dot{V}O_2\max$ 测试,得出我国优秀女子排球运动员 $\dot{V}O_2\max$ 相对值为60.41±5.25 ml/kg/min,与罗伯特·克·康利^[11]对美国高水平男子排球运动员最大摄氧量

相对值测试相比也有显著提高(56.4±5.8 ml/kg/min)。研究认为,无论是运动员或非运动员,男性 $\dot{V}O_2\max$ 均大于女性,运动员一般男性比女性高20%~25%,但某些项目如1000 m跑、马拉松、长距离滑雪等,优秀女子运动员与男子运动员相差无几^[16]。James^[22]在对800 m跑运动员的 $\dot{V}O_2\max$ 测试中得出,800 m跑运动员的 $\dot{V}O_2\max$ 测值为69.3±4.5 ml/kg/min。Bentley^[20]报道的优秀游泳运动员的 $\dot{V}O_2\max$ 测值为66.9±6.5 ml/kg/min。与上述几个运动项目相比,可以发现,随着排球运动水平、运动等级、运动成绩的不断提高, $\dot{V}O_2\max$ 也相应表现为较高的水平。但是, $\dot{V}O_2\max$ 与国内、外耐力性项目运动员相比,我国优秀女子排球运动员 $\dot{V}O_2\max$ 测试指标并不突出,可能与平时和项目特征有关。

本次测试是在运动员将要进入比赛期通过跑台直接对运动员进行 $\dot{V}O_2\max$ 的相对值和绝对值进行测试,同时,对运动员心率进行全过程跟踪测试,测试数据表明(表4):不同位置运动员HRmax不同,通过配对 t 检验表明,不同位置运动员HRmax差异具有显著性意义,人体在进行大强度运动时,HRmax与运动强度成正比,故HRmax对运动员进行评定心脏功能、训练水平和运动强度是非常有意义的^[2]。测试结果中,副攻和二传运动员的心率最高,达到了200次左右并且较其他位置运动员呈现显著性差异($P<0.05$),自由人的HRmax为最低,通过与测试运动员进行交谈发现:运动员在训练和比赛过程中所承受的运动强度和HRmax基本保持一致。

笔者对不同位置运动员 $\dot{V}O_2\max$ 进行比较,副攻运动员的 $\dot{V}O_2\max$ 相对平均值为67.1±6.69 ml/kg/min,二传运动员为63.62±6.15 ml/kg/min,主攻和接应运动员分别为60.63±4.39 ml/kg/min和57.21±3.43 ml/kg/min,自由人为53.47±5.63 ml/kg/min。表4显示,不同位置运动员 $\dot{V}O_2\max$ 存在显著性差异($P<0.05$)。由于近几年没有对排球运动员有氧能力进行测定,所以,无法进行与国内、外同项目进行比较。但是,根据项群理论划分,将排球归属为技能主导类项目,该项目特点是以机体的心肺功能来满足速度耐力,所以,运动员有氧耐力比较重要,随着比赛节奏不断加快,技、战术水平的不断提高,对运动员的速度耐力提出了更高的要求,李学淞^[7]等对中国女子排球副攻参与扣球、拦网时外部负荷结构与比赛效果进行了研究,认为副攻的一攻在3~4次连续动作中,最后为扣球动作的组数多少的重要程度为所有运动员中排名第一,并且对副攻手的多次拦网、移动、拦网后快速进攻提出较高的要求;二传则为场上运动密度、触球次数、技术总次数及传球次数最多的运动员,并且,现代排球发展要求二传应以跳传形式传球^[17];主攻运动员在比赛过程中主要担负着强攻的任务,扣球是比赛过程中主要得分手段,一场比赛中大约有大约一半的球都是有主攻运动员来完成,现代排球

比赛主攻运动员不再是简单地以强攻为主,很多的快球、掩护、后排进攻都需要主攻运动员来进行。另外,主攻运动员还需要多种组合动作,如准备姿势-移动-扣球和准备姿势-移动-拦网等移动步伐,这些组合动作又有多种形式的扣球,如接发球扣球、保护后扣球、扣球后的后撤移动连续扣球、拦网后的移动扣球、保护后移动扣球等等^[17],这些组合技术动作与运动员的 $\dot{V}O_2 \max$ 都有着紧密的联系。接应运动员在场上的比赛时间较二传时间短,但是,接应运动员场上所有运动员中最全面的运动员。在女子排球比赛进攻体系中,主要以接应的跑动进行进攻,同时,具有较好的拦网能力和拦网后快速参与各种战术的综合能力非常明显,应该说,接应具备非常强的有氧能力。但是,本研究并未发现接应运动员具有更高的有氧能力。自由人在比赛过程中的作用比较鲜明,一传、防守、保护,自由人的有氧能力要求较其他运动员低。潘凌研究报道^[12], $\dot{V}O_2 \max$ 的高低取决于循环、呼吸、运动三大系统生理功能及其偶联活动的强度,从整体上反映机体的有氧代谢和供能水平。综合运动员临场比赛情况及赛前 $\dot{V}O_2 \max$ 测试指标得出,副攻运动员三大供能系统间的协调能力和综合身体机能高于二传、主攻、接应、自由人。

3.3 我国优秀女子排球运动员血乳酸等相关指标特征与规律分析

在有氧供能的渐增负荷过程中,运动强度较小时,血乳酸(BLa)浓度与安静时的值接近,但是,随着运动强度的增加,乳酸浓度会逐渐增加;当运动强度超过某一负荷时,乳酸浓度急剧上升开始点,称为乳酸阈^[23]。乳酸阈是反映人体在渐增负荷运动中,BLa 浓度没有急剧堆积时的最大摄氧量实际利用的百分比,即 $\dot{V}O_2 \max$ 利用率($\% \dot{V}O_2 \max$),其阈值愈高,有氧工作能力愈强;反之,有氧工作能力愈低。所以,本研究选取了与影响乳酸阈相关的指标:运动后血乳酸、最大功率、无氧阈功率及无氧乳酸阈等。

大量研究报道,以糖酵解为主要能量来源的速度耐力性项目比赛中,大强度运动的训练会使运动员具有较高的 BLa 值,运动成绩与 BLa_{\max} 值密切相关^[14]。本研究对运动后即刻,运动后 1、3、5、7、10、12 min 的 BLa 进行了测定,副攻运动员在运动后即刻,运动后 1、3 min BLa 较其他运动员高,依次是主攻、二传、接应,自由人最低。符永超在皮划艇运动员有氧能力测试与评定方法综述提出,在训练实践中,训练结束后的第 1、3 min 的 BLa 水平反应了运动强度负荷的大小,间接反映了机体的有氧能力^[5]。但是,从第 5 min 开始到第 7、10、12 min,所有运动员 BLa 均出现了下降趋势,副攻运动员下降趋势较为明显,主攻、二传、接应 BLa 浓度下降趋势大致相同,自由人则下降最不明显,说明机体在进行有氧供能的渐增负荷后,糖酵解导致机体乳酸的生成量增加,而乳酸在机体内堆积会抑制糖酵

解供能能力的发挥,这时,就需要机体迅速将体内的乳酸进行消除,这就要求机体在具有较强的糖酵解能力的同时,也需要较强的有氧化能力,使机体内的血乳酸迅速消除,保证糖酵解的正常供能^[14]。所以,从 5 min 到 12 min 之间的 BLa 浓度下降越快,就表明肌肉中乳酸扩散、转移和其他骨骼肌、心肌的氧化代谢能力越强,从而表明运动员的有氧能力越强。

不同位置运动员之间的差异与运动员在比赛或训练过程中不同位置所承受负荷强度有关,在比赛过程中,副攻运动员肌肉参与剧烈运动最多,长久的比赛和训练使得运动员毛细血管密度增加,线粒体数量和体积增加,有氧代谢中酶活性和转运载体的含量增加,这种适应性提高了机体通过有氧途径生成 ATP 的能力,特别是脂肪酸分解释放能力,从而使 BLa 积累的起点(onset of blood lactate accumulation, OBLA)延后^[21],使得排球比赛对副攻的耐乳酸能力要求越高,二传运动员则在比赛过程中跑动距离最长,拦网和传球都需要运动员进行跳跃,这也决定了二传运动员需要较强的耐乳酸能力,其次是主攻和接应运动员。自由人在比赛过程中只进行一些移动步伐,不需要进行跳跃,不需要很强的耐乳酸能力,这与 2007 年齐敦禹在乳酸的产生原因与运动能力中提出的学说一致。对与高水平运动员来说,BLa 值越高说明运动员机体耐受乳酸能力越高,肌肉适于参与剧烈运动,即无氧能力较好;反之,最大乳酸能力较差,即无氧能力较差^[14]。大量研究证明^[19],BLa 和运动耐力的相关性比 $\dot{V}O_2 \max$ 还要高,在评价耐力性项目时,用 BLa 比较敏感。也就是说,越优秀的运动员同级强度运动后,BLa 增高相对越少。虽然排球供能系统以乳酸能为辅,仅是非乳酸能系统的一半,但是,乳酸能系统在维持速度力量的持续性是非常重要的,这恰恰符合了当今女子排球运动发展的规律(比赛时间缩短,比赛负荷有所降低,但是负荷强度明显增大,对运动员耐乳酸能力要求提高)。不同位置运动员递增负荷后,乳酸的生成与消退趋势显示副攻运动员对力量速耐力及运动后 BLa 的恢复明显快于其他位置运动员。

功率的测试结果显示,副攻运动员峰值功率、无氧阈功率指标上体现出较高的水平,二传运动员也表现为较高的功率,与其他运动员呈现出显著性差异($P < 0.05$),主攻较接应运动员高,自由人表现为最低,这与不同位置运动员运动后 BLa 浓度恰好成负相关,有研究认为,递增负荷后 BLa 浓度与功率关系密切^[2],本研究结果与此结论一致。

运动员在进行有氧供能递增负荷实验时,功率的增加必然使得运动强度的增加,运动强度不断的增加导致机体的供能不断增加,供能物不断增加,能源物质供应所需的血流量增加,最终使得心脏的泵学能力增加,从而使心率增加,说明运动员心率与功率呈现出正相关性。两者都能

较好地反应出运动员的有氧能力。这与笔者对不同位置运动员运动后 BLA 、 $\dot{V}O_2 \max$ 的研究结果一致。

4 结论

1. 我国优秀女子排球运动员整体有氧能力与世界优秀女子运动员尚有一段距离,有目的地通过身体训练提高有氧代谢能力可以最大限度地发挥运动员机能整体供能水平。

2. 随着排球运动水平、运动等级、运动成绩的不不断提高, $\dot{V}O_2 \max$ 也相应表现为较高的水平。但是,我国优秀女子排球运动员 $\dot{V}O_2 \max$ 还处于比较低的水平,这也是我国女子排球近几年在赛场上表现出体能较弱的本质问题。

3. $\dot{V}O_2 \max$ 受遗传因素影响较大,对评价运动员有氧能力准确性具有一定的局限性,通过递增负荷运动中 HR 、 BLA 、 P_{max} 、无氧阈功率、无氧乳酸阈的动态变化规律,显示我国优秀女子排球运动员在有氧、无氧代谢能力、心肺功能、速度耐力和耐乳酸能力方面存在位置特征,大致表现为副攻>二传>主攻>接应>自由人特征。

5 建议

1. 我国优秀女子排球运动员在进行专项体能训练时,要根据运动员场上位置特征,确定不同位置运动员发展需要和发展方向,以及在比赛中的负荷情况,进行针对性的训练。

2. 在今后的排球科研过程中,应该加强对运动员比赛中生理负荷的研究,利用运动员的生理、生化等指标来对运动员进行评定。

3. 应该根据场上不同位置优秀女子排球运动员有氧能力的特征与规律,建立不同位置运动员有氧能力指标的数据库,找出不同位置运动员身体素质的训练方法。

参考文献:

[1] 陈晋云,李玉瑜. 浅析排球运动的能量供应特点[J]. 山西大学学报(自然科学版),1998,21(3):303-306.
 [2] 邓树勋. 运动生理学[M]. 北京:高等教育出版社,2005:332-333.
 [3] 冯连世,冯美云,冯炜权. 优秀运动员身体机能评定方法[M]. 北京:人民体育出版社,2003.
 [4] 冯美云. 运动生物化学[M]. 北京:人民体育出版社,1999:232.

[5] 符永超. 皮划艇运动员有氧能力测试与评定方法综述[J]. 湖北体育科技,2008,27(5):616-617,615.
 [6] 葛春林,吕雅君,尹洪满. 最新排球训练理论与实践[M]. 北京:北京体育大学出版社,2003:90.
 [7] 李学淞,祁淑云. 中国女子排球副攻手参与扣、拦时外部负荷结构与比赛效果研究[J]. 天津体育学院学报. 1997,12(6):12-14.
 [8] 李征. 试析高校排球运动中的生物化学基本特征[J]. 体育科技,1997,18(1-2):106-108.
 [9] 刘宝仁. 排球比赛的供能特点及提高供能能力的训练[J]. 中国体育科技,1997,33(7):62-64.
 [10] 梁锡华. 运动与血乳酸[J]. 湖北体育科技,2002,21(4):416-418.
 [11] [美]罗伯特·克·康利. 高水平排球比赛的生理学研究[J]. 中国体育科技,1987,23(5):9-12.
 [12] 潘棱. 运动心肺功能的主要指标及其影响因素的探讨[J]. 中国运动医学杂志,1997,16(4):297-299.
 [13] 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.
 [14] 苏浩. 我国优秀女子赛艇运动员亚高原训练前后有氧能力的评价[J]. 北京体育大学学报,2010,33(1):53-54.
 [15] 田野. 运动生理学高级教程[M]. 北京:高等教育出版社,2003:346.
 [16] 肖国强. 运动能量代谢——关于有氧训练和无氧训练研究[M]. 北京:人民体育出版社,1998:37-39.
 [17] 张兴林. 我国高水平排球运动员比赛负荷及专项身体素质的位置特征研究[J]. 中国体育科技,2010,46(5):40-41.
 [18] 周红律. 排球运动物质代谢和能量代谢的探讨[J]. 武汉体育学院学报,2000,34(6):91-92.
 [19] BROOKS G A. Anaerobic threshold: review of the concept and directions for future research[J]. Med Sci Sports Exr,1985,17:22-31.
 [20] BENTLEY D J, ROELS B, HELLARD P, et al. Physiological responses during submaximal interval swimming training: effects of interval duration[J]. J Sci Med Sport,2005,8(4):392-402.
 [21] GREEN H R, HELYAR M. Metabolic adaptation to training precedes changes in muscle mitochondrial capacity[J]. Appl Physiol,1992,72:484-491.
 [22] JAMES D V, SANDALS L E, DRAPER S B, et al. $\dot{V}O_2$ attained during treadmill running: The influence of a specialist(400 m or 800 m) event[J]. Int J Sport Physiol Perform,2007,2(2):128-136.
 [23] LAUNOUE K F. Role of specific aminotransferases in de novo glutamate synthesis and redox shuttling in the retina[J]. Neuro Sci Res,2001,66(5):914-922.