

不同位置高水平男子排球运动员有氧能力 特征与规律比较研究

刘印民¹ 王 昶² 孔繁明³

(1. 长春工业大学 体育教研部, 吉林 长春 130012; 2. 东北师范大学, 吉林 长春 130024; 3. 吉林体育学院, 吉林 长春 130022)

摘 要: 在 2010 年中国大学生排球联赛长春赛区集训和比赛期间, 利用吉林体育学院实验室对 25 名不同位置优秀排球运动员进行有氧运动能力相关指标的测试、分析以及特征与规律的研究, 为未来我国优秀排球运动员体能训练提供理论与实践依据。研究方法: 对即将参加 2010 年全国大学生排球超级联赛的 25 名优秀运动员进行有氧能力有关指标进行测试, 最大吸氧量(VO_{2max}) 采用德国产 Jaeger Oxycon Pro 心肺功能仪以及 LE6000 跑台进行直接测试, 功率采用瑞典产 Monark839E 无氧功率车进行测试。血乳酸采用 YSI-1500 便携式血乳酸自动分析仪进行测试。研究结果: 通过递增负荷运动中最大摄氧量、最大心率、最大功率、运动后血乳酸等指标的动态变化规律, 显示场上不同位置运动员有氧耐力指标存在较大的差异, 表现为副攻>二传>主攻>接应>自由人; 结论: 排球运动员场上不同位置运动员对有氧能力的要求不同, 但是现代排球运动对运动员的有氧能力要求越来越高。

关键词: 不同位置; 排球运动员; 有氧能力; 特征与规律

中图分类号: G842

文献标识码: A

文章编号: 1672-1365(2011)06-0096-04

A Comparative Study of the Characteristics and Law of Aerobic Capacity of Different Position High-Level Men's Volleyball Athletes

Liu Yinmin¹, Wang Chang², Kong Farming³

(1. P. E. Teaching Department, Changchun University of Technology, Changchun, 130012, Jilin, China;

2. Northeast Normal University, Changchun, 130024, Jilin, China;

3. Jilin Institute of Physical Education, Changchun, 130022, Jilin, China)

Abstract: During training and the competition of the Chinese college students volleyball league in Changchun, the laboratory of the School of Physical Education of Northeast Normal University is used to test and analysis and make a research into the characteristics and the law of the aerobic capacity of 25 excellent volleyball athletes in different positions to provide theoretical and practical foundations for the future Chinese volleyball athletes. Research methods: the index of the aerobic capacity of 25 excellent volleyball athletes who will take part in the 2010 national college students' volleyball premier league is tested and the maximum oxygen uptake (VO_{2max}) is directly tested by Jaeger Oxycon Pro cardiopulmonary instrument Germany produces and the LE6000 treadmill running and the power is tested by Monark839E anaerobic power car Sweden produces and blood lactic acid is tested by YSI-1500 portable blood lactic acid automatic analyzer. Testing results: by an analysis of the dynamic change regulation of the maximum oxygen uptake, the maximum heart rate, the maximum power and blood lactic acid after sports of increasing load movement, the result shows that there are wide differences between aerobic stamina indexes of athletes on different positions. To be specific, second spiker> setter> the main> team-mate> freeman. Conclusion: different positions on the volleyball court have different requirements of the aerobic capacity of volleyball players but demand for the aerobic capacity of modern volleyball athletes is higher and higher.

Key words: different position; volleyball players; aerobic capacity; characteristics and law

不同运动项目有氧能力特征与运动方式、强度、负荷量、推动力的能源、肌肉量等有着密切的联系, 所以只有对有氧、无氧代谢能力特征的基本理论进行深入的了解才能制定出发展该运动项目所需要的生物能量的训练计划。

排球运动传入我国已经有 100 年的历史, 但是对排球运动有氧能力方面的研究还未见报道, 在排球运动中 3 大供能系统均参与, 其中以糖酵解功能为主, 磷酸原为辅。有氧代谢为基础, 有氧代谢能力是影响运动能力和运动成绩的重要因素, 以往研究局限在对排球运动员普遍身体体能的研究, 现代排球运动对场上不同位置的特点和作用要求越来越高, 对场上不同位置有氧能力要求也不一样, 本文通过对不同位置优秀排球运动员有氧能力测试与分析, 探讨不同场上位置高水平排球运动员有氧能力特征和规律, 为我国未来优秀排

球运动员体能训练提供理论与实践的参考价值。

1 研究对象与方法

1.1 研究对象

备战 2010—2011 赛季中国大学生男排联赛的 25 名优秀运动员, 平均年龄为 22.4 岁, 平均身高 187.4 cm, 运动等级为国家一级以上, 运动员分布在 11 个大学生队伍中(见表 1)。

1.2 研究方法

1.2.1 测试仪器

采用美国产 PHYSIO-DYNE 公司 MAX-II 型心肺功能测定仪、YSI-1500 便携式血乳酸自动分析仪(精确度为 0.01mmol)、瑞典产 Monark839E 无氧功率车、Polar 心率表。

1.2.2 有氧能力测定

* 收稿日期: 2011-06-20; 修回日期: 2011-08-09

第一作者简介: 刘印民(1973-), 男, 吉林省吉林市人, 硕士, 研究方向: 体育教育训练学。

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 5min 7Km/h 的热身运动, 然后休息 2min, 跑速由 9 Km/h 开始,

之后递增跑速, 每 3 min 增加 1.5Km/h, 直至力竭测定全过程中的吸氧量(VO_2)、通气量(VE)、心率(HR)、呼吸商(RQ)及氧搏量(OP)。

表 1 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 | 5 | 21.89±1.26 | 189.31±3.89 | 82.06±3.75 | 一级以上 |
| 副攻 | 5 | 23.76±0.92 | 192.42±2.41 | 81.38±2.17 | 一级以上 |
| 二传 | 5 | 22.69±1.07 | 183.12±4.28 | 80.94±3.61 | 一级以上 |
| 接应 | 5 | 22.47±0.82 | 189.65±3.76 | 87.35±2.13 | 一级以上 |
| 自由人 | 5 | 22.78±0.97 | 176.52±4.96 | 75.74±3.21 | 一级以上 |

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 90w 为起始负荷, 功率车转速为 60rpm, 每 2min 递增 30w, 直至力竭。

1.2.3 血乳酸(BLA)测定

空腹安静时、运动后即刻、1min、3min、5min 等。测定方法采用 YSI-1500 便携式血乳酸自动分析仪(精确度为 0.01mmol)现场进行测定。

1.2.4 数理统计

测试数据采用 spss17.0 社会统计学软件进行独立样本 T 检验, 结果以平均值 Mean±S 表示。

2 研究结果与分析

2.1 最大摄氧量等相关指标测试结果

表 2 场上不同位置运动员递增负荷运动后最大摄氧量等相关指标统计表($\bar{x} \pm s$ $n=46$)

| 相关指标 | 主攻 | 副攻 | 二传 | 接应 | 自由人 | 平均值 |
|------------------------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|
| $VO_{2max}(L/min)$ | 5.55±0.25 | 5.86±0.45 | 5.68±0.31 | 5.41±0.19 | 5.23±0.25 | 5.69±0.24 |
| $VO_{2max}(ml/kg \cdot min)$ | 63.63±4.39 | 67.1±6.69 | 65.62±6.15 | 58.21±3.43 | 55.47±5.63 | 62.41±5.25 |
| $VE_{max}(L/min)$ | 123.7±12.3 | 121.9±12.4 | 124.3±12.6 | 120.5±11.9 | 118.6±10.4 | 121.6±12.5 |
| RQ_{max} | 1.12±0.07 | 1.13±0.03 | 1.12±0.05 | 1.13±0.09 | 1.11±0.04 | 1.12±0.05 |
| $HR(l/min)$ | 188.7±6.32 | 194.3±6.39 | 189.4±6.12 | 187.6±6.41 | 184.3±5.29 | 188.9±6.25 |

2.2 运动后血乳酸等相关指标测试结果

表 3 表明: 不同位置高水平男子排球运动员运动后乳酸平均值为 9.03±1.33, 副攻运动员运动后血乳酸值为 8.37±1.12, 为所有运动员值最低, 不同位置运动员通过功率自行车递增负荷过程中最大功率平均值为 354±14.1W, 在进行功率

自行车递增负荷过程中达到无氧阈的功率平均值为 316±12.2W, 所有运动员无氧乳酸阈平均值为 76.8±5.9%, 在峰值功率、无氧阈功率、无氧乳酸阈测试指标中, 副攻运动员都为最高, 其余依次是主攻、二传、接应、自由人。

表 3 场上不同位置运动员递增负荷运动后血乳酸等相关指标比较($\bar{x} \pm s$ $n=46$)

| 相关指标 | 主攻 | 副攻 | 二传 | 接应 | 自由人 | 平均值 |
|----------|------------|-----------|-----------|------------|-------------|-----------|
| 运动后血乳酸 | 10.28±1.43 | 8.37±1.12 | 9.69±1.24 | 10.31±1.53 | 10.52±1.621 | 9.03±1.33 |
| 峰值功率 | 371±13.4 | 386±15.5 | 335±13.7 | 356±13.4 | 324±12.4 | 354±14.1 |
| 无氧阈功率 | 316±11.3 | 338±10.3 | 329±11.7 | 307±10.9 | 301±11.8 | 316±12.2 |
| 无氧乳酸阈(%) | 76.9±6.5 | 84.7±6.9 | 81.5±5.8 | 73.7±5.3 | 67.2±5.1 | 76.8±5.9 |

3 讨论

排球运动是一项间歇性运动, 并且根据排球运动项目性质特征可以看出。排球运动场上不同位置对运动员的体能要求不同, 国内学者通过时间—运动分析表明在排球运动中, 运动员进行单一技术动作时所用的时间不超过 2s^[1], 但是运动员进行各种技战术配合时将这些单一的技术动作组成成套的动作, 这些高强度的运动大约持续 5—10s, 但是随着技术水平的不断提高, 比赛过程中防反次数的不断增加这些高强度的运动将会持续时间更长, 这就要求运动员较强的

无氧能力。从比赛的总时间看, 一场比赛持续时间为 2h 左右, 如要保证 2h 比赛时间的能量供应, 延迟疲劳出现, 减轻疲劳程度, 保证比赛间歇时快速恢复, 就必须提高有氧能力。

3.1 场上不同位置高水平男子排球运动员最大摄氧量特征与规律分析

运动训练学中将排球归属于技能主导类隔网对抗性项群, 此类项群类项目在机能上以发展心肺功能来满足专项速度耐力的需要为主^[2], 最大摄氧量是反映运动员心肺功能最直接的指标, 主要指人体在进行有大量肌肉参加的长时间激烈运动中, 心肺功能和肌肉所动用氧的能力达到本人的极限

水平,单位时间内所能摄取的氧量^[3],人体在进行有氧耐力运动时,最大摄氧量反映了机体呼吸和循环系统氧的运输工作能力。有氧工作能力(aerobic working capacity)是指能反映本人的有氧供能的能力。这种能力包括最大摄氧量、维持最大和次最大摄氧量的能力。

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最大摄氧量的相对值和绝对值进行测试,测试数据表明:不同位置运动员最高心率不同,通过配对 T 检验表明,不同位置运动员最大心率差异具有显著性意义,人体在进行大强度运动时,最大心率与运动强度成正比,故最大心率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^[4]。测试结果中,副攻和二传运动员的心率最高,达到了 200 次以上,自由人的最大心率为最低,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最大心率基本保持一致。

由于运动员之间的个体身高和体重的差异,本研究采用运动员最大摄氧量相对值进行比较,副攻运动员的最大摄氧量相对平均值为 $67.1 \pm 6.69 \text{ ml/kg} \cdot \text{min}$,二传运动员为 $63.62 \pm 6.15 \text{ ml/kg} \cdot \text{min}$,主攻和接应运动员分别为 $60.63 \pm 4.39 \text{ ml/kg} \cdot \text{min}$ 和 $57.21 \pm 3.43 \text{ ml/kg} \cdot \text{min}$,自由人为 $53.47 \pm 5.63 \text{ ml/kg} \cdot \text{min}$,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,随着比赛节奏的不断加快,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,尤其是副攻运动员在比赛时每一次的进攻都需要佯装和实打,每次拦网都需要副攻的参加,并且经常出现连续起跳的现象。二传运动员则承担着比赛过程中的第二次击球,是场上比赛时间最长的运动员,并且在场上跑动时间也是最长的,尤其是后排的防守和前排的插上。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由主攻运动员来完成,现代排球比赛主攻运动员不再是简单的以强攻为主,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^[5],这些组合技术动作与运动员的最大摄氧量都有着紧密的联系。接应运动员在场上的比赛时间较二传时间短,但是接应运动员为场上所有运动员中最全面的运动员,在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的参与各种战术进行,应该说接应所具备的非常强的有氧能力,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,相应地对自由人有氧能力要求较其他运动员低。

3.2 场上不同位置高水平男子排球运动员血乳酸指标特征与规律分析

在有氧功能的渐增负荷过程中,运动强度较小时,血乳酸浓度与安静时的值接近,但是,随着运动强度的增加,乳酸

浓度会逐渐的增加,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^[6],乳酸阈是反映人体在渐增负荷运动中,血乳酸浓度没有急剧堆积时的最大摄氧量实际利用的百分比,即最大摄氧量利用率($\% \text{VO}_{2\text{max}}$)。其阈值愈高,有氧工作能力愈强;反之有氧工作能力愈低。所以本研究选取了影响乳酸阈的相关指标:运动后血乳酸、最大功率、无氧阈功率、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的运动和比赛中,大强度运动的训练会使运动员具有较高的 BLa 值,运动成绩与最大 BLa 值密切相关。从本研究看,排球运动员运动后的 BLa 水平反映了运动肌糖酵解代谢能力强,在大强度负荷后更多 ATP 在糖原无氧酵解代谢中快速的合成。将不同位置运动员在递增负荷运动中的血乳酸浓度值进行标定,副攻血乳酸浓度值总体低于其他位置运动员,其次是二传,主攻与接应变化曲线基本保持一致,自由人为最高,这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,从而使血乳酸积累的起点(onset of blood lactate accumulation, OBLA)延后^[7],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的距离最长,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,对高水平运动员来说,血乳酸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^[8]。

最大功率是肌肉在短时间内产生高机械功率的能力,在 Wingate 实验中,最大功率代表了人体极短时间内做功的能力,它很大程度上取决于瞬间爆发力的水平,反映了磷酸肌酸系统的供能功率^[9]。无氧功率是指运动员在 Wingate 测试机体递增负荷过程中达到无氧阈时所达到的功率值,根据测试数据可知,在乳酸阈指标中副攻运动员所有指标为最高,说明运动员有氧能力相比其他位置运动员最强,副攻运动员达到无氧阈的时间延后,达到无氧阈的承受强度越来越大。

3.3 场上不同位置高水平男子排球运动员有氧能力指标特征与规律分析

排球比赛时间长,高强度的跳跃和助跑在比赛中占据了绝大部分时间,决定了排球比赛中大部分时间依靠的是运动员的有氧代谢方式。若保证比赛过程中运动员每一次起跳、拦网的高度,延缓疲劳的出现,减轻疲劳程度,保证比赛间歇时快速恢复,就必须提高运动员的有氧代谢能力。从运动员体能方面分析,我国高水平男子排球运动员有氧能力提高是对运动成绩提高的一个重要因素,从国家队、甲 A、大学生等高水平排球比赛中我们可以看出在比赛过程中运动员由于

体能下降, 出现主攻运动员在连续扣球或在比赛后期扣球高度下降, 经常被拦死。而副攻运动员则是由于连续拦网出现拦网高度下降, 造成被对方扣球超车。从国家队身体形态指标看出, 我国运动员在身高、扣球高度、拦网高度等指标较其他国家队高, 但是随着比赛的进行看不到在网上的优势, 反而被对方压制。从国家队、省队、大学生队的非技术性指标都没有存在较大的差异。所以本次测试所选取的时间为大学生超级联赛开赛之前一个月内, 这个时期是运动员最佳状态时期, 所得数据能较准确的反映出运动员有氧能力, 从而准确的对运动员进行评价。

有氧能力 (aerobic capacity) 是指人体长时间进行有氧工作的能力, 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^[10]。本研究结果表明: 副攻运动员在最大摄氧量、最大心率等比其他运动员高并呈现显著性差异 ($P < 0.01$), 达到最大吸氧量的同时最大功率较其他运动员高, 副攻运动员达到极限强度时的最大心率和做功时间明显长。二传运动员最大摄氧量比主攻运动员高, 而主攻运动员最大功率、最大心率、无氧乳酸阈等都较二传运动员高, 从现代排球运动发展来看, 主攻运动员是场上所有运动员扣球次数最多的运动员, 并且现在主攻运动员参与快球进攻的战术越来越多, 这些都需要运动员较强的体能做保障。所以在未来排球运动发展过程中, 主攻有氧能力会超过二传运动员, 甚至与副攻运动员保持一致。接应运动员主要职责是拦网、跑动进攻等, 未来接应运动员的有氧能力也会不断的增强, 自由人在比赛过程中的表现主要有移动垫球、接发球、调整传球。排球运动员由于场上不同位置的职责分工造成所需的体能也相应不同。通过对高水平队伍训练现状的调查发现, 在专项体能的训练内容安排上没有很好的体现排球运动员专项体能的整体性原则, 所有体能训练内容和训练方式基本相同, 没有根据不同位置职能在比赛场上专项负荷的特点进行区别对待。但是在 20 世纪 90 年代初期, 国内外学者已经对排球运动员体能特点提出了训练的个性化问题, 所以对高水平运动队进行专门的专项体能训练是现代高水平运动员训练的一个重点突破口^[11]。

以往研究都是对所有排球运动员的体能进行研究, 得出高水平排球运动员综合体能的需求, 排球这项运动与其他球类运动存在着自己独特的职能分工, 相对而言场上不同位置运动员所需要的体能具有较大的差距, 而现在高水平排球训练中, 见不到针对不同位置运动员进行不同的训练方式。我们对不同位置排球运动员进行有氧能力测试发现: 不同位置有氧能力存在较大差距, 这些不是由于平时训练所造成的差

别, 而是由于长期的比赛过程中对不同位置所需有氧能力的要求所造成的差异, 另外还发现: 主攻运动员最大摄氧量指标低于二传运动员, 存在显著性差异, 但是无氧阈功率、最大功率、最大心率等指标都超过了二传运动员, 根据现代排球比赛规律, 在未来比赛中将对主攻运动员有氧能力提出更高层次的要求, 而这一点在以往研究中没有涉及, 所以还需进一步对不同位置高水平排球运动员的有氧能力进行研究。

4 结论

1) 对高水平排球运动员赛前良好体能进行测试, 我国高水平排球队不同位置运动员在最大摄氧量等相关指标之间存在着显著性差异, 副攻运动员 > 二传运动员 > 主攻运动员 > 接应运动员 > 自由人运动员。

2) 高水平排球运动员中副攻运动员最大摄氧量值达到了 $67.1 \pm 6.69 \text{ L/kg/min}$, 自由人达到了 $53.47 \pm 5.63 \text{ L/kg/min}$, 表明现代排球运动对运动员有氧能力指标的要求已经达到了较高的要求。

3) 从最大摄氧量指标中得出二传运动员有氧耐力较主攻运动员强, 但是与有氧能力指标相关的其他指标主攻较二传高, 不能很好的比较二者之间的有氧能力, 这需要进一步的研究。

参考文献:

- [1] 李登光, 倪伟. 提高现代排球比赛能量代谢系统机能的训练及营养补充[J]. 山西师范大学体育学院学报, 2006, 21(2): 125-126
- [2] 田麦久. 运动训练学[M]. 北京: 人民体育出版社, 2000: 50-54.
- [3] Blomstrand E, Radegran G. Maximum rate of oxygen uptake human skeletal muscle in relation to maximal activities of enzymes in the Krebs cycle [J]. *Physiol*, 1997, 501: 455-460.
- [4] 邓树勋. 运动生理学[M]. 北京: 高等教育出版社, 2006: 332-333
- [5] 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 25(6): 40-41
- [6] Launoue KF. Role of specific aminotransferases in de novo glutamate synthesis and redox shu-Tling in the retina[J]. *neurosci. Res*, 2001, 66(5): 914-922
- [7] Green HR, Helyar M. Metabolic adaptation to training precede changes in muscle mitochondrial capacity[J]. *Appl. Physiol*, 1992, 7(2): 484-491.
- [8] 齐敦禹. 乳酸的产生原因与运动能力[J]. 体育世界, 2007 16(5): 63-65.
- [9] 吴昊. Wingate 测试法的代谢研究[J]. 北京体育大学学报, 1997 20(1): 30-37
- [10] 田野. 运动生理学高级教程[M]. 北京: 高等教育出版社, 2003
- [11] 孙建华. 我国优秀女子排球运动员赛前有氧能力特征的综合检测分析[J]. 中国体育科技, 2011, 26(1): 16-20.