



大学生五体球比赛运动负荷量化研究

张恒亮¹, 黄国虎², 王 垒³, 刘鸿优^{4,5*}

摘要: 五体球是一项集足球和篮球玩法于一体的新型球类运动,因其较高的场地利用率和观赏性而具备广阔的推广前景,目前广东省已成功举办4届大学生五体球联赛。采取心率监测系统 and GPS 全球定位系统对51名大学生运动员在第三届大学生五体球联赛中7场比赛的心率数据与跑动相关数据进行监测,用以量化评估五体球比赛运动负荷特征,并采用数据级数推断法对比了不同阶段比赛负荷的差异性。结果显示:(1)运动员比赛平均心率为(164.5±13.4)次/分钟,约占最大心率的82.5%±6.9%,在比赛时间内运动员每分钟跑动(67.6±14.0)m,其中低强度跑动(速度<12 km/h)距离约占93.1%,高强度跑动(速度≥15km/h)距离仅占2.1%,最大跑动速度为(18.4±3.8) km/h;(2)五体球联赛省赛阶段的平均心率占最大心率百分比、跑动总距离、加速度负荷、中低强度加速和减速次数、中高强度变向次数、身体冲撞次数和爆发性活动次数皆清晰高于市赛,而最大跑动速度和冲刺跑距离占比则清晰低于市赛(ES为0.95~1.12,可能性75%~95%)。研究结果说明大学生五体球比赛的总体比赛负荷要低于足球和篮球,加速、急停和变向等灵敏性素质是区分五体球比赛水平的显著性指标。

关键词: 五体球;内部负荷;外部负荷;比赛表现

中图分类号:G808 文献标志码:A 文章编号:1006-1207(2021)06-0069-09

DOI:10.12064/ssr.20210609

Quantifying the Match Load of Collegiate Wuti Ball League

ZHANG Hengliang¹, HUANG Guohu², WANG Lei³, LIU Hongyou^{4,5*}

(1. Xili Primary School, Shenzhen 518055, China; 2. Chiwan School, Shenzhen 518068, China; 3. Maxiang Central Primary School, Xiamen 361101, China; 4. School of Physical Education & Sports Science, South China Normal University, Guangzhou, 510006, China; 5. National Demonstration Centre for Experimental Sports Science Education, South China Normal University, Guangzhou 510006, China)

Abstract: Wuti ball is a new type of ball game integrating football and basketball. It has great promotion prospects because it's a popular spectator sport with high field utilization. Up to now, Guangdong Province has successfully held four seasons of the Collegiate Wuti Ball League. In this study, the heart rate monitoring system and the global positioning system were applied to monitoring the heart rate data and running data of 51 collegiate students in 7 Wuti ball matches. The Magnitude-based Inference was used to compare the differences of the match load in different competition stages. Results showed that: (1) The average heart rate of athletes was (164.5±13.4) beats/min, which accounted for 82.5%±6.9% of the maximum heart rate. During the match time, athletes ran (67.6±14) m/min, in which low-intensity running (speed <12km/h) occupied 93.1%, while high-intensity running (speed ≥15km/h) only accounted for 2.1%. The maximum running speed in match was (18.4±3.8) km/h. (2) Mean heart rate out of the percentage of the maximum heart rate, total distance covered, player load, efforts of low and medium intensity acceleration and deceleration, efforts of medium and high intensity change of directions, the number of impacts and the number of explosive activities at the provincial stage (knock-out

收稿日期:2020-12-21

基金项目:国家社会科学基金项目(19CTY014);华南师范大学研究生创新计划项目(2017WKXM105);

华南师范大学学生课外科研一般项目(17TKGA01)。

第一作者简介:张恒亮,男,硕士,三级教师。主要研究方向:球类运动比赛表现分析与训练监控。E-mail:zhanghengliang.scnu@foxmail.com。

*通信作者简介:刘鸿优,男,博士,教授,博士生导师。主要研究方向:足球比赛表现与训练监控。E-mail:442688299@qq.com。

作者单位:1. 西丽学校,广东 深圳 518055;2. 赤湾学校,广东 深圳 518068;3. 马巷中心小学,福建 厦门 361101;

4. 华南师范大学 体育科学学院,广东 广州 510006;5. 华南师范大学 运动科学国家级实验教学示范中心,广东 广州 510006。



stage) were all clearly higher than those at the municipal stage (qualification stage). While the maximum running speed and sprint distance were clearly lower (ES: 0.95~1.12, possibility: 75%~95%). These results showed that the overall match load of collegiate Wuti ball is lower than that of football and basketball games. Acceleration, deceleration and change of directions are significant indicators to distinguish the level of Wuti ball matches.

Keywords: Wuti ball; internal load; external load; match performance

五体球是一项通过四肢与头部的协调配合进行控球和转换,且遵循一定的竞赛规则将球踢进或投进指定球门或球筐获得得分的、集足球与篮球玩法于一体的、新兴的同场对抗球类集体运动项目^[1]。该项目由王进安先生发明,于2014年被列为专利,2015年4月正式面世^[1]。

五体球场分为三大区域:手部区、脚部区和五体转换区,球员在手部区可以利用手部实现运球、投篮和盖帽,在脚部区可以利用脚部实现盘带、过人和射门,在五体转换区可以实现手脚科学转换。因此,五体球被认为能够充分调动和开发双手、双脚、大脑的运动协调性与配合度,培养人们的身体机制,实现手部、脚部和头部运动的有机融合^[1-2]。事实上,五体球对场地的要求极低,可充分利用现有的篮球场地,在三分线外添加五体转换线,在篮球架下方设置五人制足球球门规格的球架,即可实现“一场三用”(即五体球场、篮球场、足球练习场)。

相对于传统球类运动项目,五体球运动的场地利用率更高,比赛更具观赏性,团队配合更默契,运动文化更包容,因而具备了广阔的推广前景与市场前景^[2]。目前,华南师范大学、广州体育学院等高校相继成立了五体球协会,且在深圳五体运动有限公司的组织下,于2015年、2016年和2017年分别举办了第一届至第三届大学生五体球联赛,为五体球运动的宣传与推广走出了重大一步。但是要对该项目进行进一步的推广,需要对项目的比赛特征进行更加深入的研究,让人们更加直观地认识该项目的本质特征。

当前,对篮球与足球比赛的运动负荷特征的研究已经非常深入。对这2个项目的研究主要从运动员的内部运动负荷和外部运动负荷2个方面展开。内部负荷主要从运动员在比赛中的心率这一指标来量化,而外部负荷则主要通过运动员在比赛中的跑动特征来评估。例如:高水平的篮球运动员在比赛中的平均心率占最大心率约为89%,平均每分钟的跑动距离约为83 m^[3];高水平的足球运动员在比赛中的平均心率约为最大心率的85%,平均每分钟的跑动距离约为113 m^[4]。

本研究采取以上2个项目的研究方法,对大学生五体球比赛的运动负荷强度进行科学量化研究。

1 研究方法

1.1 比赛测试

1.1.1 测试对象

本研究选取的测试对象为广东省大学生五体球联赛广州分赛区与省决赛阶段比赛的参赛运动员51名,年龄(21.4±2.1)岁,身高(176.3±5.6)cm,体重(69.1±6.3)kg。测试的潜在风险在测试之前已告知测试对象,并获得了测试对象以及球队教练员的口头同意。

1.1.2 测试时间

测试被安排在2017—2018学年(2017年11月—12月)进行,共跟踪测试了3场广州分赛区的比赛(2017年11月11日,华南师范大学42-36广东第二师范学院;2017年11月12日,华南师范大学57-43广东财经大学;2017年11月12日,广东第二师范学院48-15广州体育学院)和4场广东省决赛阶段的比赛(2017年12月16日,北京师范大学珠海分校36-21肇庆学院;2017年12月16日,华南师范大学43-26深圳职业技术学院;2017年12月17日,深圳职业技术学院50-25肇庆学院;2017年12月17日,华南师范大学41-18北京师范大学珠海分校),累积得79人次的比赛数据。为了尽可能保证测试的客观性,测试人员完全不干涉或更改参赛球队的比赛计划。

1.1.3 测试工具与变量

借鉴足球与篮球运动员的运动负荷量化方法,将五体球比赛运动负荷划分为内部负荷和外部负荷2部分,内部负荷主要通过运动员的比赛心率这一指标来量化,而外部负荷则通过运动员在比赛中的跑动距离、跑动速度和加速度指标来量化^[5]。本研究采取Polar Team2心率传感器和Catapult Optimeye S5 GPS定位设备来采集运动员在比赛中的心率指标和跑动相关指标。2种设备分别通过胸带和背心佩带于运动员身上,并不影响运动员的正常活动,且2种设备均被前人的研究证实能够准确地采集运动



员的实时心率和实时移动位置及速度信息^[6]。每场比赛开始前 25 min, 测试人员帮助被测试运动员佩戴并激活心率传感器和 GPS 定位设备, 比赛结束后的 10 min 内, 测试人员则帮忙解除运动员佩戴的电子设备。每名队员在每场比赛的每一次上场时间和

离场时间都被精确记录。每场比赛结束后, 心率传感器和 GPS 定位设备的数据都被导出进行初步分析, 2 种设备可以记录每个运动员的上千条心率及跑动相关变量数据。参照前人的研究成果^[7-12], 本研究选取了以下相关变量进行分析, 详见表 1。

表 1 本研究选取的比赛负荷相关变量
Table1 Variables related to match load selected in this study

变量名称	简单释义
平均心率/(次·分钟 ⁻¹)	运动员在上场比赛时间内的平均心率
平均心率占最大心率/%	运动员在上场比赛时间内的平均心率占最大心率的百分比
跑动总距离/(m·min ⁻¹)	运动员在上场比赛时间内的跑动总距离
最大跑动速度/(km·h ⁻¹)	运动员在上场比赛时间内的最大瞬时跑动速度
步行距离百分比/%	运动员在上场比赛时间内以 0~5.9 km/h 的速度跑动的距离占跑动总距离的百分比
慢跑距离百分比/%	运动员在上场比赛时间内以 6~7.9 km/h 的速度跑动的距离占跑动总距离的百分比
低速跑距离百分比/%	运动员在上场比赛时间内以 8~11.9 km/h 的速度跑动的距离占跑动总距离的百分比
中速跑距离百分比/%	运动员在上场比赛时间内以 12~14.9 km/h 的速度跑动的距离占跑动总距离的百分比
高速跑距离百分比/%	运动员在上场比赛时间内以 15~18 km/h 的速度跑动的距离占跑动总距离的百分比
冲刺跑距离百分比/%	运动员在上场比赛时间内以>18 km/h 的速度跑动的距离占跑动总距离的百分比
加速度负荷	公式 1: 加速度负荷 = $\sum_{i=0}^n A$ $A = \frac{\sqrt{(\text{FWD}_{t=i+0.001} - \text{FWD}_{t=i})^2 + (\text{SIDE}_{t=i+0.001} - \text{SIDE}_{t=i})^2 + (\text{UP}_{t=i+0.001} - \text{UP}_{t=i})^2}}{1000}$
低强度加速次数/次	运动员在上场比赛时间内以 1.5~2.5 m/s ² 的加速度跑动的次数
中等强度加速次数/次	运动员在上场比赛时间内以 2.5~3.5 m/s ² 的加速度跑动的次数
高强度加速次数/次	运动员在上场比赛时间内以>3.5 m/s ² 的加速度跑动的次数
低强度减速次数/次	运动员在上场比赛时间内以 -2.5 ~ -1.5 m/s ² 的加速度跑动的次数
中等强度减速次数/次	运动员在上场比赛时间内以 -3.5 ~ -2.5 m/s ² 的加速度跑动的次数
高强度减速次数/次	运动员在上场比赛时间内以<-3.5 m/s ² 的加速度跑动的次数
低强度变向次数/次	运动员在上场比赛时间内以 1.5~2.5 m/s ² 的加速度完成左右变向的次数
中等强度变向次数/次	运动员在上场比赛时间内以 2.5~3.5 m/s ² 的加速度完成左右变向的次数
高强度变向次数/次	运动员在上场比赛时间内以>3.5 m/s ² 的加速度完成左右变向的次数
跳跃次数/次	运动员在上场比赛时间内跃离地面高度超过 0.2 m 的次数
身体冲撞次数/次	运动员在上场比赛时间内与其他运动员身体碰撞的次数
爆发性活动次数/次	运动员在上场比赛时间内完成的高强度加速、减速与变向次数的总和

注: 公式 1 中 FWD 为前后加速度, SIDE 为左右加速度, UP 为垂直加速度, t 为时间, i=0, 0.001, 0.002, ..., n。

1.2 数据分析

每一名运动员所有比赛时间内的以上变量的数据都被导入到电脑后, 进入下一步分析。与五人制足球和篮球相似, 五体球比赛的换人较为简易和频繁, 每名运动员在每场比赛的出场时间都不一样 (38.1±18.5) min, 最少 2.0 min, 最多 70.7 min, 为了方便对比, 通过 Excel 软件将跑动总距离、加速度负荷、低强度加速次数、中等强度加速次数、高强度加速次数、低强度减速次数、中等强度减速次数、高强度减速次数、低强度变向次数、中等强度变向次数、高强度变向次数、跳跃次数、身体冲撞次数和爆发性活动次数 14 个绝对值变量标准化为每分钟的跑动 / 次数 / 负荷, 而

平均心率、平均心率占最大心率百分比、最大跑动速度、步行距离百分比、慢跑距离百分比、低速跑距离百分比、中速跑距离百分比、高速跑距离百分比、冲刺跑距离百分比 9 个相对值变量则保留原始值。标准化后的数据被导入到 SAS 中进行进一步分析: 首先, 将所有运动员在比赛中的每一项变量进行描述性分析, 得出大学生五体球比赛中运动负荷的总体特征; 其次, 运用广义混合线性模型 (Proc Glimmix) 进行泊松模型创建, 以比赛阶段 (市赛 vs. 省赛) 为自变量 (固定效应), 以每一项心率和跑动指标的数值为因变量进行 23 次单独建模, 所有模型中, 球员姓名和比赛场次变量都被添加为随机效应, 以识别同



一球员参加的多场不同比赛,正确处理重复测量数据。通过创建的泊松模型估算大学生五体球运动员在市赛和省赛中的各项心率与跑动指标的均值差异。采用数据级数推断法(Magnitude-based Inference)的非临床推断方法对模型结果进行统计学推断,均值差异被转换成标准化效应值(ES值)。对ES值的大小进行以下划分:<0.2为微小无意义差异;0.2~0.6为小程度差异;0.6~1.2为中等程度差异;1.2~2.0为大程度差异;>2.0为非常大程度差异。当ES值的90%置信区间不同时包含-0.2和0.2时,可认定该差异为清晰的。差异值为清晰的正值、负值或微小无意义值的可能性的size可做如下界定:<0.5%为极其不可能;0.5%~5%为非常不可能;5%~25%为很不可能;25%~75%为可能;75%~95%为很可能;95%~99.5%为非常可能;>99.5%为极其可能^[13-14]。

2 研究结果与分析

2.1 大学生五体球比赛负荷的总体特征

前人研究表明,平均心率与最大心率相结合能准确地反映运动员在比赛中承受的内部负荷强度^[15]。由表2可见,大学生五体球运动员在比赛中的平均心率为(164.5±13.4)次/分钟,约占最大心率的82.5%±6.9%。Alexandre等^[16]的综述显示,无论是友谊赛还是正式比赛,青年和成年运动员在参加11人制足球比赛中的平均心率在165~175次/分钟,占最大心率的80%~89%。谢军等^[17]对参加五人制足球教学比赛的大学生运动员进行研究,结果显示运动员的平均心率为171.6次/分钟,约占最大心率的86.4%。Sassi等^[18]对职业足球运动员参加8V8足球比赛进行研究,结果显示无守门员比赛的生理负荷反应显著高于有守门员的比赛。刘军等^[19]的文献综述显示,篮球运动员在比赛中高于80%的时间心率处于85%最大心率以上,在激烈的篮球比赛中,球员的平均心率为(169±9)次/分钟。McInnes等^[20]以及Janeira等^[21]曾分别对澳大利亚全国篮球联赛和葡萄牙全国锦标赛的男子篮球运动员比赛心率进行研究,结果表明运动员在上场时间内的平均心率均为168次/分钟。赵刚等^[22]对东北师范大学和辽宁大学参加男子超级联赛的大学生运动员进行比赛心率特征研究,得出大学生篮球运动员在纯比赛时间内的平均心率为166.1次/分钟。由此可见,大学生参加五体球比赛的内部负荷与篮球比赛相接近,但与前人^[18]研究结果不同的是,无守门员的五体球比赛内部负荷低于有守门员的五人制足球比赛。

表2 大学生五体球比赛中运动员各项负荷相关变量数值一览

Table 2 Values of athletes' load-related variables in Collegiate Wuti Ball League

变量	均值	标准差	最小值	最大值
平均心率/(次·分钟 ⁻¹)	164.5	13.4	112.7	187.3
平均心率占最大心率/%	82.5	6.9	56.4	93.8
跑动总距离/(m·min ⁻¹)	67.6	14.0	39.6	96.6
最大跑动速度/(km·h ⁻¹)	18.4	3.8	8.9	24.7
步行距离/%	71.4	16.1	44.5	99.1
慢跑距离/%	8.9	4.1	0.8	15.6
低速跑距离/%	12.8	7.6	0.1	24.1
中速跑距离/%	4.8	3.4	0	15.1
高速跑距离/%	1.5	1.4	0	6.7
冲刺跑距离/%	0.6	0.9	0	5.1
加速度负荷	7.6	1.6	4	10.8
低强度加速次数/次	0.7	0.3	0	1.5
中等强度加速次数/次	0.3	0.2	0	1.1
高强度加速次数/次	0.2	0.1	0	0.5
低强度减速次数/次	1.1	0.5	0.4	2.6
中等强度减速次数/次	0.4	0.2	0	1.0
高强度减速次数/次	0.1	0.1	0	0.4
低强度变向次数/次	5.6	1.8	1.9	11.1
中等强度变向次数/次	1.2	0.4	0.3	2.5
高强度变向次数/次	0.4	0.2	0	1.0
跳跃次数/次	0.6	0.4	0	2.0
身体冲撞次数/次	0.5	0.5	0	2.5
爆发性活动次数/次	0.7	0.3	0.2	1.7

外部负荷方面,五体球运动员在比赛时间内平均每分钟跑动(67.6±14)m,其中,低强度跑动(速度<12km/h)距离约占93.1%,高强度跑动(速度≥15km/h)距离仅占2.1%,最大跑动速度为18.4 km/h。有学者^[23]研究显示:英国14岁以下精英足球运动员和普通足球运动员在比赛中每分钟跑动距离分别为116 m和105 m,最大跑动速度分别为27 km/h和26 km/h;巴西足球劲旅圣保罗足球俱乐部U17和U20运动员在比赛中每分钟跑动距离分别为105 m和109 m^[24]。由此可见,大学生五体球运动员在比赛中的跑动距离和最大跑动速度远低于青少年职业足球运动员。但要注意的是,目前五体球比赛一般安排在标准篮球场上进行,比赛场地约为标准足球场的1/17,运动员在执行比赛战术的过程中动作较为短促,长距离跑动少,加速距离短,从而导致运动员的跑动距离和最大跑动速度低于足球比赛。

五体球比赛场地在标准篮球场的基础上划分了手部区、脚部区和五体转换区。与篮球比赛一样,五



体球比赛由2支队伍参加,每队场上有5名队员,因此这2项比赛的人均场地面积相同。斯洛文尼亚全国男子篮球锦标赛运动员在比赛中每分钟跑动距离为110 m^[25];我国CBA篮球联赛优秀运动员每分钟跑动距离为119 m,其中速度大于18 km/h的高速跑距离占跑动总距离的9.1%,步行和慢跑(速度<10.8 km/h)距离占比64.7%^[26]。大学生五体球运动员的跑动距离和高速跑距离占比均远低于职业篮球运动员,步行和慢跑距离占比这一指标则高于篮球运动员。结合五体球场地情况进行考虑,出现这种结果的原因之一可能是由于运动员在进行手脚转换的过程中降低了进攻速度,拖慢了比赛节奏,以致步行和慢跑距离占比偏高。

足球和篮球比赛中的非周期性与不规律性需要运动员拥有良好的变向、跳跃、加速和身体对抗能力,目前这4项指标已被广泛应用于评估运动员的比赛表现^[27-31]。在五体球比赛中,运动员每分钟变向7.2次,低于中国国家男子7人制橄榄球运动员的10次^[32],其中高强度变向0.4次,仅占5.6%,77.8%的变向为低强度变向,说明五体球运动员在比赛中较少用到高强度变向来摆脱防守。五体球比赛中,运动员每分钟跳跃0.6次,低于澳大利亚全国篮球联赛运动员的1.3次^[29]和突尼斯U19篮球联赛运动员的1.2次^[33],这是因为五体球运动员在脚部区进行盘带、过人和射门等诸多技术动作时不需要过多的弹跳。运动员在五体球比赛中平均每分钟完成2.8次加减速,高于河北省青年男子篮球比赛的0.78次^[29]和辽宁省男子曲棍球比赛的1.76次^[34],1:1.33的加/减速比例也明显高于挪威职业男子足球比赛中的1:0.72^[35]和河北省青年男子篮球比赛中的1:0.27^[29],再次印证了五体球比赛运动员在转换区中要先通过减速制动进行手脚转换,进而再加速启动完成有效进攻的技术特色。但需要注意的是,已有研究表明频繁的减速制动会导致局部肌肉疲劳^[30],且高强度减速是引起髌骨损伤的重要原因之一^[36],因此建议五体球运动员在赛后应注意对膝关节的护理,有针对性地提高膝关节力量,以适应在比赛中的高强度减速制动。而在身体对抗方面,已有大量研究表明运动员在比赛中出现过多的身体碰撞是造成运动损伤的重要诱因之一^[31,36-37]。五体球运动员0.5次/分钟的身体冲撞次数远低于世界高水平篮球运动员^[31]的5.3次/分钟和中国北京队橄榄球运动员的8.3次/分钟^[38],这是因为五体球运动更注重运动员的技巧性和灵活性,运动员在比赛中更多是以手脚转换运球和变速过人等动作摆脱对手,避免了过多的身体碰撞,能从源头上有效减少运动中的损伤发生率。

综合以上讨论可知,相对足球和篮球,大学生五体球比赛跑动距离和最大跑动速度偏低,且高速跑距离占比较小,低速跑距离占比较大,比赛节奏偏慢。另外,五体球比赛中,运动员的变向、跳跃和身体冲撞动作次数较少,加减速次数较多,其中减速动作多于加速动作,表明五体球运动是一项重技巧、轻对抗的球类项目。

2.2 不同比赛阶段的大学生五体球比赛负荷的差异性

广东省大学生五体球联赛市赛阶段采取赛区积分赛模式,共设置4个赛区,每个赛区积分排名最靠前的球队晋级,赛制模式为单场淘汰制。结合表3和图1可见,五体球联赛省赛阶段的平均心率占最大心率百分比、跑动总距离、加速度负荷、中低强度加速和减速次数、中高强度变向次数、身体冲撞次数和爆发性活动次数皆清晰高于市赛,而最大跑动速度和冲刺跑距离占比则清晰低于市赛(ES介于0.95~1.12,可能性>75%)。

表3 大学生五体球市赛与省赛中的各项负荷相关变量对比($\bar{X}\pm SD$)

Table3 Comparison of load-related variables in the provincial and municipal collegiate Wuti ball matches ($\bar{X}\pm SD$)

变量	市赛(N=32)	省赛(N=47)
平均心率/(次·分钟 ⁻¹)	160.52±16.38	167.17±10.35
平均心率占最大心率/%	80.26±8.17	84.05±5.37
跑动总距离/(m·min ⁻¹)	61.71±9.41	71.54±15.22
最大跑动速度/(km·h ⁻¹)	20.23±2.41	17.17±4.10
步行距离/%	64.48±7.57	76.11±18.56
慢跑距离/%	10.72±1.69	7.59±4.72
低速跑距离/%	15.95±4.16	10.64±8.58
中速跑距离/%	6.28±2.07	3.80±3.83
高速跑距离/%	1.82±1.09	1.34±1.62
冲刺跑距离/%	0.72±0.69	0.50±1.00
加速度负荷	7.25±1.44	7.79±1.63
低强度加速次数/次	0.67±0.26	0.75±0.29
中等强度加速次数/次	0.23±0.12	0.29±0.17
高强度加速次数/次	0.17±0.12	0.19±0.11
低强度减速次数/次	1.02±0.36	1.23±0.50
中等强度减速次数/次	0.35±0.17	0.42±0.20
高强度减速次数/次	0.13±0.10	0.15±0.11
低强度变向次数/次	5.25±1.92	5.76±1.70
中等强度变向次数/次	1.12±0.53	1.24±0.35
高强度变向次数/次	0.35±0.18	0.46±0.23
跳跃次数/次	0.58±0.40	0.55±0.35
身体冲撞次数/次	0.42±0.49	0.48±0.50
爆发性活动次数/次	0.65±0.29	0.80±0.32

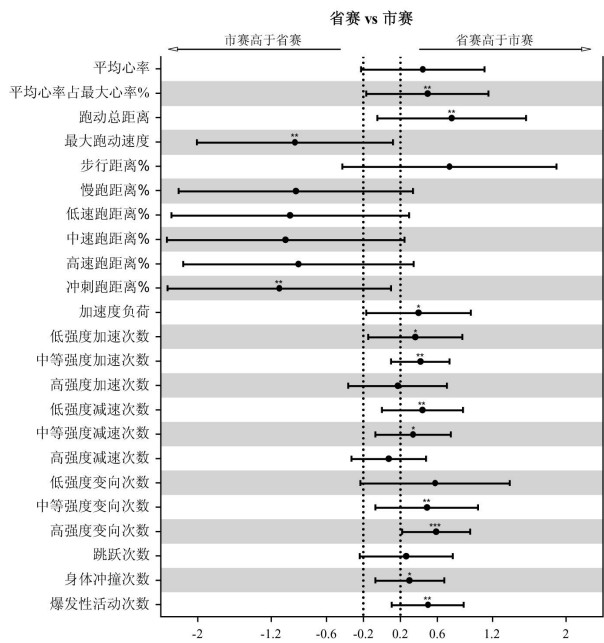


图1 大学生五体球市赛与省赛中各项负荷相关变量的差异性

Figure 1 Differences of load-related variables in the provincial and municipal collegiate Wuti ball matches

注:黑点代表标准化均值差异,误差线代表均值差异的90%置信区间。*位于<-0.2区域、>0.2区域与-0.2~0.2之间区域,分别代表市赛高于省赛、省赛高于市赛以及省赛与市赛只存在微小无意义差异的可能性,*表示25%~75%,**表示75%~95%;***表示95%~99.5%。

研究显示,运动员在比赛中平均每分钟跑动距离除以平均心率占最大心率百分比的值,可作为运动表现效率值,运动表现效率值越高则证明专项体能越优秀^[39],五体球运动员在省、市赛阶段的运动表现效率值分别为0.85和0.77,表明省赛运动员的专项体能优于市赛运动员。

同场对抗球类集体运动项目具有运动时间长、运动强度大的特点,因此运动员需要具备良好的专项体能以完成比赛中的技战术要求,高水平的耐力、速度和灵敏等运动素质是构成运动员专项体能的重要基础^[40-41]。运动员的跑动能力能够反映其在比赛中的体能水平,跑动距离是最直观的表征运动员耐力素质的要素之一,比赛中跑动总距离和高强度跑动距离越长,表示运动员的持续跑动能力和有氧耐力素质越强^[42-43]。Rampinini等^[44]与部义峰等^[45]的研究发现高级别足球比赛中的跑动总距离和高强度跑动距离显著高于低级别比赛,不同级别的篮球比赛和手球比赛也体现出相同趋势特征^[25-26,32,40,46],由此可见,耐力素质是区分足球、篮球和手球比赛水平的显著性关键指标。尽管五体球省赛阶段的跑动总距离清

晰高于市赛(ES=0.75,可能性>75%),但本研究中五体球比赛运动员在高强度跑动距离方面却与前人研究结果不一致,具体表现为市赛的冲刺跑距离占比清晰高于省赛,由此可以推断耐力素质指标并不能清晰区分五体球的比赛水平。

国外学者^[47-51]曾对不同水平的橄榄球比赛进行研究,结果表明,橄榄球运动员在高级别比赛中的最大跑动速度高于低级别比赛,排名靠前球队的冲刺跑距离高于排名靠后球队,研究认为速度素质是区分橄榄球比赛水平的显著性关键标准之一。五体球与橄榄球同为同场对抗性集体球类项目,但较高级别的五体球省赛在最大跑动速度和冲刺跑距离占比方面却清晰低于市赛(ES为0.95~1.12,可能性75%~95%),与前人的研究结果恰好相反。另外,除冲刺跑距离占比之外,其余各速度段下的跑动距离占比变化皆不清晰,表明以上速度素质指标在不同级别的五体球比赛中并未体现出显著性差异。

有研究认为,相对于各速度段下的跑动距离,运动员在比赛中的加速、减速和变向等灵敏性动作会引起更大的能量消耗,对运动员的灵敏能力进行监测,能更全面地量化运动员在各个方向的运动负荷,进而评测运动员的技术特点^[29,33]。五体球比赛中,省赛阶段的跑动总距离、中低强度加速和减速次数、中高强度变向次数皆清晰高于市赛,说明省赛参赛运动员具备更良好的灵敏素质,能更合理地利用五体球比赛的场地和规则,在转换区内通过减速制动灵活地完成手脚切换,然后利用更多的加速启动和变向摆脱对手完成进攻,并且在完成能量消耗更大的灵敏性动作后仍能保持更持久的跑动。综合以上讨论,说明区分五体球比赛水平的运动负荷指标更多的是加速、急停和变向等灵敏素质指标,而不是单纯的速度素质或耐力素质指标。

3 研究结论与建议

3.1 结论

3.1.1 大学生五体球比赛的总体比赛负荷低于足球比赛和篮球比赛。内部负荷方面,大学生五体球运动员的平均心率与篮球运动员接近,但低于大学生五人制足球运动员;外部负荷方面,跑动总距离和最大跑动速度偏低,且有可能因为受到五体球特有的场地和规则影响,运动员的步行距离占比较大,减速次数偏多,比赛节奏偏慢。

3.1.2 五体球比赛的变向、跳跃和身体冲撞动作次数较少,运动员在比赛中更多是以变速过人和手脚转



换运球等技巧性动作来摆脱防守,能有效降低因身体碰撞而发生的运动损伤,表明五体球运动是一项重技巧、轻对抗的球类项目。

3.1.3 省赛阶段五体球运动员的专项体能优于市赛运动员,其中大部分灵敏素质相关变量也显示为清晰的高于市赛运动员,而速度素质和耐力素质相关变量在不同级别的五体球比赛中则未显示出清晰的差异,说明区分五体球比赛水平的运动负荷指标更多的是加速、急停和变向等灵敏素质指标,而不是单纯的速度素质或耐力素质指标。

3.2 建议

本研究数据结果可以为五体球运动的科学训练和规则完善提供一定的理论参考。五体球运动从业者可以更加科学地认识五体球比赛负荷特征,以此为依据制定训练计划,合理安排训练负荷,有针对性地加强膝关节力量锻炼,从而提高训练的科学性,减少运动损伤。另外,五体球运动比较注重参与者的技巧性和灵活性,整体运动负荷较低,比赛中较少出现激烈的身体碰撞,适合在以健身、益智和娱乐为运动目的的人群中大力推广。需要指出的是,由于现实条件限制,本研究只采用了平均心率和平均心率占比2项指标来评估运动员的内部运动负荷,在今后的研究中,可加入相关生化指标、心理学指标和主观感觉指标等多项指标对五体球比赛负荷进行更科学、更全面的监控与研究。

参考文献:

[1] 叶建友,周飞,周威.五体球运动在广州市普通高校推广应用的SWOT分析[J].体育世界(学术版),2018,(3):30-31.

[2] 吕恒,李佐惠.五体球:我国一项新兴运动的推介[J].体育文化导刊,2017(7):57-60.

[3] PUENTE C, ABIÁN-VICÁN J, ARECES F, et al. Physical and physiological demands of experienced male basketball players during a competitive game[J]. Journal of Strength and Conditioning Research, 2017, 31(4):956-962.

[4] CASAMICHANA D, CASTELLANO J, CASTAGNA C. Comparing the physical demands of friendly matches and small-sided games in semiprofessional soccer players[J]. Journal of Strength and Conditioning Research, 2012, 26(3):837-843.

[5] 刘鸿优, JESUS-VICENTEGIMENEZ, ANDRESALCO-LEALEON.主观疲劳量表与体重流失在足球训练负荷控制中的运用[J].体育科学,2015,35(5):62-65.

[6] CUMMINS C, ORR R, O'CONNOR H, et al. Global positioning systems (GPS) and microtechnology sensors in team sports: A systematic review[J]. Sports Medicine, 2013, 43(10):1025-1042.

[7] TORREÑO N, MUNGUÍA-IZQUIERDO D, COUTTS A, et al. Relationship between external and internal loads of professional soccer players during full matches in official games using global positioning systems and heart-rate technology[J]. International Journal of Sports Physiology and Performance, 2016, 11(7):940-946.

[8] DE OLIVEIRA BUENO M J, CAETANO F G, PEREIRA T J C, et al. Analysis of the distance covered by Brazilian professional futsal players during official matches[J]. Sports Biomechanics, 2014, 13(3): 230-240.

[9] CAETANO F G, DE OLIVEIRA BUENO M J, MARCHE A L, et al. Characterization of the sprint and repeated-sprint sequences performed by professional futsal players, according to playing position, during official matches[J]. Journal of Applied Biomechanics, 2015, 31(6):423-429.

[10] VIEIRA L H P, DOGRAMACI S N, BARBIERI R A, et al. Preliminary results on organization on the court, physical and technical performance of Brazilian professional futsal players: Comparison between friendly pre-season and official match[J]. Motriz: Revista de Educação Física, 2016, 22(2):80-92.

[11] CASTAGNA C, D'OTTAVIO S, GRANDA V J, et al. Match demands of professional Futsal: A case study[J]. Journal of Science and Medicine in Sport, 2009, 12(4): 490-494.

[12] MAKAJE N, RUANGTHAI R, ARKARAPANTHU A, et al. Physiological demands and activity profiles during futsal match play according to competitive level[J]. The Journal of Sports Medicine and Physical Fitness, 2012, 52(4):366-374.

[13] 刘鸿优, WILLIAM G H.体育统计学新视角:数据级数推断[J].体育与科学,2017,38(3):27-31.

[14] HOPKINS W G, MARSHALL S W, BATTERHAM A M, et al. Progressive statistics for studies in sports medicine and exercise science[J]. Medicine and Science in Sports and Exercise, 2009, 41(1):3-13.

[15] 陈超.基于活动距离和心率对高水平女足运动员比赛负荷特征的研究[D].北京:北京体育大学,2010.

[16] ALEXANDRE D, DA SILVA C D, HILL-HAAS S, et al. Heart rate monitoring in soccer[J]. Journal of Strength and Conditioning Research, 2012, 26(10):2890-2906.

[17] 谢军,庄巍,金少楠,等.大学生五人制足球教学比赛负荷特征研究[J].体育学刊,2018,25(4):129-133.

[18] SASSI R, REILLY T, IMPELLIZZERI F A. Comparison



- of smallsided games and interval training in elite professional soccer players[J]. *Journal of Sports Sciences*, 2004, 22:562-571.
- [19] 刘军,程丽平,徐建华. 篮球比赛负荷特征的研究成果对体能训练的启示[J]. *体育学刊*, 2012, 19(5):108-112.
- [20] MCINNES S E, CARLSON J S, JONES C J, et al. The physiological load imposed on basketball players during competition[J]. *Journal of Sports Sciences*, 1995, 13(5): 387-397.
- [21] JANEIRA M A, MAIA J. Game intensity in basketball. An interactionist view linking time-motion analysis, lactate concentration and heart rate[J]. *Coaching & Sport Science Journal*, 1998;3(2):26-30.
- [22] 赵刚,张英成. 同场对抗球类项目比赛心率特征研究:以篮球、足球、曲棍球、手球为例[J]. *南京体育学院学报(自然科学版)*, 2014, 13(2):1-6.
- [23] WALDRON M, MURPHY A. A comparison of physical abilities and match performance characteristics among elite and subelite under-14 soccer players[J]. *Pediatric Exercise Science*, 2013, 25(3):423-434.
- [24] PEREIRA D S N, KIRKENDALL D T, LEITE D B N T. Movement patterns in elite Brazilian youth soccer[J]. *Journal of Sports Medicine & Physical Fitness*, 2007, 47(3):270-5.
- [25] ERČULJ F, DEŽMAN B, VUČKOVIĆ G, et al. An analysis of basketball players' movements in the slovenian basketball league play-offs using the sagit tracking system[J]. *Facta Universitatis*, 2008, 6(1):75-84.
- [26] 苑廷刚,洪平,胡水清,等. CBA 优秀运动员比赛跑动特征的初步研究[J]. *中国体育科技*, 2007, 43(4):82-87.
- [27] 水祎舟,傅浩洪. 整合性神经肌肉训练设计对青少年女子足球运动员专项运动表现的影响[J]. *成都体育学院学报*, 2018, 44(5):84-90.
- [28] HOFF J. Training and testing physical capacities for elite soccer players[J]. *Journal of Sports Sciences*, 2005, 23(6):573-582.
- [29] 王梁,申占全,黄俊朋,等. 基于 Player LoadTM 及 IMA 的篮球训练与比赛负荷监控[J]. *广州体育学院学报*, 2018, 38(1):73-76+128.
- [30] 部义峰,刘丹. 足球运动员的体能研究范式与体能训练研究[J]. *体育科学*, 2012, 32(8):55-65.
- [31] 欧岳山,刘艳芳. 析当代竞技篮球比赛身体对抗特征:兼论我国男子篮球队身体对抗差距与成因[J]. *中国体育科技*, 2010, 46(3):34-38.
- [32] 叶家驰. 中国国家男子七人制橄榄球运动员比赛负荷特征的研究[D]. 北京:北京体育大学, 2017.
- [33] BEN ABDELKRIM N, EL FAZAA S, EL ATI J. Time-motion analysis and physiological data of elite under-19-year-old basketball players during competition[J]. *British Journal of Sports Medicine*, 2007, 41(2): 69-75.
- [34] 冯锐,陈小平,蔡旭旦. 基于 Accelerometer 及 GPS 的中国优秀男子曲棍球运动员比赛负荷的研究[J]. *中国体育科技*, 2018, 54(6):59-67.
- [35] DALEN T, INGEBRIGTSEN J, ETTEMA G, et al. Player load, acceleration, and deceleration during forty-five competitive matches of elite soccer[J]. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 2016, 30(2):351-359.
- [36] 李欣,丁维维,喻祝仙. 篮球运动员膝关节损伤调查及力学分析[J]. *中国临床康复*, 2005, 8(9):180-181.
- [37] 马明非,黄泰源,牟春蕾. 北京市高校篮球运动员膝关节损伤的调查研究[J]. *广州体育学院学报*, 2009, 29(2): 94-97.
- [38] 孙科. 北京男子橄榄球队在英式七人制比赛中体能使用特征研究[C]// 中国体育科学学会运动生物力学分会. 第十八届全国运动生物力学学术交流大会(CABS 2016)论文集,北京:中国体育科学学会运动生物力学分会, 2016:2.
- [39] ACHTEN J, JEUKENDRUP A E. Heart rate monitoring: Applications and limitations[J]. *Sports Medicine (Auckland, N Z)*, 2003, 33(7): 517-538.
- [40] 徐建华. CUBA 男子运动员比赛负荷特征及专项运动素质评价的研究[D]. 苏州:苏州大学, 2011.
- [41] 周俊飞. 12 分钟跑与 YOYO 训练对男子足球运动员专项体能影响的比较研究[J]. *武汉体育学院学报*, 2010, 44(9):97-100.
- [42] 姜哲,黄竹杭,吴放. 不同比赛情境下中国足球超级联赛关键跑动表现指标探析[J]. *中国体育科技*, 2018, 54(1):64-70.
- [43] 于少华,刘丹,李强. 中国男子优秀足球运动员比赛跑动能力研究[J]. *中国体育科技*, 2009, 45(6):34-40.
- [44] RAMPININI E, IMPELLIZZERI F M, CASTAGNA C, et al. Technical performance during soccer matches of the Italian Serie A league: Effect of fatigue and competitive level [J]. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 2009, 12(1):227-233.
- [45] 部义峰,刘丹. 中国女子足球队体能训练过程研究:基于备战第 30 届伦敦奥运会预选赛[J]. *中国体育科技*, 2013, 49(4):19-28+59.
- [46] 李强. 同场对抗性集体球类项目比赛跑动能力研究[D]. 上海:上海体育学院, 2011.
- [47] ARGUS C K, GILL N D, KEOGH J W, et al. Assessing lower-body peak power in elite rugby-union players[J]. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 2011, 25(6):1616-1621.
- [48] JOHNSTON R D, GIBSON N V, TWIST C, et al. Physiological responses to an intensified period of rugby lea-



- gue competition[J]. Journal of Strength and Conditioning Research, 2013, 27(3):643-654.
- [49] CAHILL N, LAMB K, WORSFOLD P, et al. The movement characteristics of English Premiership rugby union players[J]. Journal of Sports Sciences, 2013, 31(3):229-237.
- [50] HIGHAM D G, PYNE D B, ANSON J M, et al. Movement patterns in rugby sevens: Effects of tournament level, fatigue and substitute players[J]. Journal of Science and Medicine in Sport, 2012, 15(3):277-282.
- [51] QUARRIE K L, HOPKINS W G. Changes in player characteristics and match activities in Bledisloe Cup rugby union from 1972 to 2004[J]. Journal of Sports Sciences, 2007, 25(8):895-903.

(责任编辑:刘畅)

(上接第49页)

- Signatories[EB/OL].[2021-06-17].<https://www.wada-ama.org/en/resources/code-compliance/international-standard-for-code-compliance-by-signatories-isccs>.
- [4] 任慧涛.勇于“发声”:反兴奋剂治理中运动员的参与[J]体育成人教育学刊,2019,35(2):47-48.
- [5] 李睿智,郭树理.国际体育仲裁院对体育组织规则与决定的审查:以平昌冬奥会俄罗斯运动员参赛资格纠纷为例[J].成都体育学院学报,2020,46(2):49-56.
- [6] 郭树理.权利抑或特权:奥运会参赛权法律性质辨析:平昌奥运会俄罗斯运动员及辅助人员体育仲裁案例述评[J].上海体育学院学报,2020,44(1):39-48.
- [7] WADA.2021 World Anti-Doping Code[EB/OL].[2021-06-17].<https://www.wadaama.org/en/resources/the-code/2021-world-anti-doping-code>.
- [8] 杨佳莹.俄罗斯集体兴奋剂事件中集体责任的探讨[D].苏州:苏州大学,2020.
- [9] 齐贝贝.世界反兴奋剂机构内部举报人制度的完善[D].苏州:苏州大学,2019.
- [10] 董传升.走向人类命运共同体:中国体育“强起来”的发展战略与治理方式[C]//中国体育科学学会.第十一届全国体育科学大会论文摘要汇编,北京:中国体育科学学会,2019.
- [11] 王少棠.论严格责任原则的影响力:由孙杨案说起[J].重庆理工大学学报(社会科学版),2020, 34(5):107-117.
- [12] 王协强.从里约奥运会俄罗斯运动员被禁赛事件看运动员参与国际赛事的权利与义务[J].广州体育学院学报,2016,36(6):23-27+112.
- [13] 李真.签约方遵守世界反兴奋剂条例之国际标准初探[J].体育学刊,2018,25(4):79-86.
- [14] 中国人大网.中华人民共和国刑法修正案(十一)[EB/OL].[2021-06-17].<http://www.npc.gov.cn/npc/c30834/202012/850abff47854495e9871997bf64803b6.shtml>.

(责任编辑:晏慧)