



运用数据级数推断对大学生足球专项课堂教学比赛负荷数据的分析

张恒亮,毛万丽,刘鸿优*

摘要: 采取GPS全球定位系统和心率监测系统对14名大学足球专项学生在3场课堂教学比赛中的内、外部运动负荷进行量化,采用数据级数推断法对比其上、下半场比赛负荷的差异性。结果显示:(1)足球专项课堂教学比赛中,大学足球专项学生平均跑动距离为8 319 m,平均跑动速度为5.59 km/h,平均完成19次高速跑和7.6次冲刺跑。学生在上半场的跑动总距离,平均跑动速度,慢速跑、低速跑、中低速跑、中速跑、中高速跑和高速跑跑动距离、跑动时间与次数,高强度减速跑跑动距离和时间,低强度减速跑跑动距离、时间和次数,低强度加速跑跑动距离和次数,加速度负荷、反复高强度跑动次数都明显高于下半场(ES介于0.35~1.22,可能性>75%),上半场的步行移动时间(ES=0.94,可能性>99.5%)和反复高强度跑动的平均恢复时间(ES=1.60,可能性>99.9%)则明显低于下半场;(2)大学足球专项学生的课堂教学赛的比赛时的平均心率为165次/分钟,约占最大心率的82.8%,大学足球专项学生在整场课堂教学比赛59.5%的时间中处于中高强度和高强度心率区间,学生在下半场处在中高强度心率区间的时间明显多于上半场(ES=0.5,可能性介于75%~95%),而上、下半场处在高强度心率区间的时间只存在微小无意义的差异(ES=0.15,可能性介于75%~95%)。

关键词: 大学生;足球;课堂教学比赛;跑动距离;心率;运动负荷

中图分类号:G807.01 文献标志码:A 文章编号:1006-1207(2018)06-0079-08
DOI:10.12064/ssr.20180611

Application of MBI to Analyses of the Training Load on the Football major College Students in Simulation Matches

ZHANG Hengliang, MAO Wanli, LIU Hongyou*

(School of Physical Education & Sports Science, South China Normal University, Guangzhou 510631, Guangdong, China)

Abstract: GPS and heart rate monitoring equipment were used to test the internal and external training load on 14 football major college students in 3 simulation matches. Meanwhile magnitude-based inference (MBI) was employed to compare the changes in the training load between the first half and the second. Results showed: (1) The football major college students in the simulation match covered a distance of 8319m with the average running speed of 5.59km/h, and achieved 19 high-speed running and 7.6 sprinting on average. The total distance covered, average running speed, and the distance, duration and times of jogging, low-speed running, moderate-speed running, high-speed running, sprinting, as well as low- and high-intensity acceleration and deceleration, match load and efforts of the repetitive high intensity running substantially decreased in the second half (ES: 0.35~1.22, P>75%), meanwhile, time of walking (ES=0.94, P>99.5%) and recovery time (ES=1.60, P>99.9%) between repetitive high intensity running substantially increased in the second half. (2) The average heart rate of the football major college students in the match

收稿日期:2018-10-10

基金项目:华南师范大学学生课外科研“挑战杯”金种子培育项目(18TKKA03);广州市哲学社会科学发展“十三五”规划课题(2017GZYB11);广州市科学技术协会“青年人才托举工程”——科技教师培养计划(K2018050101009)。

第一作者简介:张恒亮,男,在读硕士研究生。主要研究方向:足球比赛表现与训练监控。E-mail: 421786497@qq.com。

* 通讯作者简介:刘鸿优,男,博士,副教授,硕士研究生导师。主要研究方向:足球比赛表现与训练监控。E-mail: szu.youyou@hotmail.com。

作者单位:华南师范大学体育科学学院,广东广州510631。



was 165 beat/min, approximately accounting for 83% of the maximum heart rate. For 59.5% of the match time their heart rate was in the range of moderate-high and high intensity. The time of the heart rate with moderate-high intensity substantially increased in the second half (ES=0.5, P: 75%~95%), while time of the heart rate with high intensity showed only trivial difference between the first half and the second (ES=0.15, P:75%~95%).

Key Words: college students; football; classroom teaching competition; running distance; heart rate; match load

教育部制定的校园足球发展规划中提出,到2020年中小学足球特色学校的数量将达到2万所,同时,支持建设200支高水平大学生足球运动队。毫无疑问,2万所特色足球学校需要大量的中小学足球教师和足球教练员,而200支高校足球运动队则需要大量的高水平大学足球专项学生。中小学足球教师和教练员以及高水平的大学足球专项学生最主要的来源当属普通高等院校的体育教育与运动训练专业足球专项的学生。因此,这两个专业的足球专项课堂教学质量尤其重要。

保障高校足球专项课堂教学质量的关键是制定科学化的教学计划、实现科学化的足球教学与训练,实现这一点的基础则是准确地量化评估高校足球专项学生在课堂教学中的运动负荷特征,并以此为基础制定科学合理的教学与训练计划和内容。

运动负荷是指学生在完成一定的课堂学习、训练或比赛任务时,机体在生理和心理方面所承受的总刺激,可以通过这两方面所表现出来的机体内部应答反应程度来表征^[1]。运动负荷是促进学生竞技能力提升的核心因素^[2],学生承受的学与训练的质和量决定了其运动水平和比赛成绩^[3],因此,对学生在课堂学习与训练中的运动负荷进行科学合理的量化极其重要。

足球作为同场对抗球类集体运动项目,具有集体性和对抗性强的特征,影响其运动负荷的因素复杂多变,量化评估的难度较大^[4,5]。一般认为,足球项目的运动负荷主要包括外部运动负荷和内部运动负荷两种形式^[2]。足球外部运动负荷可由球员在足球训练或比赛中的外在运动形式来表征,包括跑动、加速、急停、跳跃等^[6]。足球内部运动负荷是指教学、训练或比赛任务对球员身体所施加的生物学刺激,包括生理和心理刺激^[6]。心率、血乳酸、摄氧量和主观疲劳等变量都可用来评估足球运动中的内部运动负荷^[6],而其中运用得最广泛的是心率指标^[7]。目前,国内外高水平足球运动队广泛采取GPS全球定位系统和心率监测系统两种可穿戴电子设备来监控和评估运动员在训练与比赛中的外部和内部运动负荷^[8]。

本研究将从实证研究角度出发,以华南师范大学体育教育专业足球专项班的学生为研究对象,采取GPS全球定位系统和心率监测系统两种可穿戴电子设备探讨普通高等院校足球专项课堂教学比赛的运动负荷特征。

1 研究方法

1.1 实验测试

1.1.1 研究对象

本研究选取的研究对象为华南师范大学体育科学学院体育教育专业2014级足球专项班的14名大学足球专项学生[身高(174.7±4.8)cm,体重(70.8±7.1)kg,年龄(20.8±2.2)岁,BMI指数(23.3±3.0)kg/m²]。实验测试在征得研究对象及任课老师的同意后进行。

1.1.2 测试实施

实验测试安排在2016—2017学年度,连续跟踪研究对象的多次足球专项课。为了尽可能地保证实验测试的客观性,实验测试人员不干涉或更改任课老师的教学计划。每次课前15min,实验人员登记好研究对象的姓名、年龄、场上位置等基本信息,帮助研究对象佩戴并激活实时心率跟踪仪(Polar Team²,芬兰)和GPS定位系统(Catapult Optimeye S5,澳大利亚),精确地记录课堂中的各个关键时间点(如,课堂开始时间和结束时间、教学比赛开始和结束时间等)。课程结束后,实验人员帮助研究对象解除其佩戴的电子设备。

Polar Team²心率跟踪仪和Catapult Optimeye S5 GPS定位系统通过胸带和背心佩戴于研究对象身上,并不影响研究对象的正常活动,且两种设备均被前人的研究证实能够准确采集佩戴者的实时心率、实时移动位置及速度信息^[9,10]。

课堂实验测试结束后,测试人员会及时通过软件从心率跟踪仪和定位系统中导出研究对象的心率数据和跑动数据。为了方便本研究的研究讨论,笔者选取了3次该班级与其他班级进行的十一人制足球教学比赛课进行研究。



1.1.3 测试变量

1.1.3.1 外部运动负荷变量

本研究采用的 Catapult Optimeye S5 GPS 定位系统融合了 GPS 全球定位系统、3D 加速度传感器(16G,1 000Hz)、3D 陀螺传感器(2 000 °/s,1 000Hz)

和 3D 磁力传感器(1 200 mT,100Hz),能有效跟踪到大学足球专项学生在课堂教学比赛中的所有跑动、加速、急停等相关信息。参照前人的研究,本文选取以下指标来量化评估大学足球专项学生在足球专项课堂教学比赛中的外部运动负荷(表 1)^[11]。

表 1 本研究选取的外部运动负荷变量
Table I Variables of External Training Load

指标名称	释义
跑动总距离	课堂教学比赛时间内的跑动总距离
最大跑动速度	课堂教学比赛时间内的最大瞬时跑动速度
平均跑动速度	课堂教学比赛时间内的平均跑动速度
步行移动距离	课堂教学比赛时间内以 0~5.9 km/h 的速度(持续 0.6 s 以上)跑动的距离
慢速跑跑动距离	课堂教学比赛时间内以 6~7.9 km/h 的速度(持续 0.6 s 以上)跑动的距离
低速跑跑动距离	课堂教学比赛时间内以 8~11.9 km/h 的速度(持续 0.6 s 以上)跑动的距离
中低速跑跑动距离	课堂教学比赛时间内以 12~14.9 km/h 的速度(持续 0.6 s 以上)跑动的距离
中速跑距离	课堂教学比赛时间内以 15~17.9 km/h 的速度(持续 0.6 s 以上)跑动的距离
中高速跑距离	课堂教学比赛时间内以 18~20.9 km/h 的速度(持续 0.6 s 以上)跑动的距离
高速跑距离	课堂教学比赛时间内以 21~23.9 km/h 的速度(持续 0.6 s 以上)跑动的距离
冲刺跑距离	课堂教学比赛时间内以 ≥24 km/h 的速度(持续 0.6 s 以上)跑动的距离
步行移动时间占比	课堂教学比赛时间内以 0~5.9 km/h 的速度跑动的时间占总比赛时间的百分比
慢速跑时间占比	课堂教学比赛时间内以 6~7.9 km/h 的速度跑动的时间占总比赛时间的百分比
低速跑时间占比	课堂教学比赛时间内以 8~11.9 km/h 的速度跑动的时间占总比赛时间的百分比
中低速跑时间占比	课堂教学比赛时间内以 12~14.9 km/h 的速度跑动的时间占总比赛时间的百分比
中速跑时间占比	课堂教学比赛时间内以 15~17.9 km/h 的速度跑动的时间占总比赛时间的百分比
中高速跑时间占比	课堂教学比赛时间内以 18~20.9 km/h 的速度跑动的时间占总比赛时间的百分比
高速跑时间占比	课堂教学比赛时间内以 21~23.9 km/h 的速度跑动的时间占总比赛时间的百分比
冲刺跑时间占比	课堂教学比赛时间内以 ≥24 km/h 的速度跑动的时间占总比赛时间的百分比
慢速跑次数	课堂教学比赛时间内以 6~7.9 km/h 的速度跑动的次数
低速跑次数	课堂教学比赛时间内以 8~11.9 km/h 的速度跑动的次数
中低速跑次数	课堂教学比赛时间内以 12~14.9 km/h 的速度跑动的次数
中速跑次数	课堂教学比赛时间内以 15~17.9 km/h 的速度跑动的次数
中高速跑次数	课堂教学比赛时间内以 18~20.9 km/h 的速度跑动的次数
高速跑次数	课堂教学比赛时间内以 21~23.9 km/h 的速度跑动的次数
冲刺跑次数	课堂教学比赛时间内以 ≥24 km/h 的速度跑动的次数
慢速跑的平均距离	课堂教学比赛时间内以 6~7.9 km/h 的速度完成的跑动的距离的平均值
低速跑的平均距离	课堂教学比赛时间内以 8~11.9 km/h 的速度完成的跑动的距离的平均值
中低速跑的平均距离	课堂教学比赛时间内以 12~14.9 km/h 的速度完成的跑动的距离的平均值
中速跑的平均距离	课堂教学比赛时间内以 15~17.9 km/h 的速度完成的跑动的距离的平均值
中高速跑的平均距离	课堂教学比赛时间内以 18~20.9 km/h 的速度完成的跑动的距离的平均值
高速跑的平均距离	课堂教学比赛时间内以 21~23.9 km/h 的速度完成的跑动的距离的平均值
冲刺跑的平均距离	课堂教学比赛时间内以 ≥24 km/h 的速度完成的跑动的持续时间的平均值
慢速跑的平均时间	课堂教学比赛时间内以 6~7.9 km/h 的速度完成的跑动的持续时间的平均值
低速跑的平均时间	课堂教学比赛时间内以 8~11.9 km/h 的速度完成的跑动的持续时间的平均值
中低速跑的平均时间	课堂教学比赛时间内以 12~14.9 km/h 的速度完成的跑动的持续时间的平均值
中速跑的平均时间	课堂教学比赛时间内以 15~17.9 km/h 的速度完成的跑动的持续时间的平均值
每次中高速跑的平均时间	课堂教学比赛时间内以 18~20.9 km/h 的速度完成的跑动的持续时间的平均值
高速跑的平均时间	课堂教学比赛时间内以 21~23.9 km/h 的速度完成的跑动的持续时间的平均值
冲刺跑的平均时间	课堂教学比赛时间内以 ≥24 km/h 的速度完成的跑动的持续时间的平均值
高强度减速跑距离	课堂教学比赛时间内以 <-2 m/s ² 的加速度(持续 0.2 s 以上)跑动的距离



(续表 1)

指标名称	释义
低强度减速跑距离	课堂教学比赛时间内以 $-2\sim 0\text{ m/s}^2$ 的加速度(持续 0.2 s 以上)跑动的距离
高强度加速跑距离	课堂教学比赛时间内以 $>2\text{ m/s}^2$ 的加速度(持续 0.2 s 以上)跑动的距离
低强度加速跑距离	课堂教学比赛时间内以 $0\sim 2\text{ m/s}^2$ 的加速度(持续 0.2 s 以上)跑动的距离
高强度减速跑次数	课堂教学比赛时间内以 $<-2\text{ m/s}^2$ 的加速度跑动的次数
低强度减速跑次数	课堂教学比赛时间内以 $-2\sim 0\text{ m/s}^2$ 的加速度跑动的次数
高强度加速跑次数	课堂教学比赛时间内以 $>2\text{ m/s}^2$ 的加速度跑动的次数
低强度加速跑次数	课堂教学比赛时间内以 $0\sim 2\text{ m/s}^2$ 的加速度跑动的次数
高强度减速跑时间占比	课堂教学比赛时间内以 $<-2\text{ m/s}^2$ 的加速度跑动的时间占总比赛时间的百分比
低强度减速跑时间占比	课堂教学比赛时间内以 $-2\sim 0\text{ m/s}^2$ 的加速度跑动的时间占总比赛时间的百分比
高强度加速跑时间占比	课堂教学比赛时间内以 $>2\text{ m/s}^2$ 的加速度跑动的时间占总比赛时间的百分比
低强度加速跑时间占比	课堂教学比赛时间内以 $0\sim 2\text{ m/s}^2$ 的加速度跑动的时间占总比赛时间的百分比
加速度负荷	见公式 1 [†]
反复高强度跑动	比赛中连续完成 3 次(含)以上高强度跑动、每次跑动之间的间隔在 21 s(含)以内 [‡]
反复高强度跑动的平均恢复时间	课堂教学比赛时间内的反复高强度跑动之间的间隔时间的平均值

†: 公式 1: 加速度负荷 = $\sum_{i=0}^n A$

$$A = \frac{\sqrt{\text{FWD}_{t=i+0.001} - \text{FWD}_{t=i}}^2 + (\text{SIDE}_{t=i+0.001} - \text{SIDE}_{t=i})^2}{1000} + \frac{\sqrt{(\text{UP}_{t=i+0.001} - \text{UP}_{t=i})^2}}{1000}$$

FWD: 前后加速度, SIDE: 左右加速度, UP: 垂直加速度, t: 时间, $i=0, 0.001, 0.002, \dots, n$)

‡: 高强度跑动包括以 $\geq 21\text{ km/h}$ 的速度(持续 0.6 s 以上)完成的跑动、以 $\leq 2\text{ m/s}^2$ 的加速度(持续 0.2 s 以上)完成的跑动和以 $>2\text{ m/s}^2$ 的加速度(持续 0.2 s 以上)完成的跑动

1.1.3.2 内部运动负荷变量

本研究研究采用的 Polar Team² 心率跟踪仪可跟踪到大学足球专项学生在足球课堂教学比赛过程

中的心跳。参照前人的研究,本文选取了以下心率指标来量化评估大学足球专项学生在足球专项课堂教学比赛中的内部运动负荷(表 2)^[7]。

表 2 本研究选取的内部运动负荷变量

Table II Variables of Internal Training Load

指标名称	简单释义
平均心率	课堂教学比赛时间内的平均心率
低强度心率区间占比	60%最大心率强度以下的运动时间占总比赛时间的百分比
中低强度心率区间占比	60%~69%最大心率强度下的运动时间占总比赛时间的百分比
中等强度心率区间占比	70%~79%最大心率强度下的运动时间占总比赛时间的百分比
中高强度心率区间占比	80%~89%最大心率强度下的运动时间占总比赛时间的百分比
高强度心率区间占比	90%~100%最大心率强度下的运动时间占总比赛时间的百分比

1.2 数据分析

本研究跟踪测试的 3 次课堂教学足球比赛都分上、下半场进行(中场休息约 10 min), 比赛总时间(第一场比赛用时 50 min, 上半场 27 min、下半场 23 min; 第二场比赛用时 73 min, 上半场 34 min、下半场 39 min; 第三场比赛用时 66 min, 上半场 38 min、下半场 28 min)及每名大学足球专项学生的上场时间不等(8~73 min), 因此, 本研究选取了每一场比赛中打满全场的大学足球专项学生的数据($N=12$)进行进一步研究。由于 3 场比赛时间的不一致, 本文采用 Excel 软件将以 m、s、次为单位的距离、时间和

次数变量以及加速度负荷这些“绝对值”变量, 标准化为 90 min (一场标准的十一人制足球比赛时间)的距离、时间、次数和负荷。而百分比变量、平均时间、平均距离和平均速度这些“相对值”变量则保留原始值。标准化后的数据被导入到 SPSS (v20.0) 进行进一步分析。

首先, 对所有大学足球专项学生在 3 场比赛中的每一项内、外部运动负荷变量进行描述性分析, 得出足球专项课堂教学比赛运动负荷的总体特征。

其次, 采取数据级数推断的方法, 对所有大学足球专项学生的每一项内、外部运动负荷变量在上、下



半场的变化值(CS, Change Score)进行统计学分析:以上半场数值的标准差为基准,将变化值的均值进行标准化,标准化之后的变化值的ES(Effect Size, Cohen's D值)按照以下阈值进行划分:无意义微小变化 <0.2< 小变化 <0.6< 中度变化 <1.2< 大变化 <2.0< 非常大变化 <4.0< 极其大变化。同时,采取90%置信区间,对总体变化值落在各个区间的概率大小作出以下划分:极其不可能 <0.5%< 非常不可能 <5%< 很不可能 <25%< 可能 <75%< 很可能 <95%< 非常可能 <99.5%< 极其可能^[12]。

2 研究结果

2.1 大学足球专项学生足球专项课堂教学比赛外部运动负荷特征

由表3可见,足球专项课堂教学比赛中,大学足球专项学生平均跑动距离为8319m。从跑动速度角度来看,大学足球专项学生在比赛中的平均跑动速度为5.59km/h,低速跑(<12km/h)跑动距离6218m,占总距离的75.5%,高速跑(>21km/h)跑动距离为374m,仅占4.5%;低速跑跑动时间占总比赛时间的91.2%,

而高速跑跑动时间只占1.03%;学生在每90min的比赛中平均完成19次高速跑(21~24km/h)和7.6次冲刺跑(>24km/h),每次高速跑和冲刺跑持续的平均时间为1.75s和2.14s,持续的平均距离为10.9m和15.9m。从加速度的角度来看,学生在比赛中96.7%的跑动距离和98.2%的比赛时间中都是以-2m/s²至2m/s²的低强度完成加/减速的。综合速度和加速度来分析,大学生在十一人制的足球专项课堂教学比赛中,平均间隔80s完成一次反复高强度跑动,整场比赛中平均完成45次反复高强度跑动。大学足球专项学生在上半场的跑动总距离,平均跑动速度,慢速跑、低速跑、中低速跑、中速跑、中高速跑和高速跑跑动距离、跑动时间与次数,高强度减速跑跑动距离和时间,低强度减速跑跑动距离、时间和次数,低强度加速跑跑动距离和次数,加速度负荷,反复高强度跑动次数都明显高于下半场(ES介于0.35~1.22,可能性皆大于75%),上半场的步行移动时间(ES=0.94,可能性>99.5%)和高强度跑动之间的平均恢复时间(ES=1.60,可能性>99.9%)则明显低于下半场。

表3 足球课堂教学比赛中大学足球专项学生各项外部运动负荷相关变量数据

Table III Variables of the External Training Load on College Football Players in the Simulation Match

负荷指标	全场		上半场	下半场	下半场对比上半场	
	$\bar{x} \pm s$	90%CI	$\bar{x} \pm s$	$\bar{x} \pm s$	CS/ $\pm 90\%CI$	ES/ $\pm 90\%CI$
跑动总距离/m	8319 \pm 758	7944~8695	4478 \pm 531	3841 \pm 469	-637/ \pm 340	-1.19/ \pm 0.67***
最大跑动速度/km·h ⁻¹	29.6 \pm 3.3	28.0~31.2	28.7 \pm 3.4	27.9 \pm 3.9	-0.8/ \pm 1.6	-0.25/ \pm 0.45
平均跑动速度/km·h ⁻¹	5.59 \pm 0.52	5.34~5.84	5.97 \pm 0.71	5.12 \pm 0.62	-0.8/ \pm 0.5	-1.19/ \pm 0.67***
步行距离/m	4067 \pm 436	3860~4274	2016 \pm 230	2050 \pm 291	33.8/ \pm 151.7	0.10/ \pm 0.66
慢速跑跑动距离/m	636 \pm 184	549~724	361 \pm 112	275 \pm 89	-86.5/ \pm 44.0	-0.88/ \pm 0.43***
低速跑跑动距离/m	1578 \pm 477	1352~1805	913 \pm 292	666 \pm 238	-247/ \pm 124	-1.09/ \pm 0.52***
中低速跑跑动距离/m	886 \pm 206	788~984	523 \pm 151	363 \pm 100	-159.8/ \pm 78.7	-1.19/ \pm 0.58***
中速跑距离/m	456 \pm 141	389~523	258 \pm 93	199 \pm 62	-59.0/ \pm 36.5	-0.67/ \pm 0.39***
中高速跑距离/m	322 \pm 115	268~377	185 \pm 65	137 \pm 56	-48.1/ \pm 21.0	-0.69/ \pm 0.33***
高速跑距离/m	231 \pm 110	179~283	136 \pm 65	95 \pm 51	-40.8/ \pm 20.9	-0.35/ \pm 0.20**
冲刺跑距离/m	143 \pm 121	85~200	86 \pm 79	57 \pm 52	-29.5/ \pm 28.8	-0.28/ \pm 0.56
步行移动时间占比/%	74.3 \pm 5.7	71.6~77.1	70.9 \pm 7.2	78.6 \pm 5.2	7.7/ \pm 3.3	0.94/ \pm 0.43****
慢速跑时间占比/%	6.0 \pm 1.8	5.2~6.9	6.8 \pm 2.1	5.1 \pm 1.7	-1.6/ \pm 0.8	-0.88/ \pm 0.42***
低速跑时间占比/%	10.9 \pm 3.4	9.3~12.5	12.4 \pm 4.0	9.1 \pm 3.2	-3.3/ \pm 1.7	-1.04/ \pm 0.49***
中低速跑时间占比/%	4.5 \pm 1.1	4.0~5.0	5.2 \pm 1.5	3.6 \pm 1.0	-1.6/ \pm 0.8	-1.21/ \pm 0.59***
中速跑时间占比/%	1.87 \pm 0.59	1.59~2.15	2.08 \pm 0.75	1.60 \pm 0.51	-0.5/ \pm 0.3	-0.70/ \pm 0.42***
中高速跑时间占比/%	1.11 \pm 0.40	0.92~1.30	1.27 \pm 0.45	0.93 \pm 0.39	-0.3/ \pm 0.1	-0.70/ \pm 0.34***
高速跑时间占比/%	0.68 \pm 0.33	0.52~0.83	0.79 \pm 0.38	0.55 \pm 0.30	-0.2/ \pm 0.1	-0.07/ \pm 0.53
冲刺跑时间占比/%	0.35 \pm 0.29	0.21~0.48	0.41 \pm 0.37	0.27 \pm 0.25	-0.1/ \pm 0.1	0.26/ \pm 0.49
慢速跑次数/次	119 \pm 41	100~138	66 \pm 24	53 \pm 21	-12.6/ \pm 9.6	-0.65/ \pm 0.51**
低速跑次数/次	189 \pm 36	171~206	105 \pm 20	83 \pm 21	-21.9/ \pm 9.6	-1.18/ \pm 0.52****
中低速跑次数/次	94 \pm 21	84~104	54 \pm 13	40 \pm 12	-13.5/ \pm 7.6	-1.22/ \pm 0.71***
中速跑次数/次	42 \pm 14	36~49	24.0 \pm 7.3	18.2 \pm 7.9	-5.9/ \pm 3.2	-1.10/ \pm 0.68***



(续表 3)

负荷指标	全场		上半场	下半场	下半场对比上半场	
	$\bar{x}\pm s$	90%CI	$\bar{x}\pm s$	$\bar{x}\pm s$	CS/ $\pm 90\%$ CI	ES/ $\pm 90\%$ CI
中高速跑次数 / 次	25 \pm 10	20~30	14.4 \pm 6.1	10.4 \pm 5.0	-4.0/ \pm 2.3	-0.46/ \pm 0.28**
高速跑次数 / 次	19 \pm 10	14~23	10.6 \pm 5.4	8.1 \pm 4.7	-2.5/ \pm 1.8	-0.61/ \pm 0.43**
冲刺跑次数 / 次	7.6 \pm 5.6	4.9~10.3	4.5 \pm 3.9	3.1 \pm 2.3	-1.4/ \pm 1.6	-0.24/ \pm 0.57
慢速跑的平均距离 / m	3.46 \pm 0.36	3.29~3.63	3.55 \pm 0.39	3.30 \pm 0.38	-0.2/ \pm 0.1	-0.62/ \pm 0.31***
低速跑的平均距离 / m	7.9 \pm 1.5	7.2~8.7	8.2 \pm 1.7	7.4 \pm 1.6	-0.8/ \pm 0.6	-0.55/ \pm 0.41**
中低速跑的平均距离 / m	8.4 \pm 1.4	7.7~9.0	8.7 \pm 1.7	7.8 \pm 1.3	-0.9/ \pm 0.7	-0.51/ \pm 0.42**
中速跑的平均距离 / m	8.2 \pm 1.1	7.7~8.7	8.2 \pm 1.4	8.2 \pm 1.6	0.1/ \pm 1.0	0.03/ \pm 0.62
中高速跑的平均距离 / m	10.1 \pm 1.5	9.4~10.8	10.7 \pm 2.2	9.4 \pm 2.0	-1.3/ \pm 1.7	-0.60/ \pm 0.74**
高速跑的平均距离 / m	10.9 \pm 1.9	10.1~11.8	11.4 \pm 2.2	10.2 \pm 2.5	-1.1/ \pm 1.1	-0.57/ \pm 0.45**
冲刺跑的平均距离 / m	15.9 \pm 3.4	14.3~17.5	17.4 \pm 5.2	16.0 \pm 4.9	-1.0/ \pm 4.5	-0.18/ \pm 1.81
慢速跑的平均时间 / s	1.71 \pm 0.19	1.62~1.80	1.76 \pm 0.20	1.64 \pm 0.20	-0.1/ \pm 0.1	-0.59/ \pm 0.29***
低速跑的平均时间 / s	2.91 \pm 0.56	2.64~3.18	3.01 \pm 0.61	2.74 \pm 0.58	-0.3/ \pm 0.2	-0.49/ \pm 0.39**
中低速跑的平均时间 / s	2.26 \pm 0.36	2.08~2.43	2.34 \pm 0.43	2.10 \pm 0.35	-0.2/ \pm 0.2	-0.56/ \pm 0.42**
中速跑的平均时间 / s	1.78 \pm 0.23	1.67~1.89	1.78 \pm 0.29	1.80 \pm 0.36	0.0/ \pm 0.2	0.03/ \pm 0.66
中高速跑的平均时间 / s	1.87 \pm 0.26	1.75~2.00	1.98 \pm 0.40	1.76 \pm 0.37	-0.2/ \pm 0.3	-0.55/ \pm 0.77**
高速跑的平均时间 / s	1.75 \pm 0.28	1.62~1.88	1.83 \pm 0.34	1.62 \pm 0.36	-0.2/ \pm 0.2	-0.60/ \pm 0.44**
冲刺跑的平均时间 / s	2.14 \pm 0.39	1.95~2.33	2.34 \pm 0.66	2.14 \pm 0.59	-0.1/ \pm 0.6	-0.22/ \pm 0.74
高强度减速跑距离 / m	82 \pm 32	67~97	45 \pm 19	37 \pm 15	-8.9/ \pm 5.4	-0.38/ \pm 0.23**
低强度减速跑距离 / m	3 479 \pm 350	3313~3645	1853 \pm 199	1626 \pm 234	-227/ \pm 134	-1.17/ \pm 0.73***
高强度加速跑距离 / m	197 \pm 98	151~244	99 \pm 56	98 \pm 50	-1.1/ \pm 21.3	0.04/ \pm 0.30
低强度加速跑距离 / m	4561 \pm 437	4354~4769	2480 \pm 328	2081 \pm 264	-399/ \pm 209	-1.23/ \pm 0.66***
高强度减速跑次数 / 次	11.9 \pm 9.2	7.6~16.3	6.2 \pm 3.8	5.7 \pm 6.2	-0.5/ \pm 2.3	-0.33/ \pm 0.50
低强度减速跑次数 / 次	1075 \pm 87	1033~1116	556 \pm 32	518 \pm 68	-38.2/ \pm 31.8	-1.27/ \pm 1.12**
高强度加速跑次数 / 次	20 \pm 11	15~25	9.7 \pm 6.0	10.0 \pm 7.6	0.3/ \pm 4.3	-0.09/ \pm 0.58
低强度加速跑次数 / 次	1 124 \pm 96	1 078~1 169	576 \pm 36	548 \pm 74	-27.4/ \pm 34.5	-0.82/ \pm 1.03**
高强度减速跑时间 / %	0.86 \pm 0.32	0.71~1.01	0.94 \pm 0.36	0.76 \pm 0.32	-0.2/ \pm 0.1	-0.47/ \pm 0.33**
低强度减速跑时间 / %	48.4 \pm 3.1	47.0~49.9	49.4 \pm 1.2	47.5 \pm 5.9	-1.9/ \pm 2.7	-1.81/ \pm 2.47**
高强度加速跑时间 / %	0.76 \pm 0.35	0.59~0.92	0.77 \pm 0.41	0.74 \pm 0.33	0.0/ \pm 0.2	0.03/ \pm 0.30
低强度加速跑时间 / %	49.8 \pm 3.2	48.3~51.3	48.8 \pm 1.3	50.9 \pm 5.9	2.1/ \pm 2.7	1.32/ \pm 1.70
加速度负荷	766 \pm 135	702~830	425 \pm 88	341 \pm 60	-83.8/ \pm 34.8	-0.98/ \pm 0.40****
反复高强度跑动 / 次	45.3 \pm 4.6	43.1~47.5	24.6 \pm 3.5	20.7 \pm 3.5	-3.8/ \pm 2.7	-1.16/ \pm 0.80***
反复高强度跑动的平均恢复时间 / s	80 \pm 15	73~153	69 \pm 13	98 \pm 25	29.5/ \pm 12.2	1.60/ \pm 0.63****

注：* 代表 25%~75%，可能性为“可能”；** 代表 75%~95%，可能性为“很可能”；*** 代表 95%~99.5%，可能性为“非常可能”；**** 代表 >99.5%，可能性为“极其可能”。

2.2 大学生足球专项课堂教学比赛内部运动负荷特征

由表4中的数据可见，在十一人制的足球专项课堂教学比赛中，大学足球专项学生的平均心率为165次/分钟，约占最大心率的82.8%，整场比赛中仅有1.6%的时间处在低于60%最大心率强度的时间内，38.9%的时间处在60%~80%最大心率强度区间，而59.5%的比赛时间是处于80%最大心率强度

以上区间。大学生在比赛中的平均心率以及低强度、中低强度、中等强度心率区间的时间均体现出较大的浮动性(标准差较大)，因此上、下半场的均值变化并不清晰。大学生在下半场处在中高强度心率区间的时间明显多于上半场(ES=0.5，可能性介于75%~95%)，而上、下半场大学生处在高强度心率区间的时间只存在微小无意义的差异(ES=0.15，可能性介于75%~95%)。



表4 足球课堂教学比赛中大学足球专项学生各项内部运动负荷相关变量数据

Table IV Variables of the Internal Training Load on College Football Players in the Simulation Match

负荷指标	全场		上半场	下半场	下半场对比上半场	
	$\bar{X} \pm S$	90%CI	$\bar{X} \pm S$	$\bar{X} \pm S$	CS/ $\pm 90\%CI$	ES/ $\pm 90\%CI$
平均心率 / 次·分钟 ⁻¹	165±10	160~170	165±12	165±8	-0.09/±3.33	0.01/±0.27
低强度心率区间占比 / %	1.6±3.3	0.0~3.2	1.2±2.1	2.0±5.9	0.80/±3.14	0.15/±1.50
中低强度心率区间占比 / %	9.7±9.2	5.3~14.0	10.8±10.4	7.0±8.8	-3.77/±6.10	-0.24/±0.52
中等强度心率区间占比 / %	29.2±16.5	21.4~37.0	28.9±18.7	30.6±15.8	1.75/±5.93	0.09/±0.53
中高强度心率区间占比 / %	36.3±11.8	30.7~41.9	33.0±15.0	40.8±9.6	7.87/±6.34	0.50/±0.40**
高强度心率区间占比 / %	23.2±22.9	12.4~34.1	26.2±26.3	19.6±18.9	-6.65/±5.30	-0.15/±0.09**

注:** 代表 75%~95%,可能性为“很可能”

3 讨论与分析

当前,国内外研究者已广泛采取GPS全球定位系统和心率监测系统来对高水平足球运动员在训练与比赛中的外部和内部运动负荷进行量化^[2,8],并取得了一定的前期研究成果,但对我国高校足球运动员与足球专项大学生在教学、训练与比赛中的运动负荷特征进行量化评估的研究则不多。

在足球运动员外部负荷方面,Torreno等采取GPS全球定位系统对西班牙足球甲级联赛职业足球运动员进行了研究,结果显示:在90min的比赛中,运动员跑动距离达10161m,其中914m为高强度跑动^[11];Buchheit等的研究则得出:18岁的高水平青年足球运动员在90min的十一人制比赛中跑动距离达8867m,低速跑、中速跑、高速跑和冲刺跑跑动距离分别为6650m、976m、574m和666m^[13];而最新的对南非大学生水平的足球比赛的研究显示,运动员全场跑动距离为9329m,高强度跑动时间占总比赛时间的1.3%^[14]。本研究的结果显示,足球专项大学生在90min的课堂教学比赛中的跑动总距离为8319m,高速跑跑动距离为374m,高速跑跑动时间占总比赛时间的1.03%,3项指标与国外的青少年运动员和大学生运动员都存在一定差距,与高水平职业足球运动员的差距较大。此外,本研究采用Catapult Optimeye S5 GPS系统,获得了更加细化的足球专项大学生的外部运动负荷数据,具体为:在十一人制的足球专项课堂教学比赛中,大学生在每90分钟的比赛时间内平均完成19次高速跑和7.6次冲刺跑,每次高速跑和冲刺跑持续的平均时间为1.75s和2.14s,持续的平均距离为10.9m和15.9m,大学生平均每间隔80s完成一次反复高强度跑动,整场比赛中平均完成45次反复高强度跑动。这些细化的外部运动负荷数据可以为足球专项教学、训练与比赛备战提供基础的参考信息。

在足球运动员内部负荷方面,赵刚等使用suuto团队心率表对普通高校足球校队运动员在比赛中的

心率特征进行了分析,结果指出,运动员在比赛中的平均心率为160.2次/分钟,在低强度和中等强度心率区间的运动时间占比赛总时间的74%,中等强度和中等强度心率区间的运动时间占比赛总时间的20%,高强度心率区间运动时间占总比赛时间的6%^[15];Alexandre等^[7]对国外文献的综述研究显示,在十一人制足球比赛中,无论是正式比赛还是教学交流赛,青年和成年运动员的平均心率都在165~175次/分钟之间,占最大心率的80%~89%。与以上结果类似,本研究发现,足球专项大学生在课堂教学比赛中的平均心率为165次/分钟,约占最大心率的82.8%。与前人研究结果不同的是,本研究显示,普通高校足球专项大学生在比赛中有23.2%的时间处于高强度心率区间,65.5%的时间处在中等强度和中等强度区间,中低强度和低强度心率区间内的运动时间仅占11.3%。需要注意的是,高强度心率区间的标准差较大,显示出被研究对象的个体差异较大。

在官方正式的足球比赛中都会有15min以内的中场休息时间,虽然通过中场休息,足球运动员的生理状态可以得到一定的恢复,但依然不足以完全消除运动员的肌肉疲劳,因此,运动员下半场的运动能力和运动表现都会出现一定程度的下降^[11,15]。准确与客观地量化与认知运动员在下半场出现的运动能力下降的具体形式,对于科学地制定训练与比赛方案具有较大的现实意义。在外部负荷方面,Torreno等的研究指出,在西班牙足球甲级联赛中,运动员下半场的跑动总距离和13km/h以上速度跑动的距离都出现了显著性下降^[11]。与此类似,本研究显示,足球专项大学生在课堂教学比赛中,下半场的跑动总距离,平均跑动速度,慢速跑、低速跑、中低速跑、中速跑、中高速跑和高速跑跑动距离、跑动时间与次数,高强度减速跑跑动距离和时间,低强度减速跑跑动距离、时间和次数,低强度加速跑跑动距离和次数,加速度负荷,反复高强度跑动次数都明显低于上半场,而步行移动时间



和反复高强度跑动之间的平均恢复时间则明显高于上半场。说明上半场累积的肌肉疲劳已经严重影响到了足球专项大学生在下半场的运动能力。赵刚等的研究发现,在我国的大学生足球比赛中,运动员上、下半场的平均心率分别为 165.6 次/分钟和 149.4 次/分钟,下半场下降了 1.6 个标准差^[5]。本研究的结果显示,足球专项课堂教学比赛中,足球专项大学生在上、下半场的平均心率差异并不清晰,但足球专项大学生在下半场处在中高强度心率区间的时间明显多于上半场。结合内、外部负荷的结果不难看出,足球专项大学生在下半场比赛中需要应对较高的心肺负荷来完成有球与无球跑动,且跑动能力尤其是高强度跑动能力出现了明显的下降。前人的研究认为,高强度跑动能力是决定足球比赛胜负的关键能力^[11],因此,加强足球专项大学生在出现肌肉疲劳状态下的高强度跑动能力训练显得尤其重要。

4 结论

4.1 相对于国外的青少年和大学足球专项学生,我国普通高校足球专项大学生在课堂教学比赛中的跑动总距离、高速跑和冲刺跑跑动距离和跑动时间都偏低,体现出比赛激烈程度偏低,比赛节奏偏慢的特征。与此同时,跑动总距离、加速度负荷等表征外部负荷量的指标,与平均跑动速度,高速跑跑动距离、时间与次数,反复高强度跑动次数等表征外部负荷强度的指标在下半场都出现明显下降,表明足球专项大学生在下半场的运动能力受到上半场累积的肌肉疲劳的影响较大。

4.2 与国内外各级别的足球比赛类似,我国普通高校足球专项大学生在十一人制的足球专项课堂教学比赛中,赛时平均心率约占最大心率的 82.8%,但体现出较大的个体差异性。足球专项大学生在下半场处在中高强度心率区间的时间明显多于上半场,而上、下半场足球专项大学生处在高强度心率区间的时间只存在微小无意义的差异。结合上、下半场的外部负荷变化特征可以表明,足球专项大学生在下半场的心肺负荷显著增高,却不能完成更多的有球和无球跑动,大学生在出现肌肉疲劳状态下的跑动能力尤其是高强度跑动能力亟待提升。

参考文献:

[1] 徐本力.运动训练学[M].山东:山东体育出版社,1990:91.
[2] 刘鸿优,GIMENEZ J V, LEON A A.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.

- [3] 朱那,汤强,朱卫红.竞技体育中运动负荷计算方法研究进展[J].体育与科学,2013,(6):49-55.
[4] 宫乐贞,张延安.运用 TRIMP 评估足球训练负荷的研究[J].北京体育大学学报,2015,(9):141-144.
[5] 田麦久,刘大庆.运动训练学[M].北京:人民体育出版社,2012.
[6] Bourdon P. C., Cardinale M., Murray A., et al. Monitoring Athlete Training Loads: Consensus Statement[J]. International Journal of Sports Physiology & Performance, 2017, 12(2): S2161.
[7] Alexandre D., Da S. C., Hill-Haas S., et al. Heart rate monitoring in soccer: interest and limits during competitive match play and training, practical application[J]. Journal of Strength & Conditioning Research, 2012, 26(10): 2890-2906.
[8] 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.
[9] Gillinov S., Etiwy M., Wang R., et al. Variable Accuracy of Wearable Heart Rate Monitors during Aerobic Exercise[J]. Medicine & Science in Sports & Exercise, 2017, 49(8):1697-1703.
[10] 刘鸿优,唐小明,陈彦龙,等.全球定位系统跟踪足球运动员跑动距离的准确性实验[J].体育学刊,2018,25(1): 132-136.
[11] Torreno N., Munguiaizquierdo D., Coutts A. J., et al. Relationship Between External and Internal Load of Professional Soccer Players During Full-Matches in Official Games Using GPS and Heart Rate Technology[J]. International Journal of Sports Physiology & Performance, 2016, 11(7): 940-946.
[12] 刘鸿优,Hopkins W. G.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.
[13] Buchheit M., Mendez-Villanueva A., Simpson B. M., et al. Match Running Performance and Fitness in Youth Soccer[J]. International Journal of Sports Medicine, 2010, 31(11):818-825.
[14] Sparks M., Coetzee B., Gabbett T. J. Internal and External Match Loads of University-Level Soccer Players: A Comparison Between Methods[J]. Journal of Strength and Conditioning Research, 2017, 31(4): 1072-1077.
[15] 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,(2):1-6.

(责任编辑:杨圣韬)