



# 大学生足球比赛负荷特征研究

## ——基于数据级数推断与广义混合线性模型的分析

王 垒,陈彦龙,黄国虎,张恒亮,刘鸿优\*

**摘要:**运用“简极-茵战 K1”智能足球运动表现分析系统采集 12 名大学生运动员在 8 场正式足球比赛中的跑动和心率相关指标,量化运动员的外部 and 内部比赛负荷。结果显示:(1)在外部负荷方面,大学生足球运动员在正式的足球比赛中场均跑动距离( $8\ 464\pm 822$ ) m,其中,慢速跑跑动距离约占 39.8%,低速跑跑动距离约占 30.2%,高强度跑动距离约占 5.1%,场均高强度跑动次数( $30\pm 14$ )次;在内部负荷方面,运动员在比赛中的平均心率为( $160\pm 11$ )次/分钟,52%的比赛时间处于 80%最大心率以上区间,仅有 14.5%的比赛时间内处于 70%最大心率以下区间。(2)后卫球员的跑动总距离大幅度地低于中场(ES=1.2,可能性>95%)和前锋(ES=1.4,可能性>95%),高强度跑平均间歇时间则中等程度地高于中场(ES=0.6,可能性>75%)和前锋(ES=0.9,可能性>75%),后卫球员在比赛处于中高心率区间的时间比例中等程度地低于中场(ES=1.0,可能性>95%)和前锋(ES=1.1,可能性>75%)。前锋球员在比赛中的最大跑动速度(ES=0.7,可能性>75%)、步行距离(ES=0.8,可能性>75%)、慢速跑跑动距离(ES=0.6,可能性>75%)和中等强度心率区间占比(ES=0.7,可能性>75%)皆中等程度地高于中场球员,而低速跑跑动距离(ES=0.8,可能性>75%)、平均心率(ES=0.6,可能性>75%)和高强度心率区间占比(ES=0.6,可能性>95%)则都中等程度的低于中场球员。

**关键词:**内部负荷;外部负荷;心率;跑动距离;比赛表现

中图分类号:G807.01 文献标志码:A 文章编号:1006-1207(2018)06-0074-05  
DOI:10.12064/ssr.20180610

### Physical Load of Football Matches on Collegiate Players: Analyses Based on the MBI and GMLM

WANG Lei, CHEN Yanlong, HUANG Guohu, ZHANG Hengliang, LIU Hongyou\*

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

**Abstract:** Insait K1 Performance Analysis System was employed to collect data of the heart rate and running-related indicators of 12 collegiate football players in eight official matches, for the purpose of evaluating their external and internal match load. Main results include: (1) In terms of external load, college football players ran an average of  $8464\pm 822$ m in formal matches, of which jogging distance accounted for 39.8%, low-speed running distance accounted for 30.2%, high-intensity running distance accounted for 5.1%, and the average number of high-intensity running was  $30\pm 14$  times per game; in terms of internal load, the average heart rate of players in the game was  $160\pm 11$  times/min, 52% of the game time was above 80% of the maximum heart rate, and only 14.5% of the game time was below 70% of the maximum heart rate. (2) The defender ran a total distance significantly shorter than the midfield (ES=1.2, P>95%) and the forward (ES=1.4, P>95%), the average interval of his high-intensity running was moderately longer than the midfield

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“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:王垒,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: 767174009@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。



(ES=0.6, P>75%) and the striker (ES=0.9, P>75%). But his time in the range of the high-intensity heart rate was moderately shorter than the midfield. (ES=1.0, P>95%) and the forward (ES=1.1, P>75%). The maximum running speed (ES=0.7, P>75%), walking distance (ES=0.8, P>75%), jogging distance (ES=0.6, P>75%) and the medium intensity heart rate interval (ES=0.7, P>75%) of the forward player in the game was moderately higher than the midfielder, while the low-speed running distance (ES=0.8, P>75%) and average heart rate (ES=0.6, P>75%) and high intensity heart rate interval (ES=0.6, P>95%) are all moderately lower than midfielders.

**Key Words:** internal load; external load; heart rate; running distance; match performance

大学足球是我国校园足球的重要组成部分,教育部制定的校园足球发展规划中明确提出:支持建设200支高水平大学生足球运动队。高水平大学生足球运动队的建设必将跟随现代足球发展方向,朝着模式化、系统化、综合化、量化、手段多样化和信息化的训练与比赛模式发展<sup>[1]</sup>。在国际前沿的现代化训练与比赛模式中,科学准确地量化评估球员的训练与比赛负荷已成为核心内容之一<sup>[2]</sup>。足球比赛负荷能反映足球比赛的体能需求与运动员的竞技水平和状态,是教练对运动员比赛表现分析和评估的重要内容,是训练负荷的参考基线<sup>[2]</sup>。准确地搜集、量化和评估运动员的比赛负荷,能够为教练员规划和设定训练与备战计划提供科学依据,进而可减少过度训练、避免伤病,同时获得最理想的训练效果<sup>[3,4]</sup>。

本研究旨在通过足球运动表现分析系统对全国青少年校园足球联赛大学男子超级组中的运动员比赛负荷进行量化研究,并探讨了不同位置运动员在比赛中的运动负荷特征,以期为大学生十一人制足球的科学训练提供理论与实践依据。

## 1. 研究方法

### 1.1 比赛测试

#### 1.1.1 研究对象

本研究选取的研究对象为华南师范大学校足球队(乙组)的12名大学生运动员[年龄:(21.6±1.7)岁,身高(178.8±6.0)cm,体重(68.3±5.0)kg,其中后卫6名、中场4名、前锋2名]。测试的潜在风险在测试之前已告知研究对象,并获得了研究对象以及球队教练员的口头同意。

#### 1.1.2 测试时间

测试于2018年4月10日—4月21日完成。共跟踪测试了华南师范大学校足球队(乙组)参与的2017/2018赛季全国青少年校园足球联赛(以下简称CUFA)大学男子超级组(南区)决赛阶段的8场正式比赛,累计测得52组打满全场的运动员的比赛数据(后卫24组、中场21组、前锋7组)。为了尽可能

地保证测试的客观性,测试人员完全不干涉或更改教练员的比赛计划。

#### 1.1.3 测试工具与变量

足球运动员的比赛负荷主要包括外部负荷和内部负荷两部分,外部负荷通过运动员在比赛中的跑动距离和跑动速度指标来量化,而内部负荷主要通过运动员在比赛中的心率相关指标来量化<sup>[5]</sup>。本研究采取内置了UWB定位装置和心率跟踪仪的“筒极-茵战K1”(GENGEE INSAIT K1)智能足球运动表现分析系统来采集运动员在比赛中的跑动和心率相关指标。该系统通过臂环佩戴于运动员身上,并不影响运动员的正常活动,且该系统已被前人的研究证实能够准确地采集运动员在足球比赛中的实时心率和实时移动位置及速度信息<sup>[6,7]</sup>。在跟踪测试的8场比赛中,每名首发的运动员都佩戴该系统参赛。每场比赛结束后,通过“筒极-茵战K1”系统获取的每名打满全场的运动员的跑动和心率相关变量(表1)都被导入电脑进行分析。

## 1.2 数据分析

本研究采用SAS软件(Studio 3.6版本)对原始数据进行分析,运用广义混合线性模型(Proc Glimmix)进行泊松模型创建,以球员位置为自变量(固定效应),以每一项跑动和心率指标的数值为因变量进行18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不同位置球员在比赛中的各项跑动与心率指标的均值差异。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:ES值<0.2为微小无意义差异,ES值0.2~0.6为小程度差异,ES值0.6~1.2为中等程度差异,ES值1.2~2.0为大程度差异,ES值>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,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



表 1 本研究获取的运动员比赛负荷相关变量

Table I Variables of Match Load on Players Obtained in This Study

变量名称	释义
跑动总距离	运动员在上场比赛时间内跑动总距离
最大跑动速度	运动员在上场比赛时间内最大瞬时跑动速度
最大运球跑动速度	运动员在上场比赛时间内最大瞬时运球跑动速度
高强度跑跑动距离	运动员在上场比赛时间内以 >5.4 m/s 的速度跑动的距离
高强度跑跑的次数	运动员在上场比赛时间内以 >5.4 m/s 的速度跑动的次数
高强度跑平均间歇时间	运动员在上场比赛时间内每两次高强度跑动之间时间间隔的平均值
步行距离	运动员在上场比赛时间内以 <1.2 m/s 的速度跑动的距离
慢速跑跑动距离	运动员在上场比赛时间内以 1.2~2.3 m/s 的速度跑动的距离
低速跑跑动距离	运动员在上场比赛时间内以 2.4~3.9 m/s 的速度跑动的距离
中速跑跑动距离	运动员在上场比赛时间内以 4.0~5.4 m/s 的速度跑动的距离
高速跑跑动距离	运动员在上场比赛时间内以 5.5~6.9 m/s 的速度跑动的距离
冲刺跑跑动距离	运动员在上场比赛时间内以 >6.9 m/s 的速度跑动的距离
平均心率	运动员在上场比赛时间内的平均心率
高强度心率区间占比	高强度心率区间(>90%最大心率)运动时间占总比赛时间的百分比
中高强度心率区间占比	中高强度心率区间(80~90%最大心率)运动时间占总比赛时间的百分比
中等强度心率区间占比	中等强度心率区间(70~79%最大心率)运动时间占总比赛时间的百分比
中低强度心率区间占比	中低强度心率区间(60~69%最大心率)运动时间占总比赛时间的百分比
低强度心率区间占比	低强度心率区间(<60%最大心率)运动时间占总比赛时间的百分比

可能性的大小做如下界定:<0.5%为极其不可能, 0.5%~5.0%为非常不可能, 5.0%~25.0%为很不可能, 25.0%~75.0%为可能, 75.0%~95.0%为很可能, 95.0%~99.5%为非常可能, >99.5%为极其可能<sup>[8,9]</sup>。

## 2 研究结果

由表 2 可见,在外部负荷方面,大学生足球运动员

在正式的足球比赛中场均跑动距离(8 464±822) m,其中,慢速跑跑动距离约占 39.8%,低速跑跑动距离约占 30.2%,高强度跑跑动距离约占 5.1%,场均高强度跑跑动次数(30±14)次;内部负荷方面,球员在比赛中的平均心率为(160±11)次/分钟,52%的比赛时间处于 80%最大心率区间以上,仅有 14.5%的比赛时间处于 70%最大心率区间以下。

表 2 大学生足球运动员在正式比赛中的外部负荷和内部负荷数据一览(均值±标准差)

Table II Data of External and Internal Load on College Football Players in Official Matches ( $\bar{x}\pm s$ )

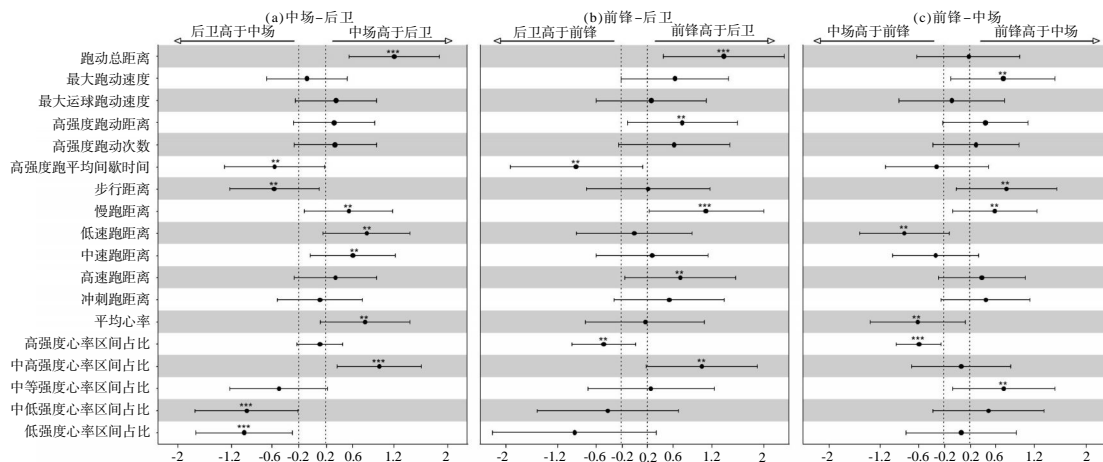
	所有球员	后卫	中场	前锋
跑动总距离 /m	8 464±822	8 055±648	8 753±846	8 996±675
最大跑动速度 /m·s <sup>-1</sup>	8.1±0.8	8.1±0.8	8.0±0.7	8.6±0.7
最大运球跑动速度 /m·s <sup>-1</sup>	7.1±1.1	6.8±1.2	7.3±0.9	7.5±1.3
高强度跑跑动距离 /m	430±226	374±182	433±221	612±305
高强度跑次数 / 次	30±14	26±12	30±14	39±17
高强度跑平均间歇时间 /min	4.4±4.4	5.0±5.2	4.3±4.1	2.6±1.2
步行移动距离 /m	1 099±330	1 085±306	1 090±356	1 175±369
慢速跑跑动距离 /m	3 367±498	3 249±440	3 354±465	3 811±599
低速跑跑动距离 /m	2 557±488	2 477±361	2 743±583	2 272±391
中速跑跑动距离 /m	1 011±335	870±227	1 134±321	1 126±515
高速跑跑动距离 /m	334±177	289±140	344±172	460±261
冲刺跑跑动距离 /m	96±68	85±63	89±65	152±72
平均心率 / 次·min <sup>-1</sup>	160±11	155±13	164±8	160±6
高强度心率区间占比 /%	9±11	7±12	12±11	8±6
中高强度心率区间占比 /%	43±18	32±17	53±13	50±12
中等强度心率区间占比 /%	34±15	39±14	28±15	32±8
中低强度心率区间占比 /%	12±13	18±16	7±6	9±5
低强度心率区间占比 /%	2.5±5.0	4.1±6.8	1.3±2.2	0.7±0.9

图 1 展示了广义混合线性模型估算出的各不同位置球员各项比赛负荷的差异性,结果显示:后卫球

员的跑动总距离大幅度地低于中场(ES=1.2,可能性 >95%)和前锋(ES=1.4,可能性 >95%),而高强度跑

平均间歇时间则中等程度地高于中场(ES=0.6,可能性 >75%)和前锋(ES=0.9,可能性 >75%),后卫球员在比赛处于中高心率区间的时间比例中等程度的低于中场(ES=1.0,可能性 >95%)和前锋(ES=1.1,可能性 >75%)。前锋球员在比赛中的最大跑动速度(ES=0.7,可能性 >75%)、步行距离(ES=0.8,可

能性 >75%)、慢速跑跑动距离(ES=0.6,可能性 >75%)和中等强度心率区间占比(ES=0.7,可能性 >75%)皆中等程度的高于中场球员,而低速跑跑动距离(ES=0.8,可能性 >75%)、平均心率(ES=0.6,可能性 >75%)和高强度心率区间占比(ES=0.6,可能性 >95%)则都中等程度的低于中场球员。



注:图中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。\*表示位于<-0.2区域、>0.2区域与-0.2~0.2之间区域,分别代表两个位置之间球员的数据的差异为清晰的正值、负值和微小无意义值的可能性,\*\*表示75.0%~95.0%;\*\*\*表示95.0%~99.5%。

图1 不同位置球员各项外部和内部比赛负荷指标的差异性

Figure 1 Differences of External and Internal Game Load Indicators Among Players in Different Positions

### 3 分析与讨论

#### 3.1 比赛负荷特征

本研究结果显示:大学生运动员场均跑动距离为8464m,低强度跑跑动距离约占总跑动距离的70.0%,高强度跑跑动距离与高强度跑跑次数偏低。前人研究结果显示,冲刺跑与高强度跑跑是影响足球比赛结果的主要跑跑表现指标,高水平跑跑表现对顶级足球比赛更重要<sup>[10,11]</sup>。2014年世界杯所有参赛运动员场均跑跑总距离10127.38m,低强度跑跑距离约占58.8%,高强度跑跑动距离约占总跑跑距离的25.3%<sup>[12]</sup>;亚洲球队球员场均跑跑总距离9455.17m,其中低强度跑跑动距离约占56.7%,高强度跑跑动距离约占26.6%<sup>[13]</sup>。由此可见中国大学生足球比赛球员高强度跑跑水平与世界高水平球员差距甚远。中国足球超级联赛球员场均跑跑距离10947.5m,其中高强度跑跑距离约占4.5%<sup>[11]</sup>。中国女子足球运动员总体比赛跑跑特征为:总跑跑距离为8838m,其中冲刺跑跑动距离约占2%,高速跑跑动距离约占5%<sup>[14]</sup>。大学生足球比赛高强度跑跑与国内高水平比赛相似,但低强度跑跑较多。综合以上讨论,说明中国大学生足球比赛跑跑距离较少,且强度与国内

高水平比赛相差较大。

范运祥,荆光辉构建了比赛心率模型,将心率划分为4个等级和8个小等级,与本文使用的数据变量相似<sup>[15]</sup>。Dellal等分析了有关足球比赛心率的研究成果,发现足球比赛中运动员平均心率为160~180次/分钟,在80%~87%最大心率之间<sup>[16]</sup>;赵刚和张英成在同场对抗球类项目比赛心率特征研究中得出,足球比赛平均心率为160.2次/分钟<sup>[17]</sup>;陈超等在中国国家女子足球队运动员比赛心率特征研究中得出,球员在比赛中的平均心率为167.5次/分钟,72.4%的比赛时间中心率超过85%个人最大心率,5.2%的比赛时间中心率低于75%个人最大心率<sup>[18]</sup>。上述研究与本研究结果一致,说明足球比赛中的运动员平均心率相似,但高水平运动员比大学生在比赛中更多地处于高强度心率区间。

#### 3.2 不同位置球员比赛负荷特征

在足球比赛中,不同的场上位置对球员会有不同的技战术需求<sup>[19]</sup>,从而会体现出不同的比赛负荷特征。前人研究结果显示,第19届世界杯决赛阶段中场球员在跑跑总距离上显著高于前锋球员和后卫球员,而前锋球员和后卫球员则没有显著性差异<sup>[20]</sup>。



第20届世界杯决赛阶段中场球员的中、高强度跑动距离和跑动总距离要显著高于前锋球员与后卫球员<sup>[12]</sup>。中国国家男子足球队在比赛中,后卫在低速跑跑动和总跑动距离上均小于前卫,前卫在高速跑跑动距离、低速跑跑动距离和跑动总距离上比前锋多<sup>[21]</sup>。中国女子足球不同位置运动员的比赛跑动特征为:总跑动距离上中前卫队员>前锋队员>后卫队员;冲刺跑跑动距离上中前锋队员>前卫队员>后卫队员<sup>[14]</sup>。

本研究与前人研究相似之处在于后卫球员的比赛负荷低,跑动总距离与高强度心率区间占比小于其他位置,高强度跑平均间歇时间最长;前锋球员比赛中大多处于中、低比赛负荷,比赛中更多处于中等强度心率区间且低强度跑动较多,但冲刺跑最多且拥有最大速度;中场球员比赛负荷较高,平均心率与高强度心率区间占比最高,但低速跑最多。这说明大学生足球运动员在比赛中的体能特征也呈现位置专项化。本研究结果与前人研究的不同之处是:中场球员虽然在心率强度上高于其他位置,但在高强度跑动上没有明显差异,并且中场球员在跑动总距离上与前锋球员无明显差异。这说明大学生足球比赛中中场球员在跑动能力上较差,体能水平稍低。

#### 4 结论

不同位置大学生足球运动员的比赛负荷不同,具有位置专项化特征。前锋球员慢跑、步行与冲刺最多,高强度跑的间歇时间短,多处于中等强度心率区间;后卫球员高强度跑间歇时间长,跑动距离少,多处于中等强度心率区间以下,比赛负荷最低;中场球员低速跑较多,平均心率较高,高强度心率区间占比最多。

#### 参考文献:

[1] 潘泰陶.我国青少年足球训练中存在的问题与对策[J].西安体育学院学报,2003,20(2):80-81.

[2] 赵刚,张英成.足球比赛负荷评定范式与量度研究[J].天津体育学院学报,2017,2017(2):153-161.

[3] Borresen J., Lambert M. I. Quantifying training load: a comparison of subjective and objective methods[J]. International Journal of Sports Physiology and Performance, 2008, 3(1): 16-30.

[4] Lambert M. I., Borresen J. Measuring training load in sports[J]. International Journal of Sports Physiology and Performance, 2010, 5(3): 406-411.

[5] 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.

[6] 汪雄,陈玉林,张恒亮,等.无载波通讯技术(UWB)运用于分析足球运动员跑动特征[J].电子世界,2018,(15):46-48.

[7] 汪雄,陈玉林,张恒亮,等.光电容积脉搏波描记法(PPG)测试足球运动员赛时心率的准确性研究[J].电子世界,2018,(17):58+60.

[8] 刘鸿优, Hopkins W. 体育统计学新视角:数据级数推断[J]. 体育与科学,2017,(3):27-31.

[9] Hopkins W., Marshall S., Batterham A., et al. Progressive statistics for studies in sports medicine and exercise science[J]. Medicine & Science in Sports & Exercise, 2009, 41(1): 3-13.

[10] 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(1):64-70.

[11] 吴放,张延安.中超联赛球队跑动表现对比赛胜负的影响[J].中国体育科技,2017,53(3):78-84.

[12] 唐铁锋,朱军凯.第20届男足世界杯决赛阶段球员比赛跑动能力研究[J].首都体育学院学报,2016,28(6):546-551.

[13] 朱军凯.2014年巴西世界杯各大洲参赛球队比赛跑动能力研究[J].体育科技文献通报,2016,(1):39-40.

[14] 秦旸,刘志云.中国女足与亚洲4国女足跑动能力比较研究[J].天津体育学院学报,2013,28(1):47-51.

[15] 范运祥,荆光辉.体育运动负荷控制与测评[M].湖南师范大学出版社,2003:56-59.

[16] Alexandre D., Da Silva C. D., Hill-Haas S., et al. Heart rate monitoring in soccer: interest and limits during competitive match play and training, practical application[J]. The Journal of Strength & Conditioning Research, 2012, 26(10):2890-2906.

[17] 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.

[18] 陈超,刘丹,方志军,等.中国国家女子足球队运动员比赛心率特征研究[J].体育科学,2010,(5):33-40.

[19] 杜春杰,刘鸿优.高水平职业足球运动员比赛技战术表现特征研究——以西班牙男子足球甲级联赛为例[J].体育学刊,2016,23(4):110-116.

[20] 朱军凯.第19届世界杯足球赛决赛阶段不同位置运动员比赛跑动特征分析[J].中国体育科技,2011,47(1):76-78.

[21] 崔冬冬,刘丹,郑鹭宾.中国女足运动员比赛跑动能力特征与评价标准的研究与建立[J].北京体育大学学报,2009,(4):131-133.

(责任编辑:杨圣韬)