



# 主观疲劳量表(RPE)评估足球运动员训练负荷的实证研究

陈彦龙,毛万丽,刘鸿优\*

**摘要:**应用主观疲劳量表(RPE)评价训练负荷的过程是一个心理生理过程,量化结果具有较大的主观性和不确定性,需将RPE训练负荷量化结果与生理指标测试结果进行结合分析。对16名大学生足球运动员的多次训练进行跟踪,采集每名运动员每次训练的训练前RPE值、训练后RPE值和整个训练过程的实时心率;采取训练后RPE值(Foster1算法)和训练累积RPE值(Foster2算法),4种心率算法(Banister1、Banister2、Edwards和Stagno)对每名运动员每次训练的内部负荷进行测算;采用相关分析,对两种RPE算法所得每名运动员每次训练的内部训练负荷值与4种心率算法所得的内部训练负荷值的相关性进行检验。显示:两种RPE算法估算的运动负荷:与Banister1算法测算出的相关性平均分别为0.91和0.79;与Banister2算法测算出的相关性平均分别为0.62和0.57;与Edwards算法测算出的相关性平均分别为0.75和0.69;与Stagno算法测算出的相关性平均分别为0.55和0.54。显示:RPE能够有效地量化评估足球运动员的训练负荷,且“训练后RPE值”比“训练累积RPE值”能更加准确地反映足球运动员的训练负荷。

**关键词:**足球;运动负荷;内部负荷;主观疲劳量表;RPE;心率

中图分类号:G804.5 文献标志码:A 文章编号:1006-1207(2019)01-0057-07  
DOI:10.12064/ssr.20190107

## An Empirical Study on the Assessment of Football Players' Training Load by Ratings of Perceived Exertion

CHEN Yanlong, MAO Wanli, LIU Hongyou\*

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

**Abstract:** Rating of Perceived Exertion (RPE) needs to be accompanied with more objective physiological indicators. The study tracked multiple training sessions of 16 collegiate football players, collected the pre-RPE, post-RPE and heart rate of players, and calculated the training load of each player using the RPE-based methods of Foster1 and Foster2, as well as the heart-rate-based methods of Banister1, Banister2, Edwards and Stagno. A Pearson Correlation analysis was carried out to test the relationships between the training load of every player in each session estimated from the two RPE-based methods and the four heart-rate-based methods. Results showed that training load of players estimated from the two RPE-based methods (Foster1 and Foster2) has a mean correlation of: 0.91 and 0.79 with the training load estimated from Banister1 method, of 0.62 and 0.57 with the training load estimated from Banister2 method, of 0.75 and 0.69 with the training load estimated from Edwards method, of 0.55 and 0.54 with the training load estimated Stagno method. Conclusion: that RPE can effectively estimate the training load of soccer players, while post-RPE is more accurate than accumulated RPE in measuring soccer players' training load.

**Key Words:** football; training load; internal load; Ratings of Perceived Exertion (RPE); heart rate

收稿日期:2019-01-29

基金项目: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:陈彦龙,男,硕士研究生。主要研究方向:足球比赛表现和训练监控。E-mail:644953007@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:442688299@qq.com。

作者单位:华南师范大学体育科学学院,广东广州510631。



训练负荷作为运动训练中的核心因素,是运动员训练期间机体内部生理和心理承受的总刺激<sup>[1]</sup>。准确地收集、量化、评估和控制训练负荷,有助于改进运动员的训练计划,减少运动员伤病,提高运动水平<sup>[2,3]</sup>。

足球作为同场对抗的球类集体运动项目,具有集体性和对抗性强的特征,其训练负荷的影响因素复杂,量化评估的难度较大<sup>[4,5]</sup>。一般认为,足球训练负荷主要包括外部负荷和内部负荷两种形式<sup>[2,6]</sup>。现阶段,对足球训练外部负荷的量化主要是通过录像分析和GPS定位技术对运动员的跑动距离和跑动速度进行跟踪来实现的,而足球训练内部负荷的量化则通过监控运动员的心率、摄氧量、血乳酸、机体供能等生理学指标来进行。但以上监测方法和手段均需要借助造价昂贵的外部设备,部分测试还需在

实验室内完成,测试条件严苛,操作过程繁琐,不便实施日常训练监控,反馈及时性和实用性因此受限,同时,还不利于在资金缺乏的草根足球运动队内推广运用<sup>[2]</sup>。因此,寻求更加经济实惠、更具有可操作性的足球训练负荷监控方法具有极高的实践价值。

主观疲劳量表(Rating of Perceived Exertion Scale,以下简称RPE,见表1),作为一种高效便捷的心理测试量表,在采集运动员训练负荷数据时具备简单、直接、经济和可操作性强等优势,在国外已被广泛运用于测算足球运动员的训练负荷<sup>[2]</sup>。但应用RPE的训练负荷评价过程是一个心理生理过程,因而,相对于生理学指标评定结果的客观性和准确性,RPE训练负荷量化结果具有较大的主观性和不确定性。因此,若要在运动训练实践中推广RPE,首先要保障RPE量化训练负荷的有效性。

表1 主观疲劳量表(RPE)

Table I Rating of Perceived Exertion Scale (RPE)

Rating (评级)	原始 RPE <sup>[7]</sup> Descriptor(描述)	刘鸿优等改编的 RPE <sup>[2]</sup> How tired do you feel now? (您现在的疲劳程度?)
0	Rest(休息)	Nothing(没有感觉)
1	Very, very easy(非常非常轻松)	A little(稍微有点累)
2	Easy(轻松)	
3	Moderate(适中)	Moderate(适中)
4	Somewhat hard(有点困难)	Somewhat tired(比较累)
5	Hard(困难)	Tired(累)
6		
7	Very hard(非常困难)	Very Tired(非常累)
8		
9		
10	Maximal(最大)	Extremely Tired(极度累)

Impellizzeri等首次对应用RPE监控足球运动员训练负荷的有效性进行评定,采取“训练后RPE值×有效训练时间”的方式来估算19名足球运动员在27次训练任务中的训练负荷,并证实估算值与心率测算值具有较好的相关性(不同运动员的相关系数略有不同,介于0.50和0.85之间,P值皆小于0.01)<sup>[6]</sup>。该研究并未搜集运动员的训练前RPE值,因此无法探索训练累积RPE值对训练负荷的测算效能。刘鸿优等对主观疲劳量表进行了细微的修改(见表1),使其能够同时测得运动员在训练前和训练后的RPE值,并将修改后的量表运用于波兰职业足球运动员的训练负荷监控,其研究结果显示,运动员在训练中的体重流失与训练后RPE值不存在显著相关性( $P>0.05$ ),而与训练累积RPE值呈现中度相关( $P<0.05, R=0.49$ ),从而得出了“训练累积RPE值比训练后RPE值能更准确地反应足球运动员的训练负荷”的结论<sup>[2]</sup>。该研究虽然纳入了运动员的训练前RPE值,引入了训

练累积RPE值,但并未纳入有效训练时间,与此同时,该研究的参考指标为易受个体差异和外部环境因素影响的“体重流失”,实验结果的准确性尚有较大欠缺。

基于上述,本文引入训练前RPE值、训练累积RPE值,纳入运动员的有效训练时间,对RPE估算的足球运动员训练负荷与心率传感器监测到的运动员内部训练负荷进行相关性分析,进一步验证RPE在足球运动员训练负荷量化评估中的有效性。

## 1 研究方法

### 1.1 实验测试

#### 1.1.1 测试对象

本研究的测试对象为广东省华南师范大学乙组足球队的16名运动员[年龄(21±2)岁,身高(176.6±5.1)cm,体重(67.3±5.8)kg,BMI指数21.6±2.0],该足球队



是广东省传统足球强队，长期占据省大学生足球联赛的前三名。实验测试在获得教练员和所有运动员的同意之后进行。

### 1.1.1.2 测试工具和量表

本研究采用的测量工具和量表分别为芬兰产的心率采集系统(Polar Team<sup>2</sup>,每名测试对象运动员都配有一个专用心率传感器)和刘鸿优等改进后的主观疲劳量表(见表1)。

### 1.1.1.3 测试过程

测试对象运动队的常规训练日定为学校每个正常教学周的周一、周三和周四。训练开始时间约为下午3:30,持续时间70~120 min不等,主要训练内容包括热身、小范围传接球练习和比赛战术演练等。本研究对测试对象从2016年3月至2016年11月的所有训练日进行了数据采集和跟踪,为了尽可能地保证实验测试的客观性,实验人员不干涉或更改教练员的训练计划。由于选修课时间冲突和个人事务的原因,所有的测试对象运动员皆出现了不同次数的缺席情况,没有任何一名运动员参与了所有的测试(最多参与19次,最少参与9次)。

每次训练开始前15 min,实验人员通过量表采集每位运动员的训练前RPE值,同时帮助运动员佩戴并激活心率传感器(Polar Team<sup>2</sup>)。训练结束后的15~30 min,实验人员通过量表采集每位运动

员的训练后RPE值,解除运动员佩戴的心率传感器设备。每次训练的开始时间和结束时间被精确记录。

## 1.2 数据分析

每次训练结束之后,每名实验对象运动员的RPE数据和心率数据都被导入到个人电脑中进行分析。采取常见的4种基于心率的内部训练负荷算法,同时采取“训练后RPE值×有效训练时间”(以下简称Foster1)和“训练累积RPE值×有效训练时间”(以下简称Foster2,训练累积RPE值=训练后RPE值-训练前RPE值)两种RPE算法,对每名运动员每次训练的内部负荷进行测算。

常见的4种基于心率(Heart Rate,以下简称HR)的内部训练负荷计算方法是:(1)Banister等的初始算法(以下简称Banister1):训练负荷=有效训练时间×训练期间平均HR<sup>[8]</sup>;(2)Banister等的改进算法(以下简称Banister2):训练负荷=A×B×C,A=有效训练时间,B=[(HR<sub>T</sub>-HR<sub>B</sub>)/(HR<sub>max</sub>-HR<sub>B</sub>)](HRT:训练期间平均HR,HR<sub>B</sub>:静息HR,HR<sub>max</sub>:最大HR),C=0.64e<sup>DB</sup>[e=自然对数(2.172),D=1.92(男子)、1.67(女子)]<sup>[9]</sup>;(3)Edwards等的算法(以下简称Edwards):详见表2<sup>[10]</sup>;(4)Stagno等的算法(以下简称Stagno):详见表2<sup>[11]</sup>。以上所有算法的计算时间都以“min”为单位,训练负荷的单位为AU<sup>[3]</sup>。

表2 Edwards等和Stagno等的训练负荷算法<sup>[10,11]</sup>

Table II Training Load Algorithms by Edwards et al. and Stagno et al.<sup>[10,11]</sup>

区间序号	Edward 算法*		Stagno 算法*		训练类型
	%HR <sub>max</sub>	权重因子	%HR <sub>max</sub>	权重因子	
1	50~59	1	65~71	1.25	Moderate Activity
2	60~69	2	72~78	1.71	Lactate Threshold Training
3	70~79	3	79~85	2.54	Steady-state Training
4	80~89	4	86~92	3.61	Obla Training
5	90~100	5	93~100	5.16	Maximal Training

注:\*表示:训练负荷=(区间1训练时间×区间1权重因子+……+区间5训练时间×区间5权重因子)

在所有训练跟踪和测算完成之后,将每一个实验对象运动员当成单独的研究对象,采用Pearson简单相关分析法,对两种RPE算法(Foster1和Foster2)所得每名运动员每次训练的内部训练负荷值与4种HR算法(Banister1、Banister2、Edwards和Stagno)所得的内部训练负荷值的相关性进行检验。P<0.05被认定为具有显著相关性,相关性越高则证明算法的有效性越高。相关性的高低采取Pearson相关系数(R)来界定:|R|<0.1极弱相关;0.1≤|R|<0.3弱相关;0.3≤|R|<0.5中度相关;0.5≤|R|<0.7中度相关;0.7≤|R|<0.9高度

相关;|R|≥0.9极高度相关<sup>[12]</sup>。

## 2 研究结果

如表3所示,测试对象运动员在训练中以Banister1算法所得的训练负荷均值为12187 AU,以Banister2算法所得的训练负荷均值为90 AU,以Edwards算法所得训练负荷均值为205 AU,以Stagno算法所得训练负荷均值为118 AU,以Foster1算法所得训练负荷均值为593 AU,以Foster2算法所得训练负荷均值为300 AU。



表 3 基于 HR 的 4 种算法与基于 RPE 的 2 种算法所得训练负荷的描述性数据一览表

Table III Descriptive Data of Training Load Based on Four HR Algorithms and Two RPE Algorithms

	Banister1	Banister2	Edwards	Stagno	Foster1	Foster2
均值 /AU	12 187	90	205	118	593	300
标准差	1 860	31	59	49	108	82
最小值 /AU	9 561	55	125	63	400	180
最大值 /AU	15 779	149	318	226	842	470

由表 4 可见,16 名测试对象运动员在训练过程中由 Banister1 算法和 Foster1 算法所得训练负荷之间呈现非常显著的高度到极高度相关性 (R 介于 0.87 和 0.96 之间,  $P < 0.01$ ); 由 Banister1 算法和 Foster2 算法所得训练负荷之间同样全部呈现显著相关性 ( $P < 0.05$ ), 其中 13 人呈现高度到极高度相关 (R 介于 0.71 和 0.91), 3 人呈现中度相关 (R 介于 0.61 和 0.66); Banister2 算法和 Foster1 算法所得训练负荷之间有 9 人呈现显著相关性 ( $P < 0.05$ ), 其中 7 人为高度相关 (R 介于 0.73 和 0.86), 2 人为中度相关 (R 分别为 0.50 和 0.55); Banister2 算法和 Foster2 算法所得训练负荷之间有 10 人呈现显著相关性 ( $P < 0.05$ ), 其中 6 人为高度到极高度相关 (R 介于 0.72 和 0.91), 4 人为低度到中度相关 (R 介于

0.49 和 0.67); Edwards 算法和 Foster1 算法所得训练负荷之间有 15 人呈现显著相关性 ( $P < 0.05$ ), 其中 11 人为高度到极高度相关 (R 介于 0.75 和 0.91), 4 人为中度相关 (R 介于 0.50 和 0.65); Edwards 算法和 Foster2 算法所得训练负荷之间有 14 人呈现显著相关性 ( $P < 0.05$ ), 其中 8 人为高度到极高度相关 (R 介于 0.75 和 0.91), 6 人为中度相关 (R 介于 0.50 和 0.68); Stagno 算法和 Foster1 算法所得训练负荷之间有 10 人呈现显著相关性 ( $P < 0.05$ ), 其中 6 人为高度相关 (R 介于 0.71 和 0.82), 4 人为中度相关 (R 介于 0.56 和 0.67); Stagno 算法和 Foster2 算法所得训练负荷之间有 9 人呈现显著相关性 ( $P < 0.05$ ), 其中 7 人为高度相关 (R 介于 0.71 和 0.84), 2 人为中度相关 (R 分别为 0.54 和 0.66)。

表 4 基于 HR 的 4 种算法与基于 RPE 的 2 种算法所得训练负荷的线性相关关系一览表

Table IV Linear Correlations between Training Load Based on Four HR Algorithms and Training Load Based on Two RPE Algorithms

运动员编号	训练次数 (N)		Banister1 与 Foster1	Banister2 与 Foster1	Edwards 与 Foster1	Stagno 与 Foster1	Banister1 与 Foster2	Banister2 与 Foster2	Edwards 与 Foster2	Stagno 与 Foster2
P1	19	R	0.89**	0.42	0.50*	0.20	0.91**	0.49*	0.58*	0.30
		P	0.00	0.08	0.03	0.41	0.00	0.04	0.01	0.21
P2	12	R	0.94**	0.84**	0.86**	0.71*	0.77**	0.82**	0.82**	0.79**
		P	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00
P3	10	R	0.89**	0.76*	0.80**	0.76**	0.88**	0.81**	0.84**	0.78**
		P	0.00	0.01	0.005	0.01	0.00	0.005	0.00	0.008
P4	17	R	0.89**	0.57*	0.75**	0.56*	0.65**	0.32	0.50*	0.33
		P	0.00	0.02	0.00	0.02	0.005	0.21	0.04	0.20
P5	16	R	0.87**	0.73**	0.77**	0.66**	0.83**	0.56*	0.61**	0.43
		P	0.00	0.00	0.00	0.006	0.00	0.02	0.01	0.09
P6	9	R	0.94**	0.86**	0.91**	0.77*	0.88**	0.85**	0.89**	0.80*
		P	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.01
P7	9	R	0.94**	0.58	0.86**	0.67*	0.84**	0.50	0.86**	0.74*
		P	0.00	0.10	0.00	0.05	0.01	0.18	0.00	0.02
P8	14	R	0.92**	0.66*	0.87**	0.65*	0.71**	0.54*	0.68**	0.54*
		P	0.00	0.01	0.00	0.01	0.00	0.048	0.01	0.048
P9	10	R	0.92**	0.50	0.79**	0.51	0.74*	0.39	0.68*	0.47
		P	0.00	0.14	0.007	0.13	0.02	0.26	0.03	0.17
P10	9	R	0.95**	0.84**	0.85**	0.73*	0.91**	0.91**	0.91**	0.84**
		P	0.00	0.00	0.00	0.03	0.00	0.00	0.00	0.005
P11	13	R	0.96**	0.53	0.63*	0.47	0.90**	0.72**	0.81**	0.71**
		P	0.00	0.07	0.02	0.11	0.00	0.005	0.00	0.01



(续表 4)

P12	15	R	0.94**	0.31	0.50	0.14	0.85**	0.36	0.53*	0.22
		P	0.00	0.27	0.06	0.62	0.00	0.18	0.04	0.42
P13	14	R	0.90**	0.86**	0.88**	0.82**	0.77**	0.80**	0.79**	0.80**
		P	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
P14	11	R	0.88**	0.46	0.65*	0.34	0.66*	0.28	0.40	0.09
		P	0.00	0.16	0.03	0.31	0.03	0.41	0.23	0.79
P15	14	R	0.91**	0.23	0.55*	0.07	0.61*	0.15	0.38	0.09
		P	0.00	0.43	0.04	0.80	0.02	0.62	0.18	0.76
P16	15	R	0.92**	0.76**	0.84**	0.76**	0.82**	0.67**	0.75**	0.66**
		P	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.006	0.00	0.007
平均	13	R	0.91	0.62	0.75	0.55	0.79	0.57	0.69	0.54
		P	0.00	0.08	0.01	0.16	0.01	0.12	0.04	0.17
最大	19	R	0.96	0.86	0.91	0.82	0.91	0.91	0.91	0.84
		P	0.00	0.43	0.06	0.80	0.03	0.62	0.23	0.79
最小	9	R	0.87	0.23	0.50	0.07	0.61	0.15	0.38	0.09
		P	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

注：\* 表示  $P < 0.05$ ，\*\* 表示  $P < 0.01$ 。

### 3 讨论与分析

RPE 量表由 Borg 创制，最初是一个 6~20 级的医用量表，用于评价人们在身体活动过程中的主观疲劳感觉和用力程度，之后修改为 0~10 级<sup>[13]</sup>。Foster 等对量表进行改编(改编后的量表见表 1 中的“原始 RPE”)，并将改编后的 RPE 运用于运动训练负荷评估，采取“运动训练时间(min)×RPE 值”的方法来评定训练负荷的大小<sup>[7]</sup>。至此以后，RPE 因其简捷、经济和极强的可操作性而受到体育从业人员的青睐，但该量表收集的数据存在较大的主观性，其有效性往往容易被质疑。因此，对应用 RPE 量化评估不同运动项目训练负荷的有效性进行实证研究就极其重要。而验证 RPE 有效性的最佳方法则是将 RPE 量化的训练负荷结果与生理学指标评定结果进行比对。国内外学者已采取此方法对应用 RPE 在多种运动项目训练负荷监控中的有效性进行了验证。

Tabben 等利用 RPE 来估算空手道运动员的训练负荷，结果证实其估算值与采取心率和血乳酸的测试方法测算出来的训练负荷值具有高度相关性<sup>[14]</sup>。Wallace 等对游泳运动员的训练负荷进行研究，得出 RPE 估算的训练负荷值与心率测算值和运动员的实际游泳练习距离存在显著相关性<sup>[15]</sup>。Wallace 等还对长跑运动员的训练进行了研究，其结果显示，RPE 值和心率测算值估算的训练负荷在长跑运动员的训练表现评价模型中都体现出显著性<sup>[16]</sup>。Herman 等采取 RPE 来估算运动员在抗阻训练中的训练负荷，结果显示 RPE 训练负荷估算值与摄氧量测算值和心率测算值估算的训练负荷都存在高强度相关性<sup>[17]</sup>，与此

同时，Egan 等、McGuigan 等和 Sweet 等的研究则显示，在各类抗阻训练中，运动员反馈的 RPE 值与训练强度的实际变化值具有较高的一致性<sup>[18-20]</sup>。何志金等对运动健身强度的判定方法进行了实证研究，其结果显示 RPE 值、摄氧量值、心率值、脂肪消耗量、糖消耗量和总能输出量在健身运动中具有高度的相关性<sup>[21]</sup>。张勇和魏明涓的研究则显示，在中等强度范围内的递增负荷跑台运动过程中，RPE 值能可靠地预测运动员的最大耗氧量<sup>[22]</sup>。

如前文所述，Impellizzeri 等和刘鸿优等分别采取不同的方法对 RPE 量化足球运动员训练负荷的有效性进行了验证<sup>[2,6]</sup>。Impellizzeri 等利用 RPE 值、采用 Foster1 算法，同时收集训练时的 HR 数据、采取 Banister2 算法、Edwards 算法和 Lucia 算法对 19 名足球运动员的训练负荷进行量化，研究结果显示通过 RPE(Foster1 算法)估算的不同运动员每次训练的负荷与采取 Banister2 心率算法测算出的运动负荷的相关性平均为 0.60 (介于 0.50~0.77)，与采取 Edwards 心率算法测算出的运动负荷的相关性平均为 0.63 (介于 0.54~0.78)，与采取 Lucia 心率算法测算出的运动负荷的相关性平均为 0.70 (介于 0.61~0.85)，基于此结果，Impellizzeri 等认为，采取“训练后 RPE 值×有效训练时间”测算出的运动员训练负荷可以作为一个有效的综合训练负荷指标<sup>[6]</sup>。本研究的研究结果则显示通过 RPE(Foster1 算法)估算的不同运动员每次训练的负荷与采取 Banister1 心率算法测算出的运动负荷的相关性平均为 0.91 (介于 0.87~0.96)，与采取 Banister2 心率算法测算出的运动负荷的相关性平均为 0.62 (介于 0.23~0.86)，与采取 Edwards 心率



算法测算出的运动负荷的相关性平均为 0.75 (介于 0.50~0.91), 与采取 Stagno 心率算法测算出的运动负荷的相关性平均为 0.55 (介于 0.07~0.82), 与 Impellizzeri 等的研究结果相近, 因而可以得出类似结论。图 1 展示了 Banister1 和 Foster1 算法测算出来的某测试对象运动员在每一个训练日的训练负荷大小。

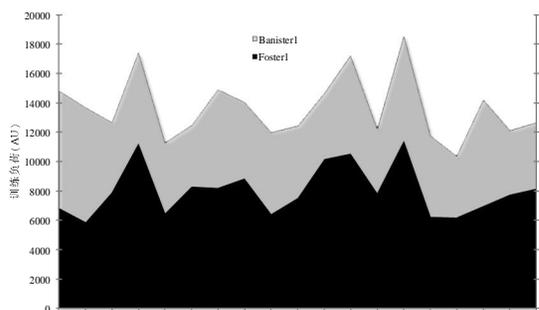


图 1 某测试对象运动员在测试期间每一个训练日的训练负荷值

Figure 1 Training Load Value of a Subject Athlete on Each Training Day during the Test

刘鸿优等对主观疲劳量表进行了细微的修改(见表 1), 使其能够同时测得运动员在训练前和训练后的 RPE 值, 从而可以获取“训练累积 RPE 值”<sup>[2]</sup>。该研究对 18 名足球运动员在一次训练中的体重流失进行测量, 将测量结果与训练后 RPE 值和训练累积 RPE 值进行相关性分析, 得出了“训练累积 RPE 值比训练后 RPE 值能更准确地反应足球运动员的训练负荷”的结论。本研究采用了刘鸿优等改编的 RPE 量表, 收集了所有测试对象运动员每次训练的训练前和训练后 RPE 值, 进而引入了“累积 RPE 值×有效训练时间”这一新的训练负荷算法 (Foster2 算法)。由表 4 中的结果可以看到, 通过 Foster2 算法估算的不同运动员每次训练的负荷与采取 Banister1 心率算法测算出的运动负荷的相关性平均为 0.79 (介于 0.61~0.91), 与采取 Banister2 心率算法测算出的运动负荷的相关性平均为 0.57 (介于 0.15~0.91), 与采取 Edwards 心率算法测算出的运动负荷的相关性平均为 0.69 (介于 0.38~0.91), 与采取 Stagno 心率算法测算出的运动负荷的相关性平均为 0.54 (介于 0.09~0.84)。不难发现, Foster2 算法结果与 4 种心率算法结果的相关性全面低于 Foster1 算法, 与此同时, 两种基于 HR 的计算方法所得的训练负荷与 Foster1 算法所得训练负荷之间呈现显著相关性的运动员人数 (Edwards 算法 15 人、Stagno 算法 10 人) 也高于与 Foster2 算法所得训练负荷之间呈现显著相关性的运动员人数 (Edwards 算法 14 人、Stagno 算法 9 人)。由此可见, 本研究的结果与刘鸿优等 2015 年的研究结

论存在较大矛盾。如前文所述, 刘鸿优等 2015 年的研究并未纳入有效训练时间来测算运动负荷, 且只对一次训练进行了跟踪, 与此同时, 该研究的参考指标为易受个体差异和外部环境因素影响的“体重流失”, 验证结果的准确性相对于本研究的结果, 存在较大欠缺。因此, 本研究有充足的证据否定“训练累积 RPE 值比训练后 RPE 值能更准确地反应足球运动员的训练负荷”这一研究结论。

需要引起注意的是, 在本研究和 Impellizzeri 等 2004 年的研究中, 不同运动员的相关系数存在较大差异 (最大 0.96、最小 0.07)。Impellizzeri 等认为, 足球训练有较多的时间是处在高强度无氧状态的, 不同运动员对该状态的主观感觉不一致, 导致不同运动员通过 RPE 估算的训练负荷值与心率测算估算的训练负荷的相关性之间出现不一致的相关性<sup>[6]</sup>。但 Haddad 等却并不认可这一解释, 而认为 Impellizzeri 等未能对翻译成意大利语版本的 RPE 量表进行有效的验证才是导致相关性出现浮动的根本原因<sup>[23]</sup>。Haddad 等对法语版本的 RPE 量表的翻译效力进行检验之后, 将法语版 RPE 量表运用于 25 名法国足球运动员的训练负荷评估, 结果显示 RPE 估算的训练负荷值与心率值测算的训练负荷的相关性介于 0.79 和 0.83 之间, 大大提升了应用 RPE 量表估算足球运动训练负荷的准确性。本研究直接采取了刘鸿优等改编的中文的 RPE 量表, 也有可能是导致本研究结果中出现相关性浮动大的原因。因此, 还需要进一步的研究对 RPE 进行标准化翻译和译文验证, 以更加充分地保证 RPE 量表对中国足球运动员的训练负荷量化的有效性。

## 4 结论

4.1 通过“RPE 值×有效训练时间”的方法测算出的足球运动员训练负荷与 HR 测算方法计算出的运动负荷具有较高的相关性, 证明“RPE 值×有效训练时间”可以作为一个有效地评估足球运动员训练负荷的指标, 即 RPE 能够有效地量化评估足球运动员的训练负荷。

4.2 通过“训练后 RPE 值×有效训练时间”的测算方法得出的足球运动员训练负荷与 HR 测算方法计算出的运动负荷的相关性比“(训练后 RPE 值-训练前 RPE 值)×有效训练时间”的测算方法更高, 证明“训练后 RPE 值”比“训练累积 RPE 值”能更加准确地反映足球运动员的训练负荷。

4.3 基于 RPE 的监控方法与基于 HR 的监控方法之



间的相关性还存在较大的浮动性,因此,该监控方法还无法完全替代心率监控。RPE的翻译效力被认为是导致该浮动性的主要原因,后续的研究需对RPE进行标准化翻译和译文验证,以更加充分地保证RPE量表对中国足球运动员训练负荷量化的有效性。

### 参考文献:

- [1] 徐本力.运动训练学[M].济南:山东体育出版社,1990.
- [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] 田麦久,刘大庆.运动训练学[M].人民体育出版社,2012.
- [5] 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.
- [6] Impellizzeri F. M., Rampinini E., Coutts A. J., et al. Use of RPE-based training load in soccer[J]. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 2004, 36(6):1042-1047.
- [7] Foster C., Hector L. L., Welsh R., et al. Effects of Specific Versus Cross-Training on Running Performance[J]. *European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology*, 1995, 70(4):367-372.
- [8] Banister E. W., Calvert T. W., Savage M. V., et al. A systems model of training for athletic performance[J]. *Australian Journal of Sports Medicine and Exercise Science*, 1975, 7(5):57-61.
- [9] Banister E. W., Carter J. B., Zarkadas P. C. Training theory and taper: validation in triathlon athletes[J]. *European Journal of Applied Physiology & Occupational Physiology*, 1999, 79(2):182-191.
- [10] Edwards S. The Heart Rate Monitor Book[J]. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 1994, 26(26):647.
- [11] Stagno K. M., Thatcher R., Van Someren K. A. A modified TRIMP to quantify the in-season training load of team sport players[J]. *Journal of Sports Sciences*, 2007, 25(6): 629-634.
- [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] Borg G. A. Psychophysical bases of perceived exertion [J]. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 1982, 14 (5):377-381.
- [14] Tabben M., Tourny C., Haddad M., et al. Validity and reliability of the session-RPE method for quantifying training load in karate athletes[J]. *Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 2015, 55(6):684-690.
- [15] Wallace L. K., Slattery K. M., Coutts A. J. The Ecological Validity and Application of the Session-Rpe Method for Quantifying Training Loads in Swimming[J]. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 2009, 23(1):33-38.
- [16] Wallace L. K., Slattery K. M., Coutts A. J. A comparison of methods for quantifying training load: relationships between modelled and actual training responses[J]. *European Journal of Applied Physiology*, 2014, 114(1):11-20.
- [17] Herman L., Foster C., Maher M. A., et al. Validity and reliability of the session RPE method for monitoring exercise training intensity[J]. *South African Sports Medicine Association*, 2006, 18(1).
- [18] Egan A. D., Winchester J. B., Foster C., et al. Using session RPE to monitor different methods of resistance exercise[J]. *Journal of Sports Science and Medicine*, 2006, 5(2):289-295.
- [19] Mcguigan M. R., Egan A. D., Foster C. Salivary cortisol responses and perceived exertion during high intensity and low intensity bouts of resistance exercise[J]. *Journal of Sports Science and Medicine*, 2004, 3(1):8-15.
- [20] Sweet T. W., Foster C., Mcguigan M. R., et al. Quantitation of resistance training using the session rating of perceived exertion method[J]. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 2004, 18(4): 796-802.
- [21] 何志金,彭莉,易东平,等.基于RPE值判定运动健身强度的实证研究[J].中国体育科技,2016, 52(4):63-67.
- [22] 张勇,魏明涓.中等强度主观感觉等级与心率预测最大耗氧量研究[J].体育科学,2013,33(12):87-93.
- [23] Haddad M., Chaouachi A., Castagna C., et al. Validity and psychometric evaluation of the French version of RPE scale in young fit males when monitoring training loads [J]. *Science & Sports*, 2013, 28(2): e29-e35.

(责任编辑:杨圣韬)