



TRIMP 在女足运动员训练负荷监控中的定量研究

赵海燕¹,水庆霞²,王晨¹

摘要:目的:通过对上海女足在冬训期间周训练以及中国女子足球超级联赛中的内部负荷进行监测分析,探讨提高女足运动员训练效果方法。方法:用心率表(PolarRS400,芬兰)实时记录12名上海市健将级现役女子足球运动员冬训期间一周训练和中国女子足球超级联赛10场比赛的心率(HR)变化,采用Stagno算法计算训练冲量(TRIMP)。结果:(1)周一的TRIMP显著高于周二、周五、周六($P < 0.01$)和周三($P < 0.05$),与周四[显著高于周二($P < 0.05$)、周五、周六($P < 0.01$)]无显著性差异($P > 0.05$);周五的TRIMP显著低于周一、周二、周三、周四($P < 0.01$);(2)比赛的平均TRIMP值为 316.59 ± 22.80 ,显著高于大负荷训练课($P < 0.05$),比赛中80.2%的负荷刺激集中在高强度区间85%最大心率(HR_{max})以上,显著高于大负荷训练课($P < 0.01$)。结论:(1)在女足准备期的周训练负荷安排中,赛前3~4天适合安排较大的负荷量和强度以提升训练效果;(2)女足联赛的内部负荷主要集中于高强度区间($> 85\%HR_{max}$)。应显著提高大负荷训练课中高强度区间($> 85\%HR_{max}$)的占比,使机体得到充分的刺激,满足比赛的身体机能需求。

关键词:女足;训练负荷;TRIMP;训练安排

中图分类号:G808 文献标志码:A 文章编号:1006-1207(2023)05-0098-07

DOI:10.12064/ssr.2023010301

Application of TRIMP in Monitoring Training Load of Female Soccer Players

ZHAO Haiyan¹, SHUI Qingxia², WANG Chen¹

(1. Shanghai Research Institute of Sports Science & Shanghai Anti-Doping Agency, Shanghai 200030, China; 2. Shanghai Sports School, Shanghai 200083, China)

Abstract: Objective: The purpose of this study was to monitor and analyze the internal loads of Shanghai Women's Soccer Team during the weekly training in the programmed pre-season and in the Women's Super League, so as to investigate how to improve the training effectiveness of female soccer players. Method: During the weekly training in the pre-season and in the Women's Super League, the training heartbeats of twelve elite female soccer players were recorded by PolarRS400. And the Stagno method was used to calculate TRIMP. Results: (1) TRIMP on Monday has no significant difference with Thursday ($P > 0.05$), but was significantly higher than the other days ($P < 0.05$); TRIMP on Thursday was significantly higher than Tuesday ($P < 0.05$), Friday and Saturday ($P < 0.01$); TRIMP on Friday was significantly lower from Monday to Thursday ($P < 0.01$); (2) The average value of the competition TRIMP was 316.59 ± 22.80 , which was significantly higher than that of the heavy-load training sessions ($P < 0.05$), and 80.2% of the load stimulation in the competition was concentrated in the high-intensity interval (above 85% of maximum heart rate), significantly higher than the heavy load training sessions ($P < 0.01$). Conclusion: (1) In the programmed weekly training in pre-season of women's soccer, a heavier load and higher intensity for 3-4 days is suitable before the match to enhance the training effect; (2) The internal load of the Women's Super League is mainly concentrated in the high-intensity interval ($> 85\%HR_{max}$), then the percentage of high-intensity intervals ($> 85\%HR_{max}$) in the heavy-load training session should be significantly increased, so that the body can be fully stimulated to meet the physical function demand of the competition.

Keywords: Women's soccer; training load; TRIMP; monitor sports training

收稿日期:2023-01-03

基金项目:上海市体育科技“重点备战攻关”项目(19J003);上海市科学技术委员会科技创新行动计划项目(19dz1200700)。

第一作者简介:赵海燕,女,硕士,助理研究员。主要研究方向:运动训练监控和身体机能监控。E-mail:di10-9haobanche@163.com。

作者单位:1.上海体育科学研究所(上海市反兴奋剂中心),上海200030;2.上海市体育运动学校,上海200083。



训练负荷是运动训练最重要的控制内容之一,但是对于相同的训练负荷,不同运动员的身体内部反应却会有所不同^[1],准确评估训练负荷对于训练计划和周期的安排至关重要^[2],这在团队运动中往往很难实现,因为不同的训练设计以及球员战术角色的多样性会导致个体之间训练负荷的差异^[3]。有学者^[4]试图通过内部负荷来量化团队运动中的身体负荷,内部负荷能够全面、准确地反映机体在承受外部负荷时生理、心理等各方面产生的总应答,对于确定生理训练负荷和随后的身体适应非常重要,是决定训练效果的关键因素。

Banister^[5]于 1991 年提出了基于心率的训练负荷监测指标——训练冲量(Training Impulse, TRIMP),该指标非常适合耐力性项目训练负荷的评定。TRIMP 综合考虑了训练强度和训练量,能够反映机体承受的实际内部负荷。作为量化运动负荷的一种指标,经过前人^[6-10]研究的不断修订,已发展成集体项目、间歇训练、大强度训练等可靠内部负荷监控指标^[11]。

足球比赛是一项穿插着多次冲刺跑的持续性运动,TRIMP 是量化足球比赛及训练中内部负荷较理想的无创性评价指标^[12],采用 Stagno 算法得出的 TRIMP 可以计算足球训练累积负荷^[13],为教练的训练监控和计划安排提供客观支持。现代职业足球年度训练的安排是以准备期、比赛期和休整期 3 个时期划分的,研究表明,准备期的训练负荷应高于比赛期^[14-15],准备期更大的训练负荷可以使球员达到维持整个赛季的体能水平^[16]。目前,针对国内成年女足高水平比赛期间的内部负荷情况还未见报道,女足准备期的训练安排一般是以周循环的模式进行,因此,针对成年女足比赛和准备期的周训练负荷进行监测和分析,可以有效解决女足运动训练中科学安排训练计划的问题。

综上所述,本研究旨在应用 TRIMP 指标量化上海女足在联赛以及冬训期间周训练的内部负荷,分析比赛和周训练的内部负荷情况,探讨如何提高女足运动员训练效果。

1 研究对象与方法

1.1 研究对象

研究对象为 12 名上海市国家健将级职业女子

足球运动员(不包含守门员),年龄为(25.3±3.1)岁,身高为(169.0±4.8)cm,体重为(59.4±4.0)kg,体脂百分比为(18.3±2.3)%,专业训练年限为(15.6±3.3)年,所有受试者均无伤病。

1.2 测试方法

1.2.1 测试仪器

本研究使用跑步机(COSMED T150,意大利)进行运动测试,仪器采用运动肺功能仪(COSMED Quark PFT ergo,意大利)、便携式血乳酸分析仪(EKF Lactate scout,德国)、心率表(PolarRS400,芬兰),处理软件为 Polar ProTrainer5。

1.2.2 最大心率测试

在采集受试者冬训期间周训练心率的前一周,测试最大心率。测试在 3 个半天完成,测试当天,12 名受试者未进行过大强度运动,且在试验开始前 2 h 均未进食。受试者到达实验室后先测试身高、体重,然后以 6 km/h 的速度在跑步机上进行 5 min 的热身,心率恢复到 90 次/分钟以下,带好呼吸面罩和心率表,在跑步机上以起始速度为 8 km/h(坡度 0.5),每 3 min 递增 1 km/h 的方式进行递增负荷运动,直至力竭,采集运动结束后即刻的血乳酸,并记录运动中出现的最大心率(HR_{max}),作为受试者的实测 HR_{max}。

力竭的判定标准为:呼吸商(Respiratory Quotient, R)超过或接近 1.1;受试者运动结束后即刻的血乳酸(Blood Lactic Acid, BLA)高于 8 mmol/L;经反复鼓励受试者无法再继续坚持运动,主观感觉已达到力竭。

1.2.3 运动训练测试

在冬训期间使用 PolarRS400 监测受试者一周的训练心率(包括专项、体能训练),训练计划由教练员在不受研究影响的情况下制定,训练安排见表 1,在 2019 年中国女子足球超级联赛期间,监测受试者的比赛心率。由于足球训练中经常有暂停休息,本研究在心率监测中标记了休息时间,一次性休息大于 3 min 的时间不计入运动时间。训练或比赛结束后用 Polar ProTrainer5 传输和下载数据,使用 Excel 进行数据整理。

表 1 上海女足周训练安排

Table 1 The programmed weekly training for Shanghai women's soccer

	周一	周二	周三	周四	周五	周六	周日
上午	休息	力量训练	休息	休息	力量训练	中等量训练	休息
下午	大量课	技战术训练	大量课	教学赛	技战术训练	休息	休息



采用 Stagno 方程^[9]计算 TRIMP,将心率划分为 6 个区间,不同的心率区间有不同的权重因子(表 2):

$$\text{TRIMP}=0 \times t_1+1.25 \times t_2+1.71 \times t_3+2.54 \times t_4+3.61 \times t_5+5.16 \times t_6^{[9]}$$

表 2 心率区间划分和各区间的权重表^[9]

Table2 Heart rate intervals and weight for each interval^[9]

心率区间	运动时间 /min	%HR _{max}	权重
区间 1	t ₁	< 65	0
区间 2	t ₂	65~71	1.25
区间 3	t ₃	72~78	1.71
区间 4	t ₄	79~85	2.54
区间 5	t ₅	86~92	3.61
区间 6	t ₆	93~100	5.16

表 3 受试者实测 HR_{max} (n=12)

Table3 Measured HR_{max} of subjects (n=12)

受试者	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
HR _{max} /(次·min ⁻¹)	190	181	190	191	198	184	179	190	185	200	196	201

2.2 内部负荷测试结果

2.2.1 测试指标正态分布检验结果

本研究采用 S-W 检验对数据进行正态分布检验,检验结果显示,HR_{max} 和周训练各区间的 TRIMP 以及比赛各区间的 TRIMP 均服从正态分布($P>0.05$)。

2.2.2 周内内部负荷情况

本研究所监测的训练周为全年训练周期中的准备阶

表 4 周训练 TRIMP 及各区间分布情况 (n=12)

Table4 Weekly training TRIMP and its distribution in each interval (n=12)

日期	< 65% HR _{max}	65%~71% HR _{max}	72%~78% HR _{max}	79%~85% HR _{max}	86%~92% HR _{max}	93%~100% HR _{max}	Total	% Week
周一	-	28.75±18.24	30.76±6.40	49.75±17.09	97.56±51.04	64.99±60.44	271.80±95.53 ^{aa}	22.96±7.22
周二	-	42.59±13.63	42.26±17.59	54.68±12.65	44.41±31.10	9.38±24.90	193.31±66.63 ^c	16.33±5.04
周三	-	14.81±6.17	39.25±7.13	51.45±8.48	78.41±26.18	27.50±35.20	211.41±41.73 ^b	17.86±3.15
周四	-	14.29±5.10	35.07±13.99	66.21±36.47	104.71±76.92	15.31±28.52	235.60±129.82 ^{cc}	19.91±9.81
周五	-	45.13±15.55	39.37±14.63	20.75±9.09	5.09±1.39	7.10±20.11	117.44±36.47 ^{**}	9.92±4.27
周六	-	17.83±7.05	29.52±8.89	47.38±14.60	53.62±37.75	5.69±12.79	154.04±38.81	13.01±2.93
Total	-	163.4±45.33	216.22±29.73	290.22±41.85	383.8±65.37	129.96±49.36	1 183.60±136.65	100.00±17.89
%Week	-	13.81±3.43	18.27±12.25	24.52±4.68	32.43±8.72	10.98±8.27	100.00±17.89	-

注:aa 表示与周二、周五、周六相比差异具有显著意义, $P<0.01$;b 表示与周一相比差异具有显著意义, $P<0.05$;cc 表示与周五、周六相比差异具有显著意义, $P<0.01$;c 表示与周四相比差异具有显著意义, $P<0.05$;** 表示与周二、周三相比差异具有显著意义, $P<0.01$ 。

单因素方差分析结果显示,周一的 TRIMP 显著高于周二、周五、周六($P<0.01$)和周三($P<0.05$),与周四[显著高于周二($P<0.05$),周五、周六($P<0.01$)]显著差异($P<0.05$),周一和周四的内部负荷为周训

1.3 统计分析

使用 SPSS25.0 对数据进行统计分析,数据以平均数±标准差表示。采用 S-W 检验进行数据的正态分布检验,对周训练、不同训练方式和比赛的 TRIMP 以及区间分布进行单因素方差分析,单因素方差分析的多重比较采用 LSD。统计显著性水平选取双侧 0.05。

2 研究结果

2.1 HR_{max} 测试结果

在 HR_{max} 测试中,12 名受试者力竭时 R 值均超过 1.1,即刻的血乳酸均高于 8 mmol/L,且经鼓励后仍无法保持运动负荷,说明测试结束时受试者均已达到力竭,受试者的实测 HR_{max} 见表 3。

段,共 8 堂训练课,周训练总 TRIMP 为 1 183.60±136.65,其中,13.81% 处于 65%~71% HR_{max} 区间,18.27% 处于 72%~78% HR_{max} 区间,24.52% 处于 79%~85% HR_{max} 区间,32.43% 处于 86%~92% HR_{max} 区间,10.98% 处于 93%~100% HR_{max} 区间。周训练 TRIMP 及其区间分布特征见表 4。

练计划中的峰值;周五的 TRIMP 显著低于周一、周二、周三、周四($P<0.01$),为周训练计划中的低值。

2.2.3 比赛内部负荷情况

本研究对受试者参加的 10 场中国女子足球超



级联赛进行了监测, 结果发现比赛的平均 TRIMP 为 316.59 ± 22.80 , 其中 80.2% 的 TRIMP 集中在 85% HR_{max} 以上强度区间。单因素方差分析结果显示, 各心率区间的 TRIMP 均具有显著性差异 ($P < 0.01$) (表 5)。

表 5 比赛 TRIMP 及各区间分布情况 (n=12)

Table 5 Competition TRIMP and its distribution in each interval (n=12)

量度	TRIMP	%TRIMP
< 65% HR_{max}	-	-
65%~71% HR_{max}	$0.59 \pm 0.68^{**}$	0.19 ± 0.21
72%~78% HR_{max}	$6.78 \pm 5.29^{**}$	2.14 ± 1.67
79%~85% HR_{max}	$55.34 \pm 12.03^{**}$	17.48 ± 3.80
86%~92% HR_{max}	$173.27 \pm 21.49^{**}$	54.73 ± 6.79
93%~100% HR_{max}	80.61 ± 27.88	25.46 ± 8.81
Total	316.59 ± 22.80	100.00 ± 7.20
> 85% HR_{max}	253.88 ± 20.69	80.19 ± 6.53

注: ** 表示与其他 4 个心率区间相比差异具有显著意义, $P < 0.01$ 。

表 6 大负荷训练课与比赛的各区间时间分布 (单位: min) (n=12)

Table 6 Time Distribution of high load training class and of the competition in each interval (Unit: min) (n=12)

运动方式	大量课	教学赛	比赛
< 65% HR_{max}	$5.71 \pm 8.08^{**}$	$5.52 \pm 3.66^{**}$	0.02 ± 0.06
65%~71% HR_{max}	$11.85 \pm 4.94^{**}$	$11.43 \pm 4.08^{**}$	0.47 ± 0.54
72%~78% HR_{max}	$22.95 \pm 4.17^{**}$	$20.52 \pm 8.19^{**}$	3.97 ± 3.10
79%~85% HR_{max}	20.25 ± 3.34	26.07 ± 14.36	21.79 ± 4.74
86%~92% HR_{max}	$21.72 \pm 7.25^{**}$	$29.01 \pm 21.31^{**}$	48.00 ± 5.95
93%~100% HR_{max}	$5.33 \pm 6.82^{**}$	$2.97 \pm 5.53^{**}$	15.62 ± 5.41
Total	87.81 ± 1.66	93.51 ± 41.05	89.87 ± 2.95

注: ** 表示与比赛相比差异具有显著意义, $P < 0.01$ 。

表 7 大负荷训练课与比赛的 TRIMP 及各区间分布情况 (n=12)

Table 7 TRIMP of high load training class and of the competition in each interval (n=12)

运动方式	大量课	教学赛	比赛
< 65% HR_{max}	-	-	-
65%~71% HR_{max}	$14.81 \pm 6.17^{**}$	$14.29 \pm 5.10^{**}$	0.59 ± 0.68
72%~78% HR_{max}	$39.25 \pm 7.13^{**}$	$35.07 \pm 13.99^{**}$	6.78 ± 5.29
79%~85% HR_{max}	51.45 ± 8.48	66.21 ± 36.47	55.34 ± 12.03
86%~92% HR_{max}	$78.41 \pm 26.18^{**}$	$104.71 \pm 76.92^{**}$	173.27 ± 21.49
93%~100% HR_{max}	$27.50 \pm 35.20^{**}$	$15.31 \pm 28.52^{**}$	80.61 ± 27.88
Total	$211.41 \pm 41.73^{**}$	$235.60 \pm 129.82^{**}$	316.59 ± 22.80

注: ** 表示与比赛相比差异具有显著意义, $P < 0.01$ 。

3 讨论

训练负荷是运动训练最重要的控制内容之一, 内部负荷可以评估生理训练负荷, 是决定训练效果的关键因素。但目前针对国内女足高水平比赛期间

2.3 大负荷训练课与比赛内部负荷的对比分析结果

本研究针对受试者参与的大负荷训练课 (大量课和教学赛) 与比赛对机体带来的内部负荷刺激之间的差别进行了比较分析。结果显示, 比赛的总时间与大量课和教学赛均无显著性差异 ($P > 0.05$), 但从时间分布特征来看, 除 79%~85% HR_{max} 强度区间外, 其他各区间比赛与大量课和教学赛均具有显著性差异 ($P < 0.01$); 通过 TRIMP 来量化训练负荷时, 比赛的 TRIMP 显著高于大量课和教学赛 ($P < 0.01$), 从 TRIMP 区间分布角度来看, 65%~71% HR_{max} 、72%~85% HR_{max} 两个强度区间比赛的 TRIMP 均显著低于大量课和教学赛 ($P < 0.01$), 而 85% HR_{max} 以上强度区间的 TRIMP 显著高于大量课和教学赛 ($P < 0.01$), 在 79%~85% HR_{max} 强度区间则无显著性差异 ($P > 0.05$) (表 6、表 7)。

的内部负荷以及高水平比赛与训练课的负荷关系均未见报道, 本研究应用可以反映内部负荷的指标 TRIMP 量化分析上海女足在联赛以及冬训期间周训练的内部负荷情况, 探讨如何科学安排女足运动训练计划以提高女足运动员训练效果。



3.1 周训练内部负荷情况分析

本研究监测的是竞赛准备期训练周,周训练总 TRIMP 为 $1\ 183.60 \pm 136.65$,周 TRIMP 主要分布于 $72\% \sim 92\% HR_{\max}$ 强度区间,为周总 TRIMP 的 75.22% 。

女足竞赛准备期的训练安排是以训练周为单位,围绕比赛时间安排周训练计划,以保持赛前良好的竞技状态。准确掌握周训练和比赛的内部负荷情况可以科学有效地指导周训练计划和整个准备期的训练安排。内部负荷包含负荷量和强度两个维度,负荷量是机体在一定时间内承受的刺激总量,可以让机体储备更多的体能,不断提升能量系统代谢水平,应对高水平技术、战术对身体的需要;负荷强度指单位时间内机体做功多少,反映个体承受刺激的程度特征,决定机体生理变化的性质和大小。合理安排负荷量与强度可以稳步提升训练效果,高水平运动员在赛前调整好负荷量与强度,对提升比赛表现至关重要。James 等^[17]首次报道了优秀足球运动员训练准备期的周内负荷,观察到典型的日常训练负荷(总距离,高速距离, $\% HR_{\max}$)在季前准备阶段的每周没有差异,每周比赛前的 3~4 d 训练强度和训练量最大^[17-18],比赛前一天的训练量和强度都会显著下降^[17-19],这与教练试图提高球员比赛状态而逐渐降低运动员训练负荷有关^[18],本研究中周四为比赛日,结果显示,周一的 TRIMP 为周训练中的峰值,周一处在比赛前的第 3 天,与以上文献报道相一致,说明教练需要在每周训练的赛前几天安排较大的负荷量和强度,以促进运动员的机体生理变化,提升训练效果;但本研究发现周三的 TRIMP 略高于周二($P > 0.05$),略低于周四($P > 0.05$),不同于 James 等^[17]的研究结果,具有显著性差异,周三处于赛前一天,主要是因为教练在非正式比赛前并没有采取降低球员负荷的策略而是安排了大量课,但赛前一天未降低训练负荷的训练安排是否合理还需要进一步深入研究。

高训练负荷可以刺激心血管和神经肌肉的适应^[20],然而,如果训练强度或训练量超过了机体各生理系统能够适应的水平,可能会导致损伤^[21],因此训练的效果不仅取决于生理刺激的强度、持续时间以及频率,还取决于恢复期^[22-23]。在足球项目中因受伤而缺席大量的训练和比赛会影响球队的成绩^[24],较低的损伤发生率与球队整个赛季的成功密切相关^[25]。研究表明训练负荷安排不合理导致的损伤多发生在准备期^[26-27],因为过高的训练负荷会引起疲劳累积。本研究发现,周五的 TRIMP 显著低于前面几天,考虑到训练负荷累积会增加损伤发生的概率,在经过前面 2 d 的连续大负荷训练后,主教练在周五安排低

TRIMP 的训练,有利于降低运动员过度使用性损伤发生的概率。

3.2 比赛与大负荷训练课的内部负荷情况分析

要取得好的比赛成绩,应当针对比赛时的身体需求进行合理的训练负荷安排。理解比赛的身体需求需要对球员的比赛活动进行准确和客观的量化^[2,28-30]。足球运动的特点是低强度(如站立和行走)和高强度(如跑步和冲刺)相结合的运动活动^[31],连同足球特有的射门、转身、头球和运球,构成了运动员在比赛中的总身体负荷^[32],通过内部和外部负荷变量可以量化总身体负荷,其中内部负荷对确定生理训练负荷和随后的适应很重要^[4],是揭示项目本质特征、规律的重要途径,设计训练内容的参考依据,合理安排训练负荷的出发点和落脚点^[33]。本研究监测了上海女足参加的中国女子足球超级联赛中的主客场 10 场比赛的内部负荷,结果发现比赛的平均 TRIMP 为 316.59 ± 22.80 ,显著高于大量课($P < 0.01$)和教学赛($P < 0.05$),3 种训练方式对于机体带来的刺激大小关系为比赛 > 教学赛 > 大量课。本研究观察到的比赛 TRIMP 显著高于训练,这与一些研究学者^[34]认为的比赛代表了最大的生理刺激,显示出最高的训练负荷,是训练负荷的峰值^[2]相一致。本研究中所监测的比赛总时长与大负荷训练课的总时长无显著性差异($P > 0.05$),反映比赛与大负荷训练课强度差异性引起比赛 TRIMP 较高的原因。

运动强度是影响运动训练效果的关键因素之一,TRIMP 可以清晰地表明运动员训练和比赛中负荷的强度^[35]。在足球运动中,高强度的训练被广泛应用于提高心血管系统的适应性,有研究报告显示 $85\% HR_{\max}$ 以上强度是讨论训练适应性的关键^[36]。本研究中的 12 名受试者在大量课的分队比赛部分以及教学赛中的场上位置与比赛相同,均参与了整堂训练课与整场比赛,研究结果显示,比赛中 80.2% 的负荷刺激集中在 $85\% HR_{\max}$ 以上强度区间,显著高于大量课(50.1%)和教学赛(50.9%),准备期大负荷训练课的目的是用训练中的大量和大强度诱发匹配比赛的训练适应性,表明目前周大负荷训练课强度未达到比赛的强度要求,可能无法产生足够的训练适应来优化比赛表现。由心理紧张引起的心理负荷以及比赛本身的运动刺激更大可能是引起比赛高强度区间内部负荷显著高于训练的原因,比赛中这种高强度的应激压力会引起运动员的表现(如冲刺、特定运动和力量)发生改变^[37],限制相关方面的生理功能^[38],这种对高强度的生理需求将是运动员适应比



赛刺激所面临的挑战,另外,Owen等^[36]在基于心率的训练强度及其对精英职业足球运动员损伤发生率的影响研究中认为,虽然85%HR_{max}以上训练强度与损伤发生率有关,但不会增加训练损伤的概率,高强度的训练叠加比赛的疲劳积累可能是增加损伤发生率的原因。因此本研究建议教练员优化目前周训练中的大负荷训练课,以提高高强度训练($\geq 85\%HR_{max}$)占比,使机体得到充分的刺激,促进能力的提高。

以TRIMP为主线的内部负荷监控已经历了30多年发展,在耐力性项目和集体间歇性项目中均已开展了应用研究,但在应用TRIMP指导训练量、训练强度以及上量、上强度后如何安排间歇的问题上缺乏系统深入的研究,因此,在未来的研究中将TRIMP与机体疲劳和机体适应两者的关系作为研究重点,有利于降低运动员伤病发生的概率,指导运动员竞技状态的调控和竞技能力的长期发展。

4 结论

在女足准备期的周训练负荷安排中,教学赛前3~4 d适合安排较大的负荷量和强度以提升训练效果;中国女子足球超级联赛的内部负荷主要集中于高强度区间($\geq 85\%HR_{max}$),应显著提高大负荷训练课中高强度区间($\geq 85\%HR_{max}$)的占比,使机体得到充分的刺激,促进运动能力的提高,满足比赛的身体机能需求。

参考文献:

[1] 赵海燕,王林霞,赵德峰,等.心率变异性指标RMSSD和TLHRV在持续性运动训练负荷监控中的有效性研究[J].中国运动医学杂志,2018,37(6):461-467.

[2] REBELO A, BRITO J, SRABRA A, et al. A new tool to measure training load in soccer training and match play[J]. International Journal of Sports Medicine, 2012, 33: 297-304.

[3] BANGSBO J, MOHR M, POULSEN A, et al. Training and testing the elite athlete[J]. Journal of Exercise and Fitness, 2006, 4:1-14.

[4] HALSON S L. Monitoring training load to understand fatigue in athletes[J]. Sports Medicine, 2014, 44(Suppl 2): 139-147.

[5] BANISTER E W. Modeling elite athletic performance [M]// MACDOUGALL J D, WENGER H A, GREEN H J. Physiological testing of the high-performance athlete. Champaign: Human Kinetics, 1991:403-425.

[6] EDWARDS S. The heart rate monitor book[J]. Medi-

cine & Science in Sports & Exercise, 1994, 26(5):647.

[7] FOSTER C, DAINES E, HECTOR L, et al. Athletic performance in relation to training load[J]. Wisconsin Medical Journal, 1996, 95(6):370-374.

[8] LUCIA A, HOYOS J, SANTALLA A, et al. Tour de France versus Vuelta a España: Which is harder? [J]. Medicine & Science In Sports & Exercise, 2003, 35(5): 872-878.

[9] 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.

[10] MANZI V, CASTAGNA C, PADUA E, et al. Dose-response relationship of autonomic nervous system responses to individualized training impulse in marathon runners[J]. AJP Heart and Circulatory Physiology, 2009, 296(25):1733-1740.

[11] 王聪,秦学林.基于TRIMP的羽毛球训练及比赛负荷监控[J].体育与科学,2013,34(6):71-80.

[12] 中国体育科学学会.第十届全国体育科学大会论文摘要汇编(二)[C].杭州:[出版者不详],2015.

[13] 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,2015,38(9):141-144.

[14] SCOTT M T, SCOTT T J, KELLY V G. The validity and reliability of global positioning systems in team sport: A brief review[J]. Journal of Strength & Conditioning Research, 2016, 30(5):1470-1490.

[15] BOURDON P C, CARDINALE M, MURRAY A, et al. Monitoring athlete training loads: Consensus statement [J]. International Journal of Sports Physiology and Performance, 2017, 12(Suppl 2): S2161-S2170.

[16] CLEMENTE F M, SEERDEN G, LINDEN C M. Quantifying the physical loading of five weeks of pre-season training in professional soccer teams from Dutch and Portuguese leagues[J]. Physiology & Behavior, 2019, 209: 11258.

[17] MALONE J, DI MICHELE R, MORGANS R, et al. Seasonal training load quantification in elite English Premier League soccer players[J]. International Journal of Sports Physiology and Performance, 2015, 10:489-497.

[18] IMPELLIZZERI F M, MARCORA S M, CASTAGNA C, et al. Physiological and performance effects of generic versus specific aerobic training in soccer players[J]. International Journal of Sports Medicine, 2006, 27: 483-492.

[19] OWEN AL, LAGO-PEÑAS C, GÓMEZ M-Á, et al. Analysis of a training mesocycle and positional quantification in elite European soccer players[J]. International Journal of Sports and Coaching, 2017, 12(5):1-8.



- [20] COYLE E F. Physical activity as a metabolic stressor[J]. American Journal of Clinical Nutrition, 2000,72(Suppl): 512S-520S.
- [21] HADDAD M, CHAUOCHI A, CASTAGNA C, et al. The construct validity of session RPE during an intensive camp in young male taekwondo athletes[J]. International Journal of Sports Physiology and Performance, 2011, 6(2):252-263.
- [22] BRANPUINHO L, FERRAZ R, TRAVASSOS B, et al. Effects of different recovery times on internal and external load during small-sided games in soccer[J]. Sports Health, 2021, 13(4):1941738121995469.
- [23] REILLY T. The science of training-soccer: A scientific approach to developing strength, speed and endurance [M]. London: Routledge, 2007.
- [24] ARNASON A, ANDERSEN TE, HOLME I, et al. Prevention of hamstring strains in elite soccer: An intervention study[J]. Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports, 2008, 18(1):40-48.
- [25] EIRALE C, TOL J L, FAROOQ A, et al. Low injury rate strongly correlates with team success in Qatari professional football[J]. British Journal of Sports Medicine, 2013, 47(12):807-808.
- [26] HAWKINS R D, HULSE M A, WILKINSON C, et al. The association football medical research programme: An audit of injuries in professional football[J]. British Journal of Sports Medicine, 2001, 35(1): 43-47.
- [27] HÄGGLUND M, WALDÉN M, EKSTRAND J. UEFA injury study-an injury audit of European Championships 2006 to 2008[J]. British Journal of Sports Medicine, 2009, 43(7):483-489.
- [28] BRADLEY P S, DI MASCIO M, PEART D, et al. High-intensity activity profiles of elite soccer players at different performance levels[J]. Journal of Strength & Conditioning Research, 2010, 24:2343-2351.
- [29] JOHNSTON R J, WATSFORD M L, PINE M J, et al. The validity and reliability of 5-hz global positioning system units to measure team sport movement demands [J]. Journal of Strength & Conditioning Research, 2012, 26(3):758-765.
- [30] DWYER D B, GABBETT T J. Global positioning system data analysis: Velocity ranges and a new definition of sprinting for field sport athletes[J]. Journal of Strength & Conditioning Research, 2012, 26(3):818-824.
- [31] BLOOMFIELD J, POLMAN R, O'DONOGHUE P. Physical demands of different positions in fa premier league soccer[J]. Journal of Sports Science & Medicine, 2007, 6(1):63-70.
- [32] Mallo J, Navarro E. Physical load imposed on soccer players during small-sided training games[J]. Journal of Sports Medicine & Physical Fitness, 2008, 48:166-171.
- [33] 吴放,张廷安,水祎舟,等.基于比赛最艰难情境下的我国 U 系列球员最高负荷特征及其应用研究[J].中国体育科技,2022,58(5):34-42.
- [34] MOHR M, KRUSTRUP P, BANGSBO J. Match performance of high-standard soccer players with special reference to development of fatigue[J]. Journal of Sports Sciences, 2003, 21:519-528.
- [35] 曹佩江,周广科,朱那.TRIMP 在女子山地车训练监控中应用研究[J].体育与科学,2013,34(6):65-70.
- [36] OWEN A, WONG D P, MCKENNA M, et al. Heart rate responses and technical comparison between small-vs. large-sided games in elite professional soccer[J]. J Strength Cond Res, 2011, 25(8):2104-2110.
- [37] KRUSTRUP P, ZEBIS M, JENSEN J M, et al. Game-induced fatigue patterns in elite female soccer[J]. The Journal of Strength and Conditioning Research, 2010, 24(2):437-441.
- [38] SNYDER B J, HUTCHISON R E, MILLS C J, et al. Effects of two competitive soccer matches on landing biomechanics in female division I soccer players [J]. Sports (Basel), 2019, 7(11):237.

(责任编辑:刘畅)