



session-RPE 训练负荷量化方法的发展及对运动训练的启示

于洪军, 王晓昕

(清华大学 体育部, 北京 100084)

摘要: session-RPE(s-RPE)训练负荷量化方法由Foster等(2001)正式提出,它同时考虑了训练课次的强度和持续时间,训练负荷刺激下运动员的生理疲劳和心理疲劳感知等影响因素,该量表能够便捷的监控包括力量训练课在内的各种类型训练课的负荷刺激,以帮助教练员和运动员科学的安排训练负荷,防止过度训练。综述国内外相关s-RPE的研究成果,从该量表的心理物理学溯源出发,论述了s-RPE方法的起源、监控原理及研发过程,总结了该量表在不同体育项目及不同人群中训练监控的有效性和应用前景,进而讨论了s-RPE方法的优势与局限性,并为运动员使用该量表进行训练负荷量化和训练监控提供建议。

关键词: 训练负荷;训练负荷监控;s-RPE量表;运动训练

中图分类号: G808.1

文献标识码: A

训练负荷研究是运动训练领域的核心问题。训练负荷主要包含训练强度、训练时间和训练频率3个指标(Borresen et al., 2009; Thorpe et al., 2017)。适宜的训练负荷刺激可以增加运动员的运动能力,提高运动员的运动成绩;训练负荷不足则会造成运动员的运动能力和成绩得不到预期的提高;运动负荷过量则会引发运动员运动损伤、疾病、训练过度,最终导致运动能力表现不佳(Foster et al., 2017; Gabbett, 2020; Mujika, 2017)。对训练负荷进行科学监控是保证科学安排训练负荷的前提。session-RPE(s-RPE)训练负荷监控方法能够兼顾训练的外负荷刺激和内负荷(心理疲劳感知)反应,容纳了训练过程中的单调性因素,且便于运动员和教练员日常操作。该方法是目前广泛使用的衡量复杂训练项目和特殊训练内容(如力量训练)的便捷负荷量化方法,该方法在各类训练项目的负荷监控中展示了广阔的应用前景(Foster, 1998; Foster et al., 2001)。使用s-RPE训练负荷监控方法不仅能简单便捷的将内负荷状况快速反馈给教练员和运动员(Gabbett et al., 2017),而且能及时调整运动员的训练负荷和训练计划,提高运动员的运动能力和运动成绩,避免运动损伤发生。相对于传统的训练监控方法,s-RPE训练负荷监控方法具有简易和便捷操作的优点。基于此,本研究通过综述s-RPE训练负荷量化方法的起源、原理及在竞技体育中的应用,总结该方法在当前体育科学研究中的相关研究成果和实践操作经验。

1 s-RPE 训练负荷量化方法

教练和运动员的最终目标是在特定时间(如比赛中)取得胜利或个人最佳运动表现。一般认为,增加训练负荷会提高运动成绩,然而盲目增加训练,尤其是随机增加训练强度、训练时间或训练频率,将会增加运动员受伤的概率和过度训练的风险(Budgett, 1998; Halson et al., 2004; Williams et al., 1989)。因此,训练负荷科学量化的作用变得越来越重要,制定最佳的训练计划以防训练不足和过度训练,并寻找运动员训练负荷的最佳区间,提高运动能力和运动成绩。s-RPE量表为运动员提供了一个简单有效的训练负荷量化方法,该量表主要是Carl Foster在Brog的RPE量表和Banister训练负荷刺激单位(Training Impulse, TRIMP)基础上研发而成。该方法最早可以溯源至19世纪心理物理学开始研究感官刺激的物理特性和相关感知之间的非线性关系(图1)。Stevens(1957)提出了心理物理学领域著名的“幂次法则”,为Borg的RPE量表奠定了理论基础,他开发了6-20量表及CR-10、CR-100量表(Borg, 1962; Borg et al., 1987, 2001)。Banister等(1975)提出了训练负荷适应-疲劳模型及TRIMP的概念,

收稿日期:2020-09-07; 修订日期:2021-06-03

基金项目:国家重点研发计划“科技冬奥”重点专项(2018YFF0300902);
国家社会科学基金(19ZDA353);清华大学本科教改课题(DX02-20)。

第一作者简介:于洪军(1982-),男,副教授,博士,主要研究方向为运动训练理论、环境与健康行为,E-mail: yuhj12@mail.tsinghua.edu.cn。

基于心率评估运动员内负荷的方法在各竞技项目中得到了广泛的应用。Carl Foster 受到 Borg 及 Banister 等学者的启发,以修改后的 RPE 量表代替心率进行训练负荷的量化,并于 1995 年首次使用于跨项训练对运动员跑步成绩

影响的研究中(Foster et al., 1995)。在其后的 5 年里,经过不断修改和应用,他于 2001 年正式提出 s-RPE 法是一种训练监控的有效且实用的新方法,为训练负荷量化提供了一个重要的工具(Foster et al., 2001)。

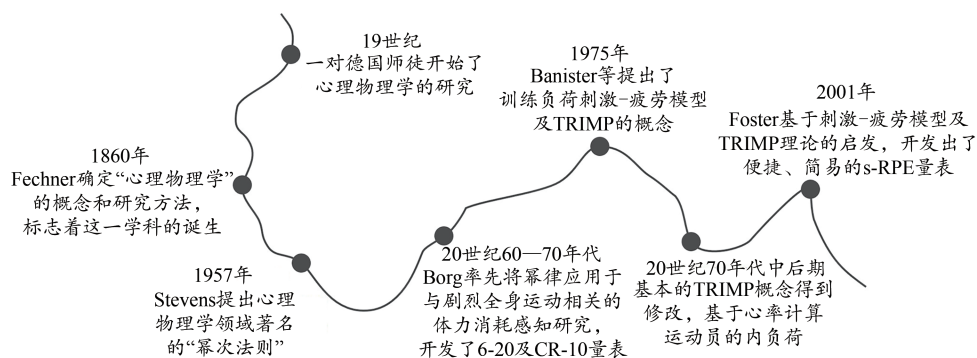


图1 s-RPE量表训练负荷量化方法起源图

Figure 1. Origin of s-RPE Method for Training Load Monitoring

1.1 s-RPE法的提出和计算

session-RPE 即课次主观疲劳训练负荷量化指标, Carl Foster 教授在 Brog 的 RPE 量表和 Banister 的 TRIMP 方法的启发下,开发的一种简单有效的训练课次负荷监控量表,用 Borg 的疲劳感知量表代替心率进行训练负荷的量化,要求运动员对自身在整个训练课程中所作的努力程度进行评分,用实验测试数据证明了训练课次 RPE 与受试者的血乳酸强度区间和心率监测区间之间有很好的——对应关系,因此,认为该方法有望成为一种在不同类型训练课中量化训练负荷并为训练周期计划评估提供量化的工具(Foster et al., 2001)。

s-RPE 的计算方法:课次训练负荷=训练时长×RPE 值。

从该训练负荷数据中还可以计算以下变量:周训练负荷、训练单调性(training monotony)和训练压力(training strain):周训练单调性=周训练负荷平均值/周训练负荷标准差。

训练单调性是一周训练负荷变化程度的量度(Foster et al., 1997)。当运动员经历一段缺乏变化且比较单调的训练后,过度训练综合征发生风险明显上升,运动员出现身体不适及运动损伤的风险增高(Foster, 1998)。

另外,训练压力代表一周训练中运动员所承受的总体压力(Foster, 1998):周训练压力=周训练负荷×周训练单调性。

该方法可用来评估运动员在不同训练课次及比赛中的负荷,运动员只需在训练课后根据 Foster 修改更新后的 CR-10 RPE 量表(Foster et al., 2001)(表 1)回顾性的报告 1 个在 0~10 分的具体疲劳感觉数字,但根据该量表收集 RPE 等级之前,应根据程序让教练员及运动员都熟悉此量表,以便保证数据的可靠性和有效性。

表 1 Foster 修改后的 CR-10 RPE 量表(Foster et al., 2001)

Table 1 Modified CR-10 RPE Scale by Carl Foster(Foster et al., 2001)

分数	强度描述
0	没有疲劳感
1	非常轻松
2	轻松
3	适中
4	有点累
5	累
6	
7	特别累
8	
9	
10	最大极限

1.2 s-RPE 评估方法的使用建议

运动员在训练课结束后何时[10 min (Uchida et al., 2014)、15 min (Kraft et al., 2014)或 30 min (Foster et al., 2001; Thornton et al., 2016)]报告 RPE 更准确? 上述研究认为,不同的项目应有所区别。Foster 等(2001)的研究表明,训练结束后 30 min 收集 RPE 分值,避免因训练课次接近尾声时特别累或特别轻松而影响受试者的主观疲劳感知评定。还有研究认为,在训练实践中,建议训练课结束后约 15 min 报告 s-RPE 分值比较合理(Hornsby et al., 2013; Lupo et al., 2017; Singh et al., 2007; Thornton et al., 2016; Uchida et al., 2014)。

s-RPE 作为评估运动员训练负荷的常用方法,如何计算训练总时间也至关重要。有学者就量表监控中是否应该排除训练课中的休息时间进行了研究(Minganti et al., 2011b; Rodríguez-Marroyo et al., 2021),研究认为在运动训练监控过程中,不排除休息时间的训练负荷计算更为便捷,基于总课次时间的训练负荷量化评估更有利于训

练实践操作,因此,建议教练员可以不排除休息时间,这样更便于操作。

2 s-RPE训练负荷量化方法的信效度验证研究

量表的可靠性及有效性对于教练和体育科学家而言较为重要,因为其表明了测量的可重复性及准确程度。可靠性差会降低教练跟踪个人训练负荷测量值变化的能力,有效性差则会造成超负荷或恢复不足。研究数据证明,s-RPE对运动强度的估计是可靠的,在相同运动强度的重复试验中,用 $\% \dot{V}O_{2peak}$ 、 $\%HR_{peak}$ 、 $\%HR_{reserve}$ 和s-RPE测量的运动强度之间没有显著性差异(Herman et al., 2006)。从s-RPE法提出至今,已有众多研究对其在不同项目、不同性别、不同运动水平运动员训练负荷量化中的信效度进行了报道(表2),虽然报告的s-RPE法与基于心

率测量之间的相关性由于项目、性别、运动水平等的不同略有差异,但总体上证明了s-RPE法的效度,其可以作为简单、独立的方法用于负荷的量化,使教练及运动员能够及时有效地监控其训练计划。

在本研究检索到的报道中,均报告了s-RPE法量化的训练负荷与基于心率的评估方法呈中高度($r=0.5\sim 0.9$)相关关系(表2)。但目前鲜见关于不同项目、不同运动水平、不同性别运动员之间s-RPE法在量化训练负荷时有效性差异的比较研究。在未来的研究中,这将作为体育科研人员、教练及运动员重点关注的问题之一,以表明s-RPE法是否在量化不同项目、不同运动水平、不同性别运动员运动负荷的过程中存在不同程度的可靠性和有效性,为教练及运动员在实践中具体使用s-RPE法提供更加科学化、数据化的研究支撑。

表2 2001—2020年有关s-RPE训练负荷量化方法的有效性及其可靠性的研究文献

Table 2 Validity and Reliability of s-RPE Method for Training Load Monitoring Reported in 2001—2020

体育项目/ 运动	研究文献	研究对象 性别/年龄范围	参与 人数	运动 水平	效度标准	相关系数	显著性	ICC (95% CI)	变异性
篮球	Foster et al., 2001	男 20.20±1.50	14	大学生 运动员	Edwards' TRIMP		$P<0.05$		
	Manzi et al., 2010	男 28.00±3.60	25	职业精英 运动员	Edwards' TRIMP Banister's TRIMP	$r=0.770\sim 0.850$ $r=0.700\sim 0.820$	$P<0.01\sim$ $P<0.001$	0.95	
	Moreira et al., 2012	男 26.40±3.80	10	职业 运动员	唾液皮质醇	$r=0.750$	$P<0.001$		
足球	Impellizzeri et al., 2004	男 17.60±0.70	19	俱乐部 运动员	Edwards' TRIMP Banister's TRIMP Lucia's TRIMP	$r=0.540\sim 0.780$ $r=0.500\sim 0.770$ $r=0.610\sim 0.850$	$P<0.01\sim$ $P<0.001$		
	Alexiou et al., 2008	女 19.30±2.00	15	精英 运动员	Edwards' TRIMP Banister's TRIMP Lucia's TRIMP	$r=0.560\sim 0.970$ $r=0.670\sim 0.950$ $r=0.610\sim 0.850$	$P<0.01$		
	Gomez-Piriz et al., 2011	男 26.74±4.20	22	职业 运动员	全球定位系统 GPS	$\beta=0.230$	$P<0.05$		
	Akubat et al., 2012	男 17.00±1.00	9	职业青年 运动员	Banister's TRIMP	$r=0.750$	$P=0.02$		
	Casamichana et al., 2013	男 22.90±4.20	28	半职业 运动员	Edwards' TRIMP 总覆盖距离 运动员负荷(加速度计)	$r=0.570$ $r=0.740$ $r=0.760$	$P<0.01$		
	Rodríguez-Marroyo et al., 2015	男 11.40±0.50	12	青少年 运动员	Edwards' TRIMP	$r=0.170$	$P=0.335$		
	Costa et al., 2019	女 21.40±2.10	17	高水平 运动员	Banister's TRIMP	$r=0.780$	$P<0.001$		
	陈彦龙等, 2019	21.00±2.00	16	大学生 运动员	Banister's TRIMP Edwards' TRIMP Stagno's TRIMP	$r=0.500\sim 0.860$ $r=0.500\sim 0.910$ $r=0.560\sim 0.820$	$P<0.05$		
	Marynowicz et al., 2020	男 17.80±1.00	18	青年足球 运动员	外负荷 GPS PlayerLoad 加速度计 每分高速行驶距离	$r=0.360\sim 0.760$ $r=0.700$ $r=0.640$ $r=0.620$ $r=0.390$	$P<0.001$		

体育项目/ 运动	研究文献	研究对象 性别/年龄范围	参与 人数	运动 水平	效度标准	相关系数	显著性	ICC (95% CI)	变异性
澳大利亚 足球	Scott et al., 2013	男 19.00±1.80	21	俱乐部 运动员	Edwards' TRIMP Banister's TRIMP % HR _{peak} 总覆盖距离 运动员负荷(加速 度计)	r=0.830 r=0.830 r=0.660 r=0.810 r=0.830	P<0.05		
加拿大 足球	Clarke et al., 2013	男 22.00±1.40	12	专业 大学生 运动员	Edwards' TRIMP Banister's TRIMP	r=0.690~0.910 r=0.650~0.900	P<0.01		
排球	Lima et al., 2020	男 23.00±5.20	8	职业 运动员	跳跃次数	r=0.490	P<0.05		
橄榄球	Lovell et al., 2013	男 24.40±4.10	32	职业 运动员	Banister's TRIMP 距离 快速跑 身体负荷 冲撞	r=0.750 r=0.830 r=0.600 r=0.560 r=0.550	P<0.05		
	Paulson et al., 2015	男 29.00±7.00 女	13 1	国际轮椅 橄榄球 运动员	Edwards' TRIMP Banister's TRIMP Lucia's TRIMP 总覆盖距离	r=0.640 r=0.620 r=0.810 r=0.590	P<0.05		
	Júnior et al., 2017	19.00±1.00	13	橄榄球 运动员	唾液皮质醇	r=0.810	P<0.001		
	Williams et al., 2018	27.00±4.00	8	国际 运动员	Banister's TRIMP	r=0.450±0.340	P<0.05		
网球	Gomes et al., 2015	18.40±0.40	12	职业 运动员	Edwards' TRIMP	r=0.580~0.890	P<0.01		
冰球	Rago et al., 2020a	男 26.20±4.70	18	精英 运动员	Edwards' TRIMP	r=0.700~0.890	P<0.001		
游泳	Wallace et al., 2009	男 22.30±3.10 女	6 6	优秀 运动员	距离 Edwards' TRIMP Banister's TRIMP Lucia's TRIMP	r=0.370~0.850 r=0.630~0.910 r=0.550~0.920 r=0.590~0.940	P<0.01		
	Nogueira et al., 2016	男 15.80±0.87 女 15.10±0.46	10 7	国家 青年队 运动员	总训练量 高强度训练量 超高强度训练量 需氧量 厌氧量	r=0.710 r=0.450 r=0.430 r=0.580 r=0.350	P<0.05		
	Sinnott-O'Con- nor et al., 2019	男 19.00±4.00 女	男1、 女3	里约国际 残奥会 运动员	Banister's TRIMP Edwards' TRIMP Lucia's TRIMP 距离	r=0.680 r=0.660 r=0.740 r=0.530	P<0.01		
跳水	Minganti et al., 2011a	男 25.70±6.10 女 25.30±0.60	3 3	精英 运动员	Edwards' TRIMP 总跳水次数 总体难度 平均难度	r=0.810 r=0.180 r=0.140 r=0.750	P<0.01 P>0.05 P>0.05 P<0.01		R ² =0.66 R ² =0.56
水球	Lupo et al., 2014	男 12.60±0.50	13	青少年 运动员	Edwards' TRIMP	r=0.880	P<0.001		R ² =0.79
冲刺 皮划艇 赛艇	Borges et al., 2014	男 17.10±1.20 女	6 4	初级 运动员	Banister's TRIMP Banister's TRIMP	r=0.620±0.150	P<0.05		
	Dellavalle et al., 2013	女 19.70±0.80	7	大学生 运动员	Edwards' TRIMP	r=0.880	P<0.001		R ² =0.77
	Tran et al., 2015	男 25.90±3.40 女 29.00±5.70	12 2	精英 运动员	血乳酸	r=0.420±0.410	P<0.05		
跆拳道	Haddad et al., 2011	男 13.10±2.40	10	青少年 运动员	Edwards' TRIMP Banister's TRIMP	r=0.560~0.860 r=0.560~0.900	P<0.001		

体育项目/ 运动	研究文献	研究对象 性别/年龄范围	参与 人数	运动 水平	效度标准	相关系数	显著性	ICC (95% CI)	变异性	
空手道	Perandini et al., 2012	男 23.70±2.20 女 18.80±1.50	7 4	精英 运动员	Edwards' TRIMP Banister's TRIMP Lucia's TRIMP	$r=0.640$ $r=0.520$ $r=0.710$	$P<0.01$ $P=0.02$ $P<0.01$	0.81		
	Lupo et al., 2017	男 12.00±0.70 女 12.00±0.80	5 4	青少年 运动员	Edwards' TRIMP	$r=0.710$	$P<0.05$			
	Padulo et al., 2014	男 12.50±1.84	11	青少年 运动员	Banister's TRIMP Edwards' TRIMP	$r=0.840\sim 0.920$ $r=0.840\sim 0.970$	$P<0.001$			
	Tabben et al., 2015	男 24.20±2.30 女 22.60±1.20	10 8	精英 运动员	Banister's TRIMP Edwards' TRIMP	$r=0.650\sim 0.950$	$P<0.001$			
	柔道	Serrano et al., 2001	男 19.80±0.96	13	柔道 运动员	血乳酸浓度	$r=0.630$			$P<0.01$
击剑 训练 比赛	Turner et al., 2017	男 21.80±2.30	7	精英 运动员	Banister's TRIMP Edwards' TRIMP Banister's TRIMP Edwards' TRIMP	$r=0.840\sim 0.980$ $r=0.910\sim 0.980$ $r=0.890\sim 0.990$ $r=0.920\sim 0.990$	$P<0.05$	0.55		
欧洲团体操	Minganti et al., 2010	女 21.70±1.20	10	精英 运动员	Edwards' TRIMP	$r=0.770\sim 0.850$	$P<0.01$			$R^2=0.59\sim 0.85$
舞蹈	Jeffries et al., 2017	男 18.80±2.40 女 19.00±2.00	5 11	业余舞蹈 演员	Edwards' TRIMP Banister's TRIMP $\%HR_{peak}$	$r=0.720\pm 0.130$ $r=0.770\pm 0.080$ $r=0.690\pm 0.110$	$P<0.05$			
自行车	Surgenor et al., 2019	男 20.00±1.16 女 20.00±0.52	4 6	舞蹈专业 学生	Edwards' TRIMP	$r=0.720$	$P<0.000 1$			
	Rodríguez- Marroyo et al., 2012	男 25.00±1.00	12	专业 运动员	Lucia's TRIMP	$r=0.750$	$P<0.001$			
	谢云等, 2020	男 23.00±4.00	10	2名国家 健将 8名一级 运动员	Edwards' TRIMP Banister's TRIMP $\%HR_{max}$	$r=0.810\pm 0.100$ $r=0.720\pm 0.230$ $r=0.590\pm 0.170$	$P<0.01$ $P<0.05$	0.69 (0.53,0.80) 0.73 (0.58,0.83)		
持续与间歇 交替训练	Foster et al., 2001	男 23.00±3.60 女 23.00±3.60	6 6	业余 运动员	Edwards' TRIMP		$P<0.05$			
Wallace et al., 2014	男 23.80±8.40 女	5 5	业余 运动员	$\dot{V}O_2$ $\%\dot{V}O_{2max}$	$r=0.750\pm 0.110$ $r=0.800\pm 0.060$	$P<0.05$				
间歇 包含休 训练 息时间 排除休 息时间	Minganti et al., 2011b	男 45.30±7.30	18	精英 运动员	Edwards' TRIMP Edwards' TRIMP	$r=0.820$ $r=0.860$	$P=0.013$ $P=0.003$	$R^2=0.67$ $R^2=0.74$		
力量训练	Sweet et al., 2004	男 26.10±10.20 女 22.20±1.80	10 10	有氧和 力量训练 类型训练 运动员	$\%\dot{V}O_{2peak}$ 及%1 RM		$P<0.05$	0.88 (0.70,0.96) 0.95 (0.90,0.97)		
Day et al., 2004	男 24.70±3.80 女 22.10±2.60	9 10		%1 RM		$P\leq 0.05$				
McGuigan et al., 2004	男 21.60±1.20 女 20.60±0.90	8 9		%1 RM 唾液皮质醇		$P<0.05$ $P<0.05$				
Egan et al., 2006	女 22.00±3.00	14	普通大学 生受试者	%1 RM		$P\leq 0.05$				
Singh et al., 2007	男 26.70±4.30	15	志愿者	%1 RM		$P<0.05$				
高强度功能 训练(HIFT)	Tibana et al., 2018	男 27.10±4.10	13	具有HIFT 运动经历 的受试者	Edwards' TRIMP	$r=0.830\sim 0.870$	$P<0.05$	0.889 $P<0.000 1$		
Crawford et al., 2018	男 22.60±3.50	25	健康 受试者	Edwards' TRIMP Banister's TRIMP	$r=0.889$ $r=0.561$					

体育项目/ 运动	研究文献	研究对象 性别/年龄范围	参与 人数	运动 水平	效度标准	相关系数	显著性	ICC (95% CI)	变异性
耐力训练	Manzi et al., 2015	36.50±3.80	7	长跑业余 运动员	TRIMP	$r=0.790$	$P<0.000$		
恒定负荷 运动	Herman et al., 2006	男 33.00±16.00	7	普通	% $\dot{V}O_{2peak}$		$P<0.05$	0.78	$R^2=0.76$
		女 23.00±1.00	7	受试者	%HR _{peak}				$R^2=0.74$
身体活动	Borresen et al., 2008	男 30.00±5.00	15	普通成年	Edwards' TRIMP	$r=0.840$	$P<0.05$		
		女	18	受试者	Banister's TRIMP	$r=0.760$			$R^2=0.71$

注:资料来源于Haddad等(2017),并在其基础上进行修改增加。

3 s-RPE 训练负荷量化方法的应用研究

训练负荷量化能够为教练员及运动员提供重要的训练信息,避免无效的训练及过度训练带来的受伤风险,训练负荷监控方法应科学、直观且简单易行,并提供有效的数据分析及科学的反馈(Halson, 2014)。尽管微型设备(如心率监视器、全球定位系统、加速度计和可穿戴设备等)在体育领域广泛应用,且具有跟踪精确信息的能力,但这些设备仍存在一些局限性,如成本高、对专业技术要求较高以及传输中断、数据丢失等,此外,通过设备获得的数据相对复杂,要做到随时随地评估训练负荷比较困难(Haddad et al., 2017)。s-RPE 法是一个有效的解决方案,已被作为一种简单、无创且廉价的方法来监控各种竞技体育运动中的训练负荷,为避免过度训练而导致的运动损伤风险提供了一种有效的训练监控工具。

3.1 s-RPE 方法对预防运动损伤风险的应用研究

3.1.1 在球类项目训练监控中预防损伤的应用

在球类竞技体育项目中,对运动员的速度、力量、耐力、敏捷性等都有较高要求,尤其团体项目在同一训练单元中存在不同的目标和训练内容,内负荷的监控可能更加复杂。能够取得成功的训练计划必然包括超负荷训练

刺激,但还必须避免过多的超负荷训练与恢复不足造成运动员损伤的情况。为了最大限度地提高团队运动的运动员表现并限制与过度训练压力相关的任何有害影响,教练必须了解训练与适应之间的最佳剂量-反应关系,充分考虑负荷刺激-运动损伤的风险阈值(Craig et al., 2013)。自 s-RPE 法提出以来,众多研究者及教练员将其运用于球类运动员日常监控中,以及时了解运动员的训练状态、制定并调整训练方案、预防运动员伤病。根据每周训练负荷值可以计算每周负荷的绝对变化、急性/慢性负荷比、单调性、训练压力和损伤风险等指标(Rago et al., 2020b),从而使教练在随后的训练当中以更优化的方式进行训练负荷安排(Comyns et al., 2013)。

该方法在足球、篮球、橄榄球、排球、板球等球类项目运动负荷及损伤监控中均得到了应用(表 3),为教练提供有关运动员在所有训练方式下所经历的内负荷的主观信息,帮助球队训练负荷的管理,并在跟踪周期性训练和逐渐细化的训练阶段方面具有潜在用途(Comyns et al., 2013),从而最大限度地提高运动员适应和表现能力,将伤病的风险降到最低(Comyns et al., 2018)。

表 3 s-RPE 训练负荷量化方法在竞技体育项目的应用研究

Table 3 Application of s-RPE Method for Training Load Monitoring Reported in Sports

体育项目 /运动	研究文献	参与 人数	年龄范围	运动 水平	研究设计	损伤事件	研究结果
球类 项目	橄榄球 Cross et al., 2016	173	未报道	职业联盟 球员	记录了 1 个赛季所有球员的 TL 和运动损伤,使用广义评估方程模拟赛季内 TL 与接下来 1 周运动损伤之间的关系	465(比赛 303/训练 162)	1 周累积负荷 ≥ 1245 AU 或绝对变化(从上周到当前一周负荷变化) ≥ 1069 AU,会增加受伤风险; 4 周累积负荷与受伤风险之间呈明显的非线性效应,与 4 周累积负荷 > 8651 AU 相关的受伤风险明显增加
	Thornton et al., 2016	32	26.0±4.8	职业联盟 球员	在筹备和比赛的 29 周大周期内收集了运动员自我报告的疾病和幸福以及 TL,以开发预测模型确定导致自报疾病发生率的因素	45(比赛 35/训练 10)	周训练负荷 > 2786 AU,周训练压力 > 2282 AU,周训练单调性 > 0.78 AU 可以被认为是运动员自主报告疾病(不适或生病)风险增加的“预测值”
足球	Malone et al., 2018	37	25.0±3.0	精英 运动员	记录 1 个赛季训练和比赛的 TL 以及下肢受伤事件,使用逻辑回归将训练负荷和 GPS 数据与伤害数据进行建模	75	较高的每周慢性训练负荷 (≥ 2584 AU) 和更好的间歇性有氧训练可以抵消由于快速大幅增加的跑步造成的下肢伤害风险

体育项目/运动	研究文献	参与人数	年龄范围	运动水平	研究设计	损伤事件	研究结果
	Rogalski et al., 2013	46	22.2±2.9	精英运动员	记录1年中训练及比赛负荷和受伤情况,使用Logistic回归模型针对伤害数据和每周滚动总和及1周的负荷变化进行建模	238(比赛144/训练94)	1周累积负荷>1 750 AU,2周累积负荷>4 000 AU,绝对变化>1 250 AU,都会增加运动员受伤风险;绝对变化值超过1 000 AU时,拥有2~3年和4~6年经验的球员与7年以上经验的球员相比具有更低的受伤风险
	Lathlean et al., 2019	562	17.7±0.3	职业运动员	使用s-RPE及Likert量表记录负荷、睡眠、疲劳、酸痛、压力和情绪的健康指数		澳大利亚足球运动员比赛负荷为637AU,平均训练负荷为352 AU,整体健康与1周总负荷呈显著的线性负相关,与整个赛季的负荷呈倒U曲线关系
	Milanez et al., 2014	13	22.1±4.2	顶级职业运动员	记录为期5周的典型训练负荷,并验证训练负荷、压力症状、唾液分泌性免疫球蛋白A(SIgA)水平和上呼吸道感染症状之间的关系		女子五人制足球运动员每日训练负荷的最佳范围在343~419 AU,周训练刺激负荷在2 639~3 060 AU,低于和高于这些值时,压力症状就会增加;每日训练负荷>435AU、周训练负荷>3 160 AU,运动员SIgA水平降低
篮球	Anderson et al., 2003	12	18.0~22.0	女大学生运动员	记录与训练强度和持续时间有关的损伤、疾病	57	在女篮赛季的各个阶段受伤的运动员百分比随着训练负荷的增加而增加,且周损伤与周训练总负荷呈中度正相关($r=0.675, P<0.01$),训练负荷刺激与单调性呈中度正相关($r=0.668, P<0.01$)
	Moreira et al., 2012	10	26.4±3.8	职业运动员	记录2项模拟赛和2项正式赛的s-RPE和唾液皮质醇,比较模拟和正式比赛之间的内部负荷反应		s-RPE与皮质醇之间存在显著正相关关系;与模拟赛相比,正式比赛后皮质醇和s-RPE的响应强度更大,证实了正式竞争比模拟条件产生更大压力这一假设
	周苏坡等, 2019	14	21.5±2.1	职业女篮运动员	记录联赛准备期间训练负荷及损伤	81	与中负荷组相比(491~590 AU),低负荷组(98~490 AU)运动员损伤风险降低,而高负荷组(591~676 AU)和极高负荷组(677~1 219 AU)的损伤风险都有所增加,极高负荷组的风险增加显著($P=0.04$)
排球	Moreira et al., 2013	14	19.0±0.3	职业运动员	在竞争性排球季(秋季)期间记录训练负荷及唾液样本,比较常规赛和冠军赛之间的水平		与常规赛相比,总决赛的s-RPE更大
	Mendes et al., 2018	13	31.0±5.0	精英运动员	记录整个赛季的运动负荷、肌肉酸痛、压力、疲劳、睡眠质量和Hooper指数,根据每周比赛的数量及比赛前后的天数对训练课程进行分类:预备(无比赛),常规(一场比赛)和密集(2次或更多次比赛)		比赛拥挤周(2次或更多次比赛)s-RPE量化的内负荷(364.71 AU)比正常周(1场比赛)内负荷(252.97 AU)显著升高
网球	Myers et al., 2020	26	15.5±2.8	初级运动员	记录训练负荷及自主报告运动损伤情况	17	前一周的ACWR和以前的损伤史是下一周损伤的重要预测指标;受伤运动员前一周的训练负荷平均比前4周多出1.5倍,受伤前一周的平均ACWR为1.57($SD, 0.90$)
板球	Hulin et al., 2013	28	26.0±5.0	精英快速投手	记录6年43个赛季的运动负荷和运动损伤		与慢性工作负荷相比,急性工作负荷的增加会增加运动员接下来一周的受伤风险,当外负荷和内负荷的训练压力平衡指数超过200%时,伤害风险分别增加了3倍和4倍
搏击对抗类项目	柔道 Agostinho et al., 2015	10	15.9±1.3	年轻运动员	将训练负荷(系统输入)与性能变化(系统输出)进行系统数学建模		由s-RPE的评估可获得训练负荷与运动员成绩变化之间的最佳关系

体育项目/运动	研究文献	参与人数	年龄范围	运动水平	研究设计	损伤事件	研究结果
摔跤	Malone et al., 2019	40	26.2±4.4	业余运动员	记录 2 年的运动负荷、伤害和身体素质,使用回归分析针对伤害数据对运动负荷和身体素质测度进行建模	93	与低负荷对照组($\leq 1\ 200$ AU)相比,赛季中 $1\ 400$ AU \leq 周负荷 $\leq 1\ 900$ AU 是预防运动员损伤的适宜负荷;在 $>1\ 750$ AU 的训练负荷刺激下,较好的运动员受伤风险更低,且高水平运动员比低水平运动员更能忍受周负荷的绝对变化($>550\sim 1\ 000$ AU)
跆拳道	Casolino et al., 2012	20	23.0±3.1	精英运动员	在 1 周选拔训练营期间,比较入选运动员与未入选运动员之间心率、血乳酸积累、主观劳累程度和情绪差异		在区分精英跆拳道运动员上,s-RPE 和血乳酸指标似乎比心理措施更为有效
铁人三项	Comotto et al., 2015	16	18.0±1.0	初级精英运动员	记录训练营中内部训练负荷和情绪状态状况		在整个训练营不同的训练日中,不同水平运动员对相同训练负荷的疲劳感知存在差异,且疲劳性增加 45%,体力下降 24%,RPE 出现个体差异;在训练营期间需要密切监控相同训练负荷对不同训练水平运动员造成的刺激影响,以使训练做到个性化并考虑到不同水平运动员的差异性,避免运动损伤发生
举重	Tibana et al., 2019	1	34.0	精英运动员	记录 1 名精英女子举重运动员在 38 周高强度功能训练后的内负荷和 ACWR 等指标	0	38 周的周平均总负荷为 $2\ 092\pm 861$ AU;2018 年公开赛筹备期间的周平均总负荷为 $1\ 973\pm 711$ AU;公开赛期间的周平均总负荷为 $1\ 686\pm 412$ AU;区域赛筹备期间的周平均总负荷为 $3\ 174\pm 595$ AU;平均 ACWR 为 1.1 ± 0.5 ,50% 的训练周在“安全区”之外
技巧类项目	舞蹈 Jeffries et al., 2017	16	18.8±2.4	业余演员	记录 49 天的训练负荷、心率及睡眠等指标,评估了舞蹈训练过程中训练(即加速度测量和心率)和非训练相关因素(即睡眠和健康)的贡献		平均周负荷为 $4\ 283\pm 2\ 442$ AU,周训练单调性为 2.13 ± 0.92 AU,训练压力为 $10\ 677\pm 9\ 438$ AU,且 s-RPE 量化负荷与其他各种内部和外部变量的强度和负荷之间存在强相关关系;训练负荷 s-RPE 中调整后方差的 49.7% 由峰值心率、代谢当量、酸痛、动力和睡眠质量解释
马术	Demarie et al., 2020	54	22.1±1.9	国家三级赛马手	记录 COVID-19 前后 2 次比赛的训练负荷、身体和心理状态、心率、成绩等指标,以相关分析了解表现、焦虑、s-RPE 和 HR 之间的可能关系		COVID-19 前后马术运动员盛装舞步的表现和焦虑与 s-RPE 密切相关;训练受限后“跳跃表演”和“越野”训练缩短,s-RPE 显著下降,心血管劳损不超过训练受限前的值
体操	Sartor et al., 2013	6	16.0±2.0	精英运动员	记录了 10 周的 s-RPE、Foster 指数、心率变异及表现,以评估训练负荷对体操运动员的影响		训练负荷有明显的时间效应,周一的 s-RPE 平均值显著低于周二和周五,但训练单调性无显著的时间主效应,在表现测试中未见显著改进
	Dumortier et al., 2018	26	15.4±3.7	精英运动员	记录了睡眠时间、睡眠效率、训练负荷、单调性和劳累性,研究睡眠作为一种恢复技术与精英运动员的训练负荷和表现之间的关系		睡眠时间和训练负荷之间呈负相关关系,训练负荷越高,世界锦标赛表现越差($r=0.829, P=0.042$),排名越靠后($r=0.893, P=0.007$)

大多数存在受伤风险的球员没有为所需承受的负荷做好准备,负荷的急剧增加与受伤风险的增加有关,通过 s-RPE 及时量化运动员的训练及比赛内负荷,是教练员和运动员降低受伤风险的参考指标之一。减少由于训练负荷安排不合理导致的运动损伤风险对球类运动项目运动

员具有重要意义,但教练员和运动员要清晰地认识到,训练负荷和急/慢性负荷比率(chronic workload ratio, ACWR)并不能解释所有的损伤风险(Gabbett, 2020),因为运动损伤所涉及的因素较为复杂,教练要因因人而异、因项目而异去理性把握受伤风险的影响因素,以防陷入误区。

3.1.2 s-RPE方法在搏击对抗项目训练监控中预防损伤的应用

搏击是运动员将出拳和出腿的速度、步法、逃避技巧、肌肉力量和爆发力以及高有氧运动能力相结合的对抗类项目(Zazryn et al., 2006)。由于项目的复杂性,使用传统的技术设备(如心率、GPS、加速度计等)很难在训练过程中评估运动负荷,因为上述设备较易受到训练的干扰,尤其是在陪练身上。此外,搏击项目运动员的表现取决于体能、心理、技能、战术和对手等综合因素影响,对训练负荷量化的监控变得困难和复杂(Guidetti et al., 2002)。对于从事搏击运动的教练和科学家来说,这种复杂性使得训练负荷难以量化,而s-RPE法提供了一种可靠手段,可以作为评估运动员在训练期间整体运动强度的个体差异的有效工具(Milanez et al., 2011)。Agostinho等(2015)指出,通过数学建模了解负荷对柔道运动员特定表现的影响,发现由s-RPE的评估可获得训练负荷与运动员成绩变化之间的最佳关系。

3.1.3 s-RPE方法在技巧类项目训练监控中预防运动损伤的应用

训练计划的成功在于训练量和强度的有效结合,高单调性、高强度与高训练量结合时,被认为过度训练风险急剧增大(Foster, 1998)。训练负荷和恢复之间也应达到最佳平衡,才能使运动员获得最大的提升。研究表明,体操运动员的受伤率很高,且与运动水平成正比(Desai et al., 2019),由于超负荷训练男子体操运动员的急性和慢性损伤发生率更高,而女子体操运动员则是由于技术不良、教法不正确,训练负荷安排单调性较高,提高了体操运动员的生理和心理双重负荷从而造成了运动损伤(Kolar et al., 2017)。总之,对体操、花样滑冰、舞蹈等技巧类项目运动员而言,由于心理压力在运动表现中的影响较大,采用s-RPE方法监控训练负荷,探究训练负荷和睡眠以及训练成绩表现的关系,为比赛前科学合理地调节运动员的生理和心理负荷压力提供了一个重要的负荷监控手段。

虽然最佳训练和过度训练的界限并未明确,但有研究表明,RPE等级在运动员对训练生理和心理耐受性方面的变化较敏感(Morgan, 1994)。在分级训练研究中也同样报告了运动员在给定心率训练时报告的RPE值更大(Martin et al., 2000),在疲劳状态加剧时运动员对标准运动刺激的RPE值增加(Snyder et al., 1993)。Impellizzeri等(2004)建议,RPE比心率对运动员疲劳状态更为敏感,这可能解释了在部分体育领域研究中观察到的s-RPE和基于心率方法量化的训练负荷之间的中度相关性。因此,s-RPE可以被认为是指导运动员在竞技运动中监控训练疲劳,避免过度训练的有效方法之一。

3.2 s-RPE方法在赛前减量和运动表现提升监控中的应用

长期以来,运动负荷与运动成绩之间的量效关系

(dose-response)一直是教练员和科研人员关注的热点问题,探寻个体运动员运动成绩提升的最佳负荷区域,寻找赛前减量的最佳区间和最佳减量模式,使运动员在比赛中取得最理想的运动成绩是运动员和教练员共同追求的目标。s-RPE方法的出现,为探究运动负荷与运动成绩之间的量效关系提供了新的研究视角。

在水上项目的应用研究中,有研究认为,游泳运动员应在重要比赛前几周逐渐减少训练负荷和科学安排赛前减量,以提高运动能力(Bosquet et al., 2007),在逐渐减小负荷期间已经观察到心理、生理和与表现有关参数的积极变化(Hooper et al., 1999; Papoti et al., 2007)。Nogueira等(2016)以s-RPE评估游泳运动员训练内负荷和外负荷之间的关系,研究表明,不同强度下的游泳距离与s-RPE密切相关($r=0.71, P<0.05$),回归分析显示,有氧和无氧训练量共同解释了内负荷变异性在50%以上,低强度大训练量比高强度无氧训练对s-RPE的影响更大。Toubekis等(2013)记录了游泳国家级总决赛前4周运动员训练负荷和生理参数与竞技运动表现的关系,研究发现,游泳运动基于s-RPE负荷与运动员能力变化呈中度正相关关系($r=0.63, P=0.03$),且s-RPE训练负荷评估方法有助于游泳运动员的赛前减量训练规划,增加赛前4周与比赛前最后一周训练负荷之间的最大可能差距,以促进运动员的恢复,提高运动成绩。Botonis等(2019)以s-RPE法量化水球运动员负荷,研究赛前训练,包括超负荷(第1、2周)和减少训练负荷(第3、4周)时段对体能和游泳成绩的影响,与第1周相比,第3、4周内负荷减少了 $19.0\% \pm 3.8\%$ 和 $36.0\% \pm 4.7\%$,运动员在第4周体能得到改善,且在400 m和20 m游泳测试时成绩得到提高,表明训练负荷的减少改善了运动员的竞技状态和游泳成绩。

通过长期监控训练负荷,对于教练员及时了解运动员状态、制定及调整训练方案至关重要,可以帮助了解运动员是否正在积极适应其训练计划,理解个体对训练的反应、评估疲劳以及相关的康复需求,科学安排赛前减量,提高运动员表现及运动成绩,并在最大程度上降低过度训练、受伤和患病的风险(Bourdon et al., 2017; Kellmann et al., 2018)。Collette等(2018)的研究显示,s-RPE相较于ACWR,与恢复-应激状态(recovery-stress state)之间的关系更强,建议游泳运动员使用s-RPE来监测训练负荷,以探寻运动员最佳的运动负荷区间。尽管有研究表明训练负荷与运动员成绩方面具有显著的相关关系,但鲜见其运动训练剂量-效应关系的报道,这也是未来教练员和研究者都应关注的研究课题。

从目前的研究文献来看,鲜见采用s-RPE方法探究训练负荷与赛前减量和运动成绩提升方面的研究,有待于更多的实践应用研究来探讨训练负荷与运动成绩之间的最佳量效关系。

4 s-RPE 训练负荷量化方法的优缺点述评

在没有心率监测设备或需要更简便的评估和计算训练负荷时,s-RPE法可以对有氧训练负荷进行合理准确的评估。但许多因素会对自我感觉努力程度产生复杂的相互作用,包括激素水平、有机物浓度、性格特质、通气速率、神经递质水平、环境条件或心理状态等(Williams et al., 1989),s-RPE训练负荷量化法有其独特的优势,同时也存在一定的局限性,需要教练员在使用的过程中充分了解项目及运动员特性,以便更好地利用s-RPE方法量化运动训练负荷。

4.1 s-RPE方法在量化训练负荷中的优点

s-RPE量表在运动员负荷监控过程中简单无创,不需要昂贵的设备,在教练员量化训练负荷、设计分期训练策略、制定个性化训练方案、预防运动员伤病等方面非常实用和有效。

4.1.1 s-RPE方法将心理因素纳入负荷监控中

运动员不仅是一个生物个体,更是一个社会个体。由于社会压力而导致运动员的睡眠质量较差和训练单调所带来的附加训练疲劳,将增加运动员的训练负荷压力感知。基于s-RPE方法训练负荷监控,将上述心理压力和训练单调性等内容凝练成一个简单的指标,将心理疲劳和生理疲劳整合为一个变量,以综合反应训练计划和生心理压力给运动员施加的综合压力,通过负荷量化的形式,为监控运动损伤和确立最佳的负荷阈值提供了重要的工具。

4.1.2 s-RPE方法反馈简单易行

Carl Foster提出的s-RPE法计算简单,可以做到随时随地量化负荷的目的。近年,由s-RPE推导而来的一些指标,也广泛应用于评估运动员表现、疲劳、损伤等方面。根据运动员自主报告的RPE分值与训练课的时间相乘即可获得此次训练课的负荷值(Foster et al., 2001),对教练员和运动员而言,操作起来简单易行。

4.1.3 s-RPE方法实现了个性化监控

团队及个人的训练负荷量化存在差异,不同运动员对相同的训练刺激可能会表现出不同的身心反应,需要教练员因人而异的制定训练计划和科学合理安排训练负荷。训练过程的个性化取决于对运动员身体和生理状况进行适当评估(Borresen et al., 2009; Mikolajec et al., 2012, 2016)。外负荷是运动员在训练和比赛过程中所做工作的绝对量度(如距离、加速度等),而内负荷(如心率、血乳酸等)则表示个体对所承受外负荷刺激的生物学反应(Bourdon et al., 2017)。单个监控运动员的训练负荷不仅能够筛选出对训练计划没有表现出积极反应的运动员,同时也能辨别外负荷和内负荷之间没有关联的运动员。有研究发现,s-RPE是一种敏感的工具,除训练强度外,它还提供有关累积疲劳的信息,日常训练中可通过s-RPE来

了解增加训练期间累积的疲劳,无需再测量血乳酸(Fusco et al., 2020)。为了优化个人表现,应根据运动员的特点量身定制训练。因此,s-RPE为个性化监控运动员负荷提供了一个简便有效的方法。

4.1.4 s-RPE方法监控过度负荷预防运动损伤

成功的训练计划必然包括超负荷训练,并且还要尽可能地避免过多超负荷训练与恢复不足造成运动员伤病的情况(Meeusen et al., 2013)。急/慢性负荷比率(ACWR)在近年的研究中成为判断运动员疲劳及损伤程度的指标(Andrade et al., 2020; Gabbett, 2016),其中,急性训练负荷定义为1周的总训练负荷(s-RPE),而慢性训练负荷则代表前4周训练负荷的平均值(Nielsen et al., 2014)。Murray等(2017)指出,澳大利亚足球赛季前和常规赛中,指数加权移动平均值模型比滚动平均值给出的ACWR检测到运动员损伤风险增加的敏感度明显更高。有研究表明,介于0.8~1.3的ACWR被认为是最佳区域,而当ACWR \geq 1.5则表示危险区域,将会增加受伤风险,在训练的同时应尽量避免短期训练负荷出现过多的峰值或低谷(Blanch et al., 2016; Gabbett, 2016)。s-RPE法可协助负荷管理,其目的是优化训练配置,以使运动员最大限度地适应训练刺激,并将伤害风险降至最低(Soligard et al., 2016)。s-RPE还可以被教练用作训练负荷和运动后适当恢复时间的有效评价工具(JÚnior et al., 2017)。虽然目前有关训练负荷ACWR的具体比值与运动损伤之间关系的研究仍存在争议(Gabbett, 2020; Impellizzeri et al., 2020a, 2020b),但该方法为探究训练负荷与运动损伤之间的关系提供了一个简单和科学的量化研究工具。

4.1.5 s-RPE方法探究运动成绩提升的最佳负荷

在运动训练的实践中,运动训练负荷刺激和运动成绩的提高之间存在着重要的相关关系(Banister et al., 1975),尤其是在赛前训练阶段,科学地安排负荷减量,在比赛当天获得理想的运动成绩和运动表现是教练员和运动员所共同努力的目标(Mujika, 2017)。在以往的训练实践中,赛前训练负荷的安排主要是保持训练强度,减少训练量,以快速促进运动员的机体恢复,同时保持运动员的竞技状态。s-RPE的负荷监控把赛前训练的负荷强度与负荷量的关系整合为一个指标,能够更加科学和有效地监控赛前减量的有效性,以保证比赛中取得理想成绩。

4.2 s-RPE法在量化训练负荷中的局限

通过RPE量表对运动员训练负荷进行记录和监控简便有效,但目前其在量化训练负荷过程中主要的局限在于运动员对训练的反映来自主观感觉(Hopkins, 1991),可能个体会因经验、身心感知的忍受度及理解等问题报告RPE分值与实际存在差异,特别是当用短、较短、长、较长、简单、中等、艰难等词形容训练时长或强度的时候,容易造成误差(Shephard, 2003)。因此,不同课次中s-RPE

的描述客观性问题是该方法的主要局限之一。

Borresen等(2006)研究了运动员凭借主观感觉叙述的训练时间及实际训练时间之间的关系,发现24%的运动员高估了其所接受的训练时间,17%的运动员低估了其训练时间。由于自我报告数据中的这种误差幅度可能会影响训练方案,所以在s-RPE量化训练负荷的过程中,需要考虑到使用前教练员与运动员的培训,使其对训练负荷的判定是吻合一致的,更好的形成对应关系,以及时间监控和调整训练方案。与基于心率等仪器的量化方法相比,采用量表收集运动负荷的数据信度和效度也受到限制(Shephard, 2003)。如量表的信度会随着训练和回忆之间间隔时间的增加而降低(Hopkins, 1991; Shephard, 2003)。Foster等(2001)的研究表明,s-RPE与Edwards' TRIMP对运动负荷的量化程度高度一致,但s-RPE法始终比TRIMP给出的分数更高。同样,有研究强调,s-RPE不是心率方法的有效替代品,因为s-RPE得分仅能解释约50%的心率变异(Impellizzeri et al., 2004)。在高强度训练过程中,报告了较高RPE等级但心率相对较低的个体($r=0.72$)和在心率功率输出关系上有较大变化的个体($r=0.76$)一样,都可能对赛前减量训练有更好的表现反应;心率与s-RPE关系的变化可用于监控个体对赛前减量训练积极反应的程度,也是监测高强度训练疲劳方面的一个实用指标(Martin et al., 2000)。虽然s-RPE法是简单、有效、可靠的训练负荷量化方法,但配合以心率的监控可能有助于理解其无法解释的差异。

此外,有研究将训练外负荷(即距离、频次等)及训练内负荷(心率、血乳酸)分别与s-RPE进行相关分析,结果表明,s-RPE与训练内负荷之间的关系比与外负荷的更紧密(Scott et al., 2013; Sinnott-O'Connor et al., 2019),且内负荷与训练期间施加的外负荷有关(Impellizzeri et al., 2004)。这可能是由于心率是对训练内负荷的一种度量,而外负荷度量了训练负荷的不同结构,是个人承受的整体负荷的因素之一,另外还有其他因素,诸如训练状态、疲劳状态以及先前的训练,以及遗传学也可能影响运动员对所承受训练的反应(Impellizzeri et al., 2005)。外负荷和内负荷量度提供了训练的不同信息,因此,有研究建议教练和体育研究者使用训练外负荷来制定训练方案并评估运动员所承担的负荷,利用训练内负荷监测运动员对所施加训练负荷的反应(Scott et al., 2013)。Dan Weaving等(2014)的研究表明,在技能训练期间,外负荷更能反映总体效应并解释训练负荷的变化,在速度及力量等体能训练期间,内负荷(s-RPE、TRIMP)量度则更好,而在不同训练内容组合的训练方案中,内负荷和外负荷量度的结合更能解释运动表现,仅使用单一的量度可能会低估训练负荷。上述研究表明,尽管s-RPE量化方法拥有足够广泛的适用性,但仅采用一种方法来监控运动员所承受

的训练负荷是远远不够的,需要进一步研究建立针对个体训练的内外负荷量度组合的剂量-效应关系。

Wallace等(2009)研究发现,训练强度与教练员和运动员的主观感觉间存在显著的交互作用,教练员在低强度训练中感知的RPE分值低于运动员,高强度训练中感知的RPE分值高于运动员,该研究表明,运动员和教练在低强度和高强度下对训练强度的理解不匹配,提示,对训练变量的控制不足,可能会使运动员面临训练风险增加的问题。因此,尽管s-RPE法在量化运动负荷的过程中已经经过了不同竞技项目、人群信效度的验证,但在监控运动员训练的过程中,由于其评估过程中受到运动员心理状态、理解力、主观感受等因素的影响,在运动负荷的量化过程中仍然存在一定的局限性,还需要教练及学者考虑不同项目、人群、年龄、性别等方面的独特性,以探索该方法在最大程度上提高适应性和降低伤害风险方面的潜在应用,并结合其他内外负荷评估量化方法,以期能为运动员提供更科学、更合理的训练方案。

5 s-RPE训练负荷量化方法对运动训练的启示

5.1 s-RPE方法对运动训练科学研究新范式的启示

库恩(2012)在《科学革命的结构》中所论述的科学范式问题,即在科学共同体中,新的科学范式出现,将彻底改变科学界对以往科学问题的研究视角和科学共同体思考问题的方式。s-RPE训练负荷量化方法的出现,将训练负荷监控中的心理和生理刺激融合为一个研究指标,将传统训练负荷量化中的强度和量融合为一个研究变量。该训练负荷量化监控方法,可能改变以往传统周期训练理论中的量与强度在不同训练周期此消彼长的二元研究思路和研究路径,未来将更加便捷有效地对负荷与疲劳损伤、负荷与运动成绩之间的“剂量-效应”关系科学问题进行探究,更加准确地避免运动损伤发生,准确预测运动成绩的提升。

5.2 s-RPE训练负荷量化量表本土化的应用

有研究表明,s-RPE是在各体育项目中的有效性,但自感劳累反映的是多种生理和心理因素共同干预的结果,因此在训练负荷量化中,关注这些主观评估如何改变至关重要。主观评价的方法在不同的文化环境里具有差异性影响。因国内外人群对等级的理解、心理状态、主观感受等会因文化差异而有所不同,在对RPE分值的报告过程中可能会出现报告偏高或参考队友报告分值的情况,因此该方法在我国运动员群体中的应用,需要进行本土化的改良,亟需将Foster修改后的CR-10量表进行中国化,并完成使用中的信效度检验,适用于竞技体育运动员群体,符合不同国家文化下运动员的精确理解,才能使RPE评分更加精确。该量表的应用需要从实际应用的角度出发,并在应用群体进行信效度研究,深入了解训练中

不同运动参数对 s-RPE 反应的稳定性和有效性,以帮助教练和运动员更有效地评估训练方案的效果,成为科学地监控训练负荷的有效工具。

5.3 s-RPE 方法预防运动员训练损伤的启示

s-RPE 方法提供了一种对运动员长期纵向监控训练负荷的方法,该方法为许多训练项目,尤其球类项目和搏击类等受伤率较高的项目预防过度训练导致的运动损伤提供重要启示。通过监控运动员的负荷,计算其急/慢性负荷比率(ACWR),确保训练负荷变化比率安排在最佳区域,避开负荷安排的危险区域,能够降低运动员由于过度训练导致的运动损伤风险,延长运动员的运动寿命,取得理想的比赛成绩。

5.4 加强训练负荷的剂量-效应关系研究

探究合理的运动训练负荷和运动成绩提高的量效关系是运动训练科学研究领域的热点问题,也是运动训练实践中的难点问题。在训练负荷安排中,如何根据运动员的个性化特点,确立出最佳负荷区间是长期以来困扰训练学研究和教练员的一个亟待解决的问题。s-RPE 方法为负荷量化提供了一种重要的研究工具。随着神经网络模型和 AI 机器学习、大数据等多学科技术应用于运动训练负荷的研究中,通过建模手段构建出最佳运动训练“负荷-适应”和训练“剂量-效应”的模型,为未来运动训练学者、教练员和运动员探究出不同项目、不同训练阶段和不同特点运动员的最佳训练负荷提供了可能。

参考文献:

陈彦龙,毛万丽,刘鸿优,2019.主观疲劳量表(RPE)评估足球运动员训练负荷的实证研究[J].体育科研,40(1):57-63.

库恩,2012.科学革命的结构[M].北京:北京大学出版社.

谢云,耿海峰,李赞,2020.基于SRPE竞速运动项目训练负荷评价方法的实证研究[J].中国体育科技,56(2):30-38.

周苏坡,袁鹏,2019.职业女子篮球运动员联赛准备期损伤特征调查研究:以江苏女子篮球运动员为例[J].体育科研,40(3):86-92.

AGOSTINHO M F, PHILIPPE A G, MARCOLINO G S, et al., 2015. Perceived training intensity and performance changes quantification in judo[J]. J Strength Cond Res, 29(6): 1570-1577.

AKUBAT I, PATEL E, BARRETT S, et al., 2012. Methods of monitoring the training and match load and their relationship to changes in fitness in professional youth soccer players[J]. J Sports Sci, 30(14): 1473-1480.

ALEXIOU H, COUTTS A J, 2008. A comparison of methods used for quantifying internal training load in women soccer players [J]. J Sports Physiol Perform, 3(3): 320-330.

ANDERSON L, TRIPLETT-MCBRIDE T, FOSTER C, et al., 2003. Impact of training patterns on incidence of illness and injury during a women's collegiate basketball season[J]. J Strength Cond Res, 17(4): 734-738.

ANDRADE R, WIK E H, REBELO-MARQUES A, et al., 2020. Is the acute: Chronic workload ratio (ACWR) associated with risk of time-loss injury in professional team sports? A systematic review of

methodology, variables and injury risk in practical situations[J]. Sports Med, 50(9): 1613-1635.

BANISTER E, CALVERT T, SAVAGE M, et al., 1975. A systems model of training for athletic performance[J]. Aust J Sports Med Exerc Sci, 7: 57-61.

BLANCH P, GABBETT T J, 2016. Has the athlete trained enough to return to play safely? The acute: Chronic workload ratio permits clinicians to quantify a player's risk of subsequent injury. [J]. Br J Sports Med, 50(8): 471-475.

BORG G, 1962. A simple rating scale for use in physical work test[J]. Kungliga Fysiografiska Sällskapets i Lund Förhandlingar, 32: 7-15.

BORG G, BORG E, 2001. A new generation of scaling methods: Level-anchored ratio scaling[J]. Psychologica, 28: 15-45.

BORG G, HASSMÉN P, LAGERSTRÖM M, 1987. Perceived exertion related to heart rate and blood lactate during arm and leg exercise[J]. Eur J Appl Physiol Occup Physiol, 56(6): 679-685.

BORGES T O, BULLOCK N, DUFF C, et al., 2014. Methods for quantifying training in sprint kayak[J]. J Strength Cond Res, 28(2): 474-482.

BORRESEN J, LAMBERT M I, 2006. Validity of self-reported training duration[J]. Int J Sports Sci Coa, 1(4): 353-359.

BORRESEN J, LAMBERT M I, 2008. Quantifying training load: A comparison of subjective and objective methods[J]. Int J Sports Physiol Perform, 3(1): 16-30.

BORRESEN J, LAMBERT M I, 2009. The quantification of training load, the training response and the effect on performance[J]. Sports Med, 39(9): 779-795.

BOSQUET L, MONTPETIT J, ARVISAIS D, et al., 2007. Effects of tapering on performance: A meta-analysis[J]. Med Sci Sports Exerc, 39(8): 1358-1365.

BOTONIS P G, TOUBEKIS A G, PLATANOU T I, 2019. Training loads, wellness and performance before and during tapering for a water-polo tournament[J]. J Hum Kinet, 66: 131-141.

BOURDON P C, CARDINALE M, MURRAY A, et al., 2017. Monitoring athlete training loads: Consensus statement[J]. Int J Sports Physiol Perform, 12(Suppl 2): S2161-S2170.

BUDGETT R, 1998. Fatigue and underperformance in athletes: The overtraining syndrome[J]. Br J Sports Med, 32(2): 107-110.

CASAMICHANA D, CASTELLANO J, CALLEJA-GONZALEZ J, et al., 2013. Relationship between indicators of training load in soccer players[J]. J Strength Cond Res, 27(2): 369-374.

CASOLINO E, CORTIS C, LUPO C, et al., 2012. Physiological versus psychological evaluation in taekwondo elite athletes [J]. Int J Sports Physiol Perform, 7(4): 322-331.

CLARKE N, FARTHING J P, NORRIS S R, et al., 2013. Quantification of training load in Canadian football: Application of session-RPE in collision-based team sports[J]. J Strength Cond Res, 27(8): 2198-2205.

COLLETTE R, KELLMANN M, FERRAUTI A, et al., 2018. Relation between training load and recovery-stress state in high-performance swimming[J]. Front Physiol, doi:10.3389/fphys.2018.00845.

COMOTTO S, BOTTONI A, MOCIE, et al., 2015. Analysis of session-RPE and profile of mood states during a triathlon training camp[J]. J Sports Med Phys Fit, 55(4): 361-367.

- COMYNS T, FLANAGAN E P, 2013. Applications of the session rating of perceived exertion system in professional rugby union[J]. *Strength Cond J*, 35(6): 78-85.
- COMYNS T, HANNON A, 2018. Strength and conditioning coaches' application of the session rating of perceived exertion method of monitoring within professional rugby union[J]. *J Hum Kinet*, 61: 155-166.
- COSTA J A, BRITO J, NAKAMURA F Y, et al., 2019. Using the rating of perceived exertion and heart rate to quantify training intensity in female soccer players: Validity and utility[J]. *J Strength Cond Res*, doi:10.1519/JSC.0000000000003407.
- CRAIG T, JAMIE H, 2013. Monitoring fatigue and recovery in rugby league players[J]. *Int J Sports Physiol Perform*, 8(5): 467-474.
- CRAWFORD D A, DRAKE N B, CARPER M J, et al., 2018. Validity, reliability, and application of the session-RPE method for quantifying training loads during high intensity functional training[J]. *Sports (Basel)*, 6(3): 1-9.
- CROSS M J, WILLIAMS S, TREWARTHA G, et al., 2016. The influence of in-season training loads on injury risk in professional rugby union[J]. *Int J Sports Physiol Perform*, 11(3): 350-355.
- DAY M L, MCGUIGAN M R, BRICE G, et al., 2004. Monitoring exercise intensity during resistance training using the session-RPE scale[J]. *J Strength Cond Res*, 18(2): 353-358.
- DELLAVALLE D M, HAAS J D, 2013. Quantification of training load and intensity in female collegiate rowers: Validation of a daily assessment tool[J]. *J Strength Cond Res*, 27(2): 540-548.
- DEMARIE S, GALVANI C, BILLAT V L, 2020. Horse-riding competitions pre and post COVID-19: Effect of anxiety, sRPE and HR on performance in eventing[J]. *Int J Environ Res Public Health*, 17(22): 1-10.
- DESAI N, VANCE D D, ROSENWASSER M P, et al., 2019. Artistic gymnastics injuries; epidemiology, evaluation, and treatment[J]. *J Am Acad Orthop Surg*, 27(13): 459-467.
- DUMORTIER J, MARIMAN A, BOONE J, et al., 2018. Sleep, training load and performance in elite female gymnasts[J]. *Eur J Sport Sci*, 18(2): 151-161.
- EGAN A D, WINCHESTER J B, FOSTER C, et al., 2006. Using session RPE to monitor different methods of resistance exercise[J]. *J Sports Sci Med*, 5(2): 289-295.
- FOSTER C, 1998. Monitoring training in athletes with reference to overtraining syndrome[J]. *Med Sci Sports Exerc*, 30(7): 1164-1168.
- FOSTER C, FLORHAUG J A, FRANKLIN J, et al., 2001. A new approach to monitoring exercise training[J]. *J Strength Cond Res*, 15(1): 105-119.
- FOSTER C, HECTOR L L, WELSH R, et al., 1995. Effects of specific versus cross-training on running performance[J]. *Eur J Appl Physiol*, 70: 367-372.
- FOSTER C, LEHMANN M. 1997. *Overtraining Syndrome*[M]. Philadelphia: WB Saunders.
- FOSTER C, RODRÍGUEZ-MARROYO J A, KONING J J D, 2017. Monitoring training loads: The past, the present, and the future[J]. *Int J Sports Physiol Perform*, 12(Suppl 2): S22-S28.
- FUSCO A, SUSTERCICH W, EDGERTON K, et al., 2020. Effect of progressive fatigue on session RPE[J]. *J Funct Morphol Kinesiol*, 5(1): 1-11.
- GABBETT T J, 2016. The training-injury prevention paradox: Should athletes be training smarter and harder?[J]. *Br J Sports Med*, 50(5): 273-280.
- GABBETT T J, 2020. Debunking the myths about training load, injury and performance: Empirical evidence, hot topics and recommendations for practitioners[J]. *Br J Sports Med* January, 54(1): 58-66.
- GABBETT T J, NASSIS G P, OETTER E, et al., 2017. The athlete monitoring cycle: A practical guide to interpreting and applying training monitoring data[J]. *Br J Sports Med*, 51(20): 1451-1452.
- GOMES R V, MOREIRA A, LODO L, et al., 2015. Ecological validity of session RPE method for quantifying internal training load in tennis[J]. *Int J Sports Sci Coach*, 10(4): 729-737.
- GOMEZ-PIRIZ P T, JIMÉNEZ-REYES P, RUIZ-RUIZ C, 2011. Relation between total body load and session rating of perceived exertion in professional soccer players[J]. *J Strength Cond Res*, 25(8): 2100-2103.
- GUIDETTI L, MUSULIN A, BALDARI C, 2002. Physiological factors in middleweight boxing performance[J]. *J Sports Med Phys Fit*, 42(3): 309-314.
- HADDAD M, CHAOUACHI A, CASTAGNA C, et al., 2011. The construct validity of session RPE during an intensive camp in young male taekwondo athletes[J]. *Int J Sports Physiol Perform*, 6(2): 252-263.
- HADDAD M, STYLIANIDES G, DJAOUI L, et al., 2017. Session-RPE method for training load monitoring: Validity, ecological usefulness, and influencing factors[J]. *Front Neurosci*, doi: 10.3389/fnins.2017.00612.
- HALSON S L, 2014. Monitoring training load to understand fatigue in athletes[J]. *Sports Med*, 44: 139-147.
- HALSON S L, JEUKENDRUP A E, 2004. Does overtraining exist? An analysis of overreaching and overtraining research[J]. *Sports Med*, 34(14): 967-981.
- HERMAN L, FOSTER C, MAHER M A, et al., 2006. Validity and reliability of the session RPE method for monitoring exercise training intensity[J]. *South African Sports Med Assoc*, 18(1): 14-17.
- HOOPER S L, MACKINNON L T, HOWARD A, 1999. Physiological and psychometric variables for monitoring recovery during tapering for major competition[J]. *Med Sci Sports Exerc*, 31(8): 1205-1210.
- HOPKINS W G, 1991. Quantification of training in competitive sports[J]. *Sports Med*, 12: 161-183.
- HORNSBY J H, GREEN J M, O'NEAL E K, et al., 2013. Influence of terminal RPE on session RPE[J]. *J Strength Cond Res*, 27(10): 2800-2805.
- HULIN B, GABBETT T, BLANCH P, et al., 2013. Spikes in acute workload are associated with increased injury risk in elite cricket fast bowlers[J]. *Br J Sports Med*, 48(8): 708-712.
- IMPELLIZZERI F M, MCCALL A, WARD P, et al., 2020a. Training load and its role in injury prevention, part 2: Conceptual and methodologic pitfalls[J]. *J Athl Train*, 55(9): 893-901.
- IMPELLIZZERI F M, MENASPÀ P, COUTTS A J, et al., 2020b. Training load and its role in injury prevention, part I: Back to the future[J]. *J Athl Train*, 55(9): 885-892.
- IMPELLIZZERI F M, RAMPININI E, COUTTS A J, et al., 2004. Use of RPE-based training load in soccer[J]. *Med Sci Sports Exerc*, 36(6): 1042-1047.

- IMPELLIZZERI F M, RAMPININI E, MARCORA S M, 2005. Physiological assessment of aerobic training in soccer [J]. *J Sports Sci*, 23(6): 583-592.
- JEFFRIES A C, WALLACE L, COUTTS A J, 2017. Quantifying training loads in contemporary dance [J]. *Int J Sports Physiol Perform*, 12(6): 796-802.
- JÚNIOR P C C, CASTILHO M L, RANIERO L, 2017. Salivary cortisol responses and session ratings of perceived exertion to a rugby match and fatigue test [J]. *Percept Mot Skills*, 124(3): 649-661.
- KELLMANN M, BERTOLLO M, BOSQUET L, et al., 2018. Recovery and performance in sport: Consensus statement [J]. *Int J Sports Physiol Perform*, 13(2): 240-245.
- KOLAR E, PAVLETIČ M S, SMRDU M, et al., 2017. Athletes' perception of the causes of injury in gymnastics [J]. *J Sports Med Phys Fit*, 57(5): 703-710.
- KRAFT J A, GREEN J M, THOMPSON K R, 2014. Session rating of perceived exertion responses during resistance training bouts equated for total work but differing in work rate [J]. *J Strength Cond Res*, 28(2): 540-545.
- LATHLEAN T J H, GASTIN P B, NEWSTEAD S V, et al., 2019. A prospective cohort study of load and wellness (sleep, fatigue, soreness, stress, and mood) in elite junior Australian football players [J]. *Int J Sports Physiol Perform*, 14(6): 829-840.
- LIMA R F, SILVA A, AFONSO J, et al., 2020. External and internal load and their effects on professional volleyball training [J]. *Int J Sports Med*, 41(7): 468-474.
- LOVELL T W J, SIROTIC A C, IMPELLIZZERI F M, et al., 2013. Factors affecting perception of effort (session rating of perceived exertion) during rugby league training [J]. *Int J Sports Physiol Perform*, 8(1): 62-69.
- LUPO C, CAPRANICA L, CORTIS C, et al., 2017. Session-RPE for quantifying load of different youth taekwondo training sessions [J]. *J Sports Med Phys Fit*, 57(3): 189-194.
- LUPO C, CAPRANICA L, TESSITORE A, 2014. The validity of the session-RPE method for quantifying training load in water polo [J]. *Int J Sports Physiol Perform*, 9(4): 656-660.
- MALONE S, HUGHES B, DORAN D A, et al., 2019. Can the workload-injury relationship be moderated by improved strength, speed and repeated-sprint qualities? [J]. *J Sci Med Sport*, 22(1): 29-34.
- MALONE S, OWEN A, MENDES B, et al., 2018. High-speed running and sprinting as an injury risk factor in soccer: Can well-developed physical qualities reduce the risk? [J]. *J Sci Med Sport*, 21(3): 257-262.
- MANZI V, BOVENZI A, CASTAGNA C, et al., 2015. Training-load distribution in endurance runners: Objective versus subjective assessment [J]. *Int J Sports Physiol Perform*, 10(8): 1023-1028.
- MANZI V, D'OTTAVIO S, IMPELLIZZERI F M, et al., 2010. Profile of weekly training load in elite male professional basketball players [J]. *J Strength Cond Res*, 24(5): 1399-1406.
- MARTIN D T, ANDERSEN M B, 2000. Heart rate-perceived exertion relationship during training and taper [J]. *J Sports Med Phys Fit*, 40(3): 201-208.
- MARYNOWICZ J, KIKUT K, LANGO M, et al., 2020. Relationship between the session-RPE and external measures of training load in youth soccer training [J]. *J Strength Cond Res*, 34(10): 2800-2804.
- MCGUIGAN M R, EGAN A D, FOSTER C, 2004. Salivary cortisol responses and perceived exertion during high intensity and low intensity bouts of resistance exercise [J]. *J Sports Sci Med*, 3(1): 8-15.
- MEEUSEN R, DUCLOS M, FOSTER C, et al., 2013. Prevention, diagnosis, and treatment of the overtraining syndrome: Joint consensus statement of the European college of sport science and the American college of sports medicine [J]. *Med Sci Sports Exer*, 45(1): 186-205.
- MENDES B, PALAO J M, SILVÉRIO A, et al., 2018. Daily and weekly training load and wellness status in preparatory, regular and congested weeks: A season-long study in elite volleyball players [J]. *Res Sports Med*, 26(4): 462-473.
- MIKOLAJEC K, MASZCZYK A, CHALIMONIUK M, et al., 2016. The influence of strength exercises of the lower limbs on postural stability: A possible role of the autonomic nervous system [J]. *Isokinet Exerc Sci*, 25(2): 1-11.
- MIKOLAJEC K, WAŚKIEWICZ Z, MASZCZYK A, et al., 2012. Effects of stretching and strength exercises on speed and power abilities in male basketball players [J]. *Isokinet Exerc Sci*, 20(1): 61-69.
- MILANEZ V, LIMA M S, GOBATTO C, et al., 2011. Correlates of session-rate of perceived exertion (RPE) in a karate training session [J]. *Sci Sports*, 26(1): 38-43.
- MILANEZ V F, RAMOS S P, OKUNO N M, et al., 2014. Evidence of a non-linear dose-response relationship between training load and stress markers in elite female futsal players [J]. *J Sports Sci Med*, 13(1): 22-29.
- MINGANTI C, CAPRANICA L, MEEUSEN R, et al., 2010. The validity of sessionrating of perceived exertion method for quantifying training load in teamgym [J]. *J Strength Cond Res*, 24(11): 3063-3068.
- MINGANTI C, CAPRANICA L, MEEUSEN R, et al., 2011a. The use of session-RPE method for quantifying training load in diving [J]. *Int J Sports Physiol Perform*, 6(3): 408-418.
- MINGANTI C, FERRAGINA A, DEMARIE S, et al., 2011b. The use of session RPE for interval training in master endurance athletes: Should rest be included? [J]. *J Sports Med Phys Fit*, 51(4): 547-554.
- MOREIRA A, FREITAS C G, NAKAMURA F Y, et al., 2013. Effect of match importance on salivary cortisol and immunoglobulin a responses in elite young volleyball players [J]. *J Strength Cond Res*, 27(1): 202-207.
- MOREIRA A, MCGUIGAN M R, ARRUDA A F, et al., 2012. Monitoring internal load parameters during simulated and official basketball matches [J]. *J Strength Cond Res*, 26(3): 861-866.
- MORGAN W P, 1994. Psychological components of effort sense [J]. *Med Sci Sports Exer*, 26(9): 1071-1077.
- MUJIK A I, 2017. Quantification of training and competition loads in endurance sports: Methods and applications [J]. *Int J Sports Physiol Perform*, 12: S29-S217.
- MURRAY N B, GABBETT T J, TOWNSHEND A D, et al., 2017. Calculating acute: Chronic workload ratios using exponentially weighted moving averages provides a more sensitive indicator of injury likelihood than rolling averages [J]. *Br J Sports Med*, 51(9): 749-754.
- MYERS N L, AGUILAR K V, MEXICANO G, et al., 2020. The acute: Chronic workload ratio is associated with injury in junior ten-

- nis players[J]. *Med Sci Sports Exerc*, 52(5): 1196-1200.
- NIELSEN R Ø, PARNER E T, NOHR E A, et al., 2014. Excessive progression in weekly running distance and risk of running-related injuries: An association which varies according to type of injury[J]. *J Orthop Sports Phys Ther*, 44(10): 739-747.
- NOGUEIRA F C d A, FREITAS V H d, MILOSKI B, et al., 2016. Relationship between training volume and ratings of perceived exertion in swimmers[J]. *Percept Mot Skills*, 122(1): 319-335.
- PADULO J, CHAABÈNE H, TABBEN M, et al., 2014. The construct validity of session RPE during an intensive camp in young male karate athletes[J]. *Muscles Ligaments Tendons J*, 4(2): 121-126.
- PAPOTI M, MARTINS L E B, CUNHA S A, et al., 2007. Effects of taper on swimming force and swimmer performance after an experimental ten-week training program[J]. *J Strength Cond Res*, 21(2): 538-542.
- PAULSON T A W, MASON B, RHODES J, et al., 2015. Individualized internal and external training load relationships in elite wheelchair rugby players[J]. *Front Physiol*, doi: 10.3389/fphys.2015.00388.
- PERANDINI L, SIQUEIRA-PEREIRA T A, OKUNO N M, et al., 2012. Use of session RPE to training load quantification and training intensity distribution in taekwondo athletes[J]. *Sci Sports*, 27(4): e25-e30.
- RAGO V, VIGH-LARSEN J F, DEYLAMI K, et al., 2020a. Use of rating of perceived exertion-based training load in elite ice hockey training and match-play[J]. *J Strength Cond Res*, doi: 10.1519/JSC.0000000000003915.
- RAGO V, BRITO J, FIGUEIREDO P, et al., 2020b. Internal training load monitoring in professional football: A systematic review of methods using rating of perceived exertion[J]. *J Sports Med Phys Fitness*, 60(1): 160-171.
- RODRÍGUEZ-MARROYO J A, ANTOÑAN C, 2015. Validity of the session rating of perceived exertion for monitoring exercise demands in youth soccer players[J]. *Int J Sports Physiol Perform*, 10(3): 404-407.
- RODRÍGUEZ-MARROYO J A, GONZÁLEZ B, FOSTER C, et al., 2021. Effect of the cooldown type on session rating of perceived exertion[J]. *Int J Sports Physiol Perform*, 16(4): 573-577.
- RODRÍGUEZ-MARROYO J A, VILLA G, GARCIA-LÓPEZ J, et al., 2012. Comparison of heart rate and session rating of perceived exertion methods of defining exercise load in cyclists[J]. *J Strength Cond Res*, 26(8): 2249-2257.
- ROGALSKI B, DAWSON B, HEASMAN J, et al., 2013. Training and game loads and injury risk in elite Australian footballers[J]. *J Sci Med Sport*, 16(6): 499-503.
- SARTOR F, VAILATI E, VALSECCHI V, et al., 2013. Heart rate variability reflects training load and psychophysiological status in young elite gymnasts[J]. *J Strength Cond Res*, 27(10): 2782-2790.
- SCOTT T J, BLACK C R, QUINN J, et al., 2013. Validity and reliability of the session-RPE method for quantifying training in Australian football: A comparison of the CR10 and CR100 scales[J]. *J Strength Cond Res*, 27(1): 270-276.
- SERRANO M A, SALVADOR A, GONZÁLEZ-BONO E G, et al., 2001. Relationships between recall of perceived exertion and blood lactate concentration in a judo competition[J]. *Percept Mot Skills*, 92(3 Pt 2): 1139-1148.
- SHEPHARD R J, 2003. Limits to the measurement of habitual physical activity by questionnaires[J]. *Br J Sports Med*, 37(3): 197-206.
- SINGH F, FOSTER C, TOD D, et al., 2007. Monitoring different types of resistance training using session rating of perceived exertion[J]. *Int J Sports Physiol Perform*, 2(1): 34-45.
- SINNOTT-O'CONNOR C, COMYNS T M, WARRINGTON G D, 2019. Validity of session-rate of perceived exertion to quantify training loads in Paralympic swimmers[J]. *J Strength Cond Res*, doi: 10.1519/JSC.0000000000003181.
- SNYDER A C, JEUKENDRUP A E, HESSELINK M K, et al., 1993. A physiological/psychological indicator of over-reaching during intensive training[J]. *Int J Sports Med*, 14(1): 29-32.
- SOLIGARD T, SCHWELLNUS M, ALONSO J-M, et al., 2016. How much is too much? (Part 1) International Olympic Committee consensus statement on load in sport and risk of injury[J]. *Br J Sports Med*, 50(17): 1030-1041.
- STEVENS S S, 1957. On the psychophysical law[J]. *Psychol Rev*, 64(3): 153-181.
- SURGENOR B, WYON M, 2019. Measuring training load in dance: The construct validity of session-RPE[J]. *Med Probl Perform Art*, 34(1): 1-5.
- SWEET T W, FOSTER C, MCGUIGAN M R, et al., 2004. Quantitation of resistance training using the session rating of perceived exertion method[J]. *J Strength Cond Res*, 18(4): 796-802.
- TABBEN M, TOURNY C, HADDAD M, et al., 2015. Validity and reliability of the session-RPE method for quantifying training load in karate athletes[J]. *J Sports Med Phys Fit*, 55(6): 684-690.
- THORNTON H R, DELANEY J A, DUTHIE G M, et al., 2016. Predicting self-reported illness for professional team-sport athletes[J]. *Int J Sports Physiol Perform*, 11(4): 543-550.
- THORPE R T, ATKINSON G, DRUST B, et al., 2017. Monitoring fatigue status in elite team-sport athletes: Implications for practice[J]. *Int J Sports Physiol Perform*, 12(Suppl 2): S227-S234.
- TIBANA R A, SOUSA N M F D, CUNHA G V, et al., 2018. Validity of session rating perceived exertion method for quantifying internal training load during high-intensity functional training[J]. *Sports (Basel)*, doi: 10.3390/sports6030068.
- TIBANA R A, SOUSA N M F D, PRESTES J, et al., 2019. Monitoring training load, well-being, heart rate variability, and competitive performance of a functional-fitness female athlete: A case study[J]. *Sports (Basel)*, doi: 10.3390/sports7020035.
- TOUBEKIS A G, DROSOU E, GOURGOULIS V, et al., 2013. Competitive performance, training load and physiological responses during tapering in young swimmers[J]. *J Hum Kinet*, 38: 125-134.
- TRAN J, RICE A J, MAIN L C, et al., 2015. Convergent validity of a novel method for quantifying rowing training loads[J]. *J Sports Sci*, 33(3): 268-276.
- TURNER A N, BUTTIGIEG C, MARSHALL G, et al., 2017. Ecological validity of the session RPE method for quantifying internal training load in fencing[J]. *Int J Sports Physiol Perform*, 12: 124-128.
- UCHIDA M C, TEIXEIRA L F M, GODOI V J, et al., 2014. Does the timing of measurement alter session-RPE in boxers? [J]. *J Sports Sci Med*, 13(1): 59-65.

- WALLACE L K, SLATTERY K M, COUTTS A J, 2009. The ecological validity and application of the session-RPE method for quantifying training loads in swimming[J]. *J Strength Cond Res*, 23(1): 33-38.
- WALLACE L K, SLATTERY K M, IMPELLIZZERI F M, et al., 2014. Establishing the criterion validity and reliability of common methods for quantifying training load [J]. *J Strength Cond Res*, 28(8): 2330-2337.
- WEAVING D, MARSHALL h, EARLE K, et al., 2014. Combining internal- and external-training-load measures in professional rugby league[J]. *Int J Sports Physiol Perform*, 9(6): 905-912.
- WILLIAMS J G, ESTON R G, 1989. Determination of the intensity dimension in vigorous exercise programmes with particular reference to the use of the rating of perceived exertion[J]. *Sports Med*, 8(3): 177-189.
- WILLIAMS S, WEST S, HOWELLS D, et al., 2018. Modelling the HRV response to training loads in elite rugby sevens players[J]. *J Sports Sci Med*, 17(3): 402-408.
- ZAZRYN T, CAMERON P, MCCRORY P, 2006. A prospective cohort study of injury in amateur and professional boxing [J]. *Br J Sports Med*, 40(8): 670-674.

The Development of the session-RPE Method for Training Load Monitoring and Usefulness in Sports Training

YU Hongjun, WANG Xiaoxin

Division of Sports Science and Physical Education, Tsinghua University, Beijing 100084, China

Abstract: session-RPE method (s-RPE) for training load monitoring was formally proposed by Carl Foster and his colleagues in 2001. This tool takes into consideration both intensity and the duration of a training session, and both fatigue of physiological and psychological perceived exertion. It is a useful method for monitoring multiply types of exercise session including strength training session. That would assure the optimal training impulse and also reduce the risks of overtraining symptom for athletes. The purpose of this review is to retrieve the literature of the session-RPE method originating from the psychophysics, calculating methods, and the process of developing this technique. This study also reviewed the valid and reliable of this method in different sports and groups. The advantages and limitations of s-RPE method were also discussed. In the end, the review proposed some suggestions about using s-RPE as a simple, non-invasive and inexpensive method for quantitating training load evaluation.

Keywords: training load; training load monitoring; session-RPE method; sports training

本刊声明

《体育科学》为国家社会科学基金资助期刊,不收取任何费用,特此声明。

《体育科学》编辑部
2021年6月10日