



应用主观疲劳量表量化运动负荷的研究进展

杨圣韬^{1,2}, 尹晓峰¹, 高炳宏^{2*}

摘要: 主观疲劳量表(Rating of Perceived Exertion, RPE)是一种在国内外被广泛采用的运动负荷量化评估手段。基于对国内外体育科学研究相关领域的数据库的文献综述,对采用单次运动 RPE(session Rating of Perceived Exertion, sRPE)方法的研究和文献进行综述,发现:(1)已经有很多国内外的研究证实 sRPE 量化评估运动负荷方法的有效性和可靠性,可适用于多种项目、男性和女性、多个年龄段和水平层次的运动员的不同内容或类型的运动或训练, sRPE 与客观指标之间具有较高的相关性;(2) sRPE 量化评估运动负荷方法具有生态效用,可以适用于一个更长远的训练周期(比如一年甚至多年),还可用于计算训练单调性,分析运动损伤的发生风险,有助于优化训练分期,优化训练节奏,保持训练一致性,避免过度负荷甚至过度训练和运动损伤;(3) sRPE 量化评估运动负荷的结果与教练员之间的关系的研究较少,尤其有关教练员主观判断的训练课前 sRPE 与运动员训练课后的 sRPE 之间的关系的研究,同时有研究报告一些社会学等因素可能会对 sRPE 量化评估运动负荷造成影响;(4)当前国内缺乏针对青少年运动员、不同项目运动员在不同训练类型和训练分期中应用 sRPE 量化评估的研究,以及中文文本的 sRPE 量表的有效性与可靠性的研究。

关键词: 主观疲劳量表;有效性;可靠性;生态效用;运动负荷

中图分类号:G808 文献标志码:A 文章编号:1006-1207(2019)05-0085-10

DOI:10.12064/ssr.20190511

Using RPE to Monitor and Quantify Training Load: A Brief Literature Review

YANG Shengtao^{1,2}, YIN Xiaofeng¹, GAO Binghong^{2*}

(1. Shanghai Research Institute of Sports Science, Shanghai 200030, China. 2. School of Physical Education and Training, Shanghai University of Sport, Shanghai 200438, China)

Abstract: Rating of Perceived Exertion (RPE) has been widely used for sports training. Based on the main database, the article reviewed researches and literatures on RPE (sRPE), found: (1) Many researches have provided or supported the validity and reliability of sRPE, showing that RPE is useful for quantifying TL of various types and tasks training, for both female and male, from multiple levels on multiple age groups. This method has showed high correlation with many other objective indicators; (2) RPE-based method has showed to be with ecological usefulness, suitable for longer period of training; (3) Only a few researches investigated the relationship between the pre-session perceived intensity from coaches and the sRPE of athletes; (4) Domestically in China, there are lacks of the relevant researches on RPE-based method, especially on the application among youth athletes and the examinations of validity and reliability of PRE of Chinese text.

Key Words: RPE; Literature Review; validity; reliability; ecological usefulness; training load

收稿日期:2019-05-07

基金项目:2018年上海市体育局体育科技“雏鹰计划”项目(18C006)。

第一作者简介:杨圣韬,男,在读博士研究生,中级编辑。主要研究方向:体能训练,体育信息。E-mail:9908400@qq.com。

* 通讯作者简介:高炳宏,男,博士,研究员,博士生导师。主要研究方向:体育教育与训练。E-mail:gaobinghong@126.com。

作者单位:1.上海体育科学研究所,上海 200030;2.上海体育学院 体育教育训练学院,上海 200438。



0 前言

运动负荷是任何水平和专项的运动训练、比赛和康复训练中都至关重要的方面之一,是运动表现提高和运动损伤风险的重要因素^[1-3],是整个训练计划的核心要素之一。评估、监控和量化运动负荷,对训练计划的制定和调整,运动损伤的康复和预防等都有非常重要的作用。运动负荷分为负荷的量和强度两个维度。2015年,国际奥林匹克委员会将负荷定义为:“由运动和非运动产生的,在一定时间段内对人体生物系统产生的刺激所造成的影响。”^[4]训练负荷一般认为是“运动员训练期间机体内部生理和心理承受的总刺激”^[5],包括外部负荷和内部负荷两种形式,运动负荷可以认为是运动员在运动(训练、比赛或康复训练等过程中)机体内部生理和心理承受的刺激的总和。

对运动负荷,特别是训练负荷的两个维度的量化或监控,在实践和研究中已经存在有多种方法,应用的指标以及计算方式根据运动员水平、客观条件、运动类型、专项类型、所需探测的运动负荷类别等的差异而有所不同,例如:外部运动负荷方面有(运动)时长,某特定强度(速度或心率区间内)运动总时长,完成的跑动距离,速度,加速度,起跳次数,力量训练中的组数、重复次数和RM百分比(%RM)等;对内部负荷的评估有心率、心率恢复率、心率变异性(HRV)、乳酸(LT)、皮质醇、睾酮、尿蛋白(BU)、肌酸激酶(CK)、摄氧量(VO_2)、最大摄氧量(VO_{2max})等指标。

在众多对运动负荷进行量化和监控的手段与方法中,主观疲劳量表(Rating of Perceived Exertion, RPE)又称自感用力度,是一种在国内外被广泛采用的运动负荷量化评估手段,并被认为是具有经济、便捷和高效等优点^[6]。本文基于对EBSCO Sport Discus with Full Text数据库、中国知网、PubMed、Google Scholar Search(谷歌学术)等国内外体育科学研究相关领域的数据库,对应用RPE方法量化运动负荷的研究和文献进行综述,总结当前验证或采用此种方法的研究所形成的成果、经验与共识,探索可能存在的研究空白或缺陷,以期发现未来的研究方向,并为更加科学地在我国体育训练或运动实践领域应用此种方法提供启示与参考。

1 RPE 量化运动负荷方法的起源、基础和发展

RPE量表最初源自医学领域^[7],用来评估患者在康复训练过程中的“主观费力程度”,RPE的英文

名称“Rating of Perceived Exertion”的中文直译就是“自我感觉认为的进行完成某种运动和任务所需付出的努力的程度”。

RPE量化运动负荷的计算方式为“自感用力度等级(RPE评分) \times 运动时长”。此种量化计算方式的基础可以追溯到Eric Banister等人创造的训练冲量(training impulse, TRIMP)概念。在TRIMP概念中,运动负荷(内部负荷)的计量方式即为频率(frequency) \times 强度(intensity) \times 时长(duration)。在Eric和其同事的早期实践中,对运动强度的量化首先采用的是储备心率(%HRR)^[8,9]。TRIMP概念本质上非常出色,但采用%HRR作为运动强度的指征在实践过程中过于复杂而缺乏可操作性,因为让运动员始终处于某个心率上并保持一定时间的稳定是不现实的,也不符合体育运动中的实际情况,而且严格按照固定的心率值这种非线性的计算方式分别统计所有心率值和各自持续的时间,将会导致整个运动负荷监控和计算上的不可操作性,于是后期研究者和实践者逐步发展出采用结合某种生理阈值(如通气阈值、乳酸阈值、最大摄氧量时刻的心率等)的心率区间(HR zones)来“近似代表”某一稳态的%HRR,作为运动强度的指征^[10-13]。

对体育运动的负荷进行评估和量化,是整个体育活动中的中心环节和核心要素,运动负荷与人体的技能状态的相对关系会决定训练效果(训练适应)、恢复(状况和速率)、伤病风险、竞技状态等。如前所述,从研究报告和权威机构的立场声明等文献综合来看,从物理、生理、生化角度对运动负荷的评估和监控,不管针对的是内部负荷还是外部负荷,多是从“外部(运动)对人体的刺激”和“人体本身完成的运动”角度出发。例如:应用血液学指标来直接探测人体应对一定时间段内的运动或训练带来的刺激所产生的生理反应,以指征运动负荷,并探索和分析由此产生的疲劳、恢复状态等其他方面;应用物理指标(如冲刺速度、冲刺距离、举起的重量、重复次数和组数)来量化人体在一定时间段内做的总功,以量化人体“在多大强度下做完了多少事情”。但任何运动、训练或比赛的主体和运动负荷的客体是人,运动负荷除了对人体产生物理或生理上的客观刺激外,心理因素也是其中不应忽视的一个方面。而人体对运动负荷压力和刺激的应激中(这种应激决定了运动负荷产生的适应),心理因素也是产生影响的重要方面。

RPE量化评估运动负荷的计算方式虽然采用的是TRIMP的概念,但采用RPE量表(即主观疲劳量评分、自感用力度评分)来评估某个特定时间段内的运动强度,这就将人体对运动负荷刺激的反应的主



观心理因素纳入其中。有研究证实“对努力程度的自我感知”可以被用来指征和探测练习和活动的强度^[7,14]。由此:根据 TRIMP 理念,应用 RPE 量化计算运动的内部负荷即是“内部负荷 = 自感用力度评分×运动时长”。自感用力度包含的主观心理因素,使得 RPE 量化运动负荷方式所得的是人体内部对运动负荷刺激的生理和心理的综合反应情况,这也是 RPE 方法与训练冲量等很多其他内部、外部运动负荷评估量化方法差异最大的方面。

需要指出的是,虽然 RPE 量表的评分可以用来指征运动的强度,或者更准确地说是“心理生理强度的综合反馈”,并且在实践应用过程中,从业者也常常向运动员或受试者如此进行解释,但不应简单地将其认为就等于运动的强度,因为受运动员的运动等级、年龄、文化背景、语言习惯、性别等因素的影响,可能对运动强度相关的知识的认知有很大差异。比如,如果简单只告知一名进行力量训练的有经验的精英运动员,报告 RPE 就是对应运动强度,可能误导该运动员根据自己实际训练所采用的负荷等级(%1RM 等)来进行对应,从而报告的 RPE 评分数值与真正的“自感用力度”存在偏差。RPE 概念和内涵的解读,对正确应用该方法、教授运动员和受试者正确报告数据非常重要。

RPE 量表最初的评分等级为 6-20,自 20 世纪 50 年代末期开始逐渐被引入体育领域,由 Foster 等人首先将其改编并应用^[15]。RPE 量表最初的刻度划分实际上按照心率(60~200 b/min)粗略对应体力活动的强度。RPE 量表刻度的划分后来又发展出多种方式,这是为了让缺乏相关知识的康复患者或运动员能较为便利地使用量表。实践中,较常被使用的有 6-20 刻度划分的 Borg 6-20 scale、10 级量表(刻度划分为 0-10,例如 CR-10 scale)^[16]、Borg CR-100(量表刻度 0-100)等。采用 10 级评分的 sRPE(session Rating of Perceived Exertion, sRPE) 量表的主要模板和等级评分表述见表 1^[17]。

在研究和实践领域,RPE 量化运动负荷方法时采集 RPE 的时间段和形式有很多方式,比如分别对一次运动中的不同内容或训练组数进行分别统计 RPE 值,当前,在高水平运动领域最常见的方法是针对 sRPE(某个时间段训练或运动的前后,比如一次比赛、一次训练课后采集 RPE)来指征总体的一次运动的所有训练负荷的反应^[18],并有研究证实了这种方法与采集单次运动中多种 RPE 值具有同等的效果^[19-21]。为聚焦主题,本文下述对 RPE 量化运动负荷方法讨论重点将在于 sRPE。

表 1 RPE 量表等级 (CR-10 scale)^[22]

Table I Scales of RPE(CR-10 scale)^[22]

RPE 评分	英文文本表述	中文释义
0	Rest	非常非常轻松, 休息状态
1	Really easy	相当轻松
2	Easy	轻松
3	Moderate	一般
4	Sort of hard	有点费力
5	Hard	费力
6		
7	Really hard	非常费力
8		
9	Really, really hard	非常非常费力
10	Just like my hardest race	好比自己经历过的最困难的比赛, 自己的极限

2 sRPE 量化评估运动负荷方法的有效性和可靠性

Foster 等人提出 sRPE 方法以来,已经有很多国内外的研究对此种方法的有效性和可靠性进行研究。根据前期文献检索的结果(PubMed, SPORT Discus 和 Google Scholar Search),截止至 2018 年 12 月 31 日,此种方法共被超过 900 项研究所应用,其中很多研究都聚焦于应用 sRPE 方法的有效性和可靠性。sRPE 已经被显示可以是一种评估训练负荷的有效方法^[23]。

有关 sRPE 的应用研究,首见于 Foster 等人对专项和交叉训练(cross training)对跑动表现影响的研究^[15]。综合从这些对 sPRE 量化运动负荷方法的研究来看:已经有大量研究证实或报告了该方法在技术战术训练、体能训练、耐力训练、间歇训练、速度训练、抗阻训练、高强度功能性训练和比赛等不同内容或类型的运动或训练中的有效性和可靠性^[19,24-34]。

2.1 不同刻度 sRPE 量化评估运动负荷方法的有效性

在多年来的实践与研究发展过程中,RPE(主要是 sRPE)量表存在多种等级刻度划分,包括 Borg 6-20 scale(6-20 级)、CR-10 scale(0-10 级)、Borg CR-100(0-100 级)。

Borg 6-20 scale 曾是一种被广泛采用的 RPE 和 sRPE 量表等级划分的方式,粗略对应体力活动中的心率(60~200 b/min),并对其有效性和可靠性也得到了广泛的研究和证实^[14]。也有研究报告了该种等级划分的 RPE 量表的复测信度较差,同时报告该方法仅在测量训练强度上有中等强度的可靠性^[35]。笔者认为,如前文所述,此种等级方法是直接将心率对应



为 RPE 的数值,这对于静息心率较低、储备心率较大高水平运动员来说可能存在一些不适宜的情况,而且此种刻度划分方式在应用中可能会造成一些误导,或者让运动员在倦怠时直接将某个时刻的峰值心率等作为 RPE 数值进行报告,造成误差。

CR-10 scale 这种 10 级刻度划分的量表也是一种应用非常广泛的量表,其有效性和可靠性,包括与客观指标的相关性等均得到了大量的验证。Chen 等人 2002 年进行的荟萃分析 (meta-analysis) 报告显示,此种量表与客观指标之间的关系可能不如之前认为的特别强,其报告 CR-10 scale 与心率、血乳酸和 VO_{2max} 等客观指标之间的相关性分别为 $r=0.62, 0.57$ 和 $0.64^{[36]}$ 。一些研究认为此种分级方式更适用于高强度的、疲劳出现非线性反应 (nonlinear responses) 的运动 (如团队项目) 中^[18]。

Borg CR-100 是一种逐渐被更多的研究者和实践者采用的 RPE 量表分级方法,其与 CR-10 scale 类似,但采用了更为广泛的分级范围,一些研究认为此种刻度划分而更“敏感”,更容易避免因文本和语言描述造成的干扰^[37],但从文献检索情况来看,采用该方法的研究不多。

2.2 sRPE 量化评估运动负荷方法在不同项目和类型的运动中的有效性和可靠性

2.2.1 在不同运动项目中的有效性和可靠性

当前,已经有国内外研究报告或证实了 sRPE 量化运动负荷方法在多种项目的研究或实践中的可靠性和有效性。例如, Minganti C. 在对精英级别耐力项目运动员进行的研究中探讨了是否适宜将 sRPE 作为训练负荷监控的手段^[30]; Impellizzeri 等将 sRPE 应用于对足球运动员的训练负荷的评定中,并报告了其有效性和可靠性^[38]; 陈彦龙、刘鸿优等应用两种 RPE 算法 (Foster1 和 Foster2) (即 sRPE 和训练累积 RPE 值) 估算足球运动员每次训练的负荷,并对比应用 4 种心率算法 (Banister1 算法、Banister2 算法、Edwards 算法和 Stagno 算法) 的运动负荷计算结果,显示 RPE 能够有效地量化评估足球运动员的训练负荷,同时报告“训练后 RPE 值” (即 sRPE) 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^[6]。此外,还有大量应用研究证实或报告了 sRPE 方法的可靠性,涉及跆拳道、游泳、拳击、皮划艇激流回旋、澳式橄榄球、赛艇、排球、网球等^[28,39-45]。这些研究涉及水上、陆地、团队、对抗/隔网对抗等多种运动,有氧供能为主、无氧供能为主、混合供能模式等项目类型,可以证实 sRPE 量化评估方法广泛的适用性。

2.2.2 在多种类型的活动和训练中类型的有效性和可靠性

sRPE 也被证实可用于多种活动和训练中,以及同时包含复杂内容和类型训练的训练课或活动中,包括抗阻训练^[24]。例如: Singh 等人对成年男子运动员 3 种方案的抗阻训练 (90% 1RM 的最大力量训练、70% 1RM 的肌肥大训练和 50% 1RM 训练) 进行研究,并以 5 min 为间隔采集 sRPE,发现 sRPE 对于不同抗阻训练的监控来说是具有可靠性的,同时 30 min 后的 sRPE 与 sRPE 均值相比是更好的测量指标^[21]; Lockie 等人在场地进行 (field-based) 的速度训练中应用 sRPE 进行量化运动负荷的研究 (训练内容包括自由冲刺、抗阻冲刺和增强式训练),并报告应将 sRPE 应用于评估速度训练和制定训练分期的实践中。

采集数值的时间段是 sRPE 在实践应用时是较为受关注的关键方面。很多研究特别对采集 RPE/sRPE 的时间段进行了分析与验证,综合来看,可以较为确信地认为:采集 sRPE 的时刻不能距运动结束后过近或过远, Mike McGuigan 等的著作和研究认为不应该在单堂训练课结束后马上采集 sRPE,最佳采集时间段为训练结束后 10~15 min^[21,46]。英国体能协会 (UKSCA) 在指导手册中也指出可以采用 sRPE 进行评估运动负荷,并认为运动参与者应在运动结束后 10 min 内给出自感用力度或主观努力程度数值,有研究对这种观点予以支持^[40]。

需要特别指出的是, Weaving 等人对团队型项目不同类型的训练进行研究,认为在技术训练中,外部负荷指标更为敏感,更能解释训练负荷的变化,而对于速度训练和抗阻训练来说,内部负荷 (sRPE 量化方法) 则更好^[47],这也提示尽管当前已经有相当充足的研究证实 sRPE 量化方法广泛的适用性,但仅采用某一种方法对于监控训练负荷来说是不够的。

但从具体应用角度来说,如果要为追求更高的有效性和可靠性,在不同类型的活动中应用 sRPE 的方式 (包括计算方式等) 还可有所不同或修订。例如笔者了解有外籍体能教练在指导中国的运动员训练时,采集训练后即刻和 15 min 时刻 sRPE,用以探索运动员的恢复情况,但尚无研究对此种实践方法的科学性进行探索。

2.2.3 对不同性别研究对象的有效性和可靠性

从涉及的研究对象的性别来看。sRPE 被证明适用于男性或女性运动员。前文所述的众多研究中就有同时包含男性和女性研究对象的研究^[12,25]。针对女性运动员的研究中, Alexiou 等人对比了多种训练环境和模式 (共计 735 节训练课或训练时段) 下成年女



子足球运动员的 sRPE 量化运动负荷方法和基于心率的量化负荷方法之间的关系,显示出显著一致性,并证实了 sRPE 量化运动负荷方法对于女性运动员的有效性和可靠性,但报告 sRPE 似乎更适用于间歇程度“更小”(比如有氧为基本内容的训练课或运动强度变化幅度不大的技术训练课中)的训练课中,而基于心率的方法更适用于“高间歇性”的训练时段^[53]。Haddad 等人则认为,尽管除了主要的生理和神经因素影响 RPE 和 sRPE 的具体分值外,虽然还有众多因素也产生作用(例如同训的人的情绪状态、运动员性格、神经质等),但 sRPE 仍然是量化内部负荷的有效工具,能够适应男性和女性运动员的训练需求^[27]。

2.2.4 对不同年龄或运动水平等级的研究对象的有效性和可靠性

从涉及的研究对象的年龄或运动水平等级来看。当前的研究支持 sRPE 量化运动负荷方法对多个年龄段和水平层次的运动员或受试者具有可靠性和有效性,这些研究涉及精英级别运动员^[30]、普通运动员(例如大学生运动员、初级水平运动员等人群)^[43,45]、青春期运动员^[48]、青少年运动员^[49-51]等。

2.2.5 与其他监控和量化运动负荷方法的相关性

当前有很多研究显示 sRPE 量化方法与其他运动的负荷监控的结果之间具有较好的相关性。通过与其他监控或量化运动负荷的指标或方法进行的对比来看,与采用心率区间^[52]、乳酸拐点(lactate deflection points)^[38]、GPS^[53]等手段量化运动负荷的方法相比,sRPE 与这些客观指标之间具有较高的相关性,同时也指出 sRPE 量化方法在仪器设备要求和数理统计复杂性等方面具有不可替代的优势。

值得注意的是,Wallace 等人在针对成年男女运动员的研究中,检验了稳态训练环境和间歇训练环境中若干量化运动负荷的指标的有效性和复测信度[包括血乳酸、sRPE(6-20 评分)、VO₂、基于心率量化方法、Banister 训练冲量算法(Banister's TRIMP)和 Lucia 训练冲量算法(Lucia's TRIMP)],发现采用 6-20 的 sRPE 评价方法的复测信度较差,同时报告该方法仅在测量训练强度上有中等强度的可靠性^[35]。此外,Foster 和 Eston 等人分别 sRPE 量化运动负荷方法与采用%HRR 和血乳酸进行评定的训练负荷评定结果具有良好的一致性^[14]。

综上所述,可以较充分地证明应用 sRPE 能提供一种快速便捷,且可量化的方法来评估训练负荷,并且适用于所有运动员和体能教练,不管所涉及的对象竞技水平、运动项目、训练类型、年龄层次和性

别差异情况如何。需要指出的是,在笔者对国内外数据库的检索过程中,发现不管是对 sRPE(或 RPE)的实证研究、应用研究或文献综述,所能查询到的国内相关文献非常有限,仅有以刘鸿优等为代表的一些研究者对 sRPE(或 RPE)量化运动负荷的方法,对大学生足球运动员等为对象进行了有限的实证研究,其他散见于综述等文献中^[54],比较缺乏针对青少年运动员、不同项目运动员在不同训练类型和训练分期中应用 sRPE 量化评估的研究,以及应用中文文本的 sRPE 量表的有效性与其可靠性的研究。

3 sRPE 量化评估运动负荷方法的生态效用(ecological usefulness)

在体育领域,如果将整个训练过程视作由多种因素构成的“生态”,那么所谓生态效用的含义指某运动和训练中的某个因素在这个生态中发挥的作用和角色。具体到量化评估运动负荷的方法这个领域,一个监控方法或工具的生态效用的大小,可以通过这个方法与运动员实际运动表现的关系强弱、所得结果(例如数据)的应用方式的多寡、所得结果的多种应用方式反映运动和训练实际的多少方面等角度来衡量。因此,本文此部分将综述 sRPE 量化评估运动负荷方法在运动实践中的应用方式等,评价此种方法的生态效用。sRPE 量化评估运动负荷方法的“本职工作”是有效并可靠地报告或指征训练的内心心理和生理负荷,通过数值直接量化运动的内部负荷,但放在运动训练这个大的“生态”中,也会发现其具备很多额外功能。

3.1 sRPE 量化方法应用于个性化训练计划

对于运动员个体和整个运动队来说,通过长期跟踪监控,可以通过 sRPE 量化训练负荷,将其与训练表现、竞赛表现和伤病情况进行联系,以判断不同训练负荷、不同类型训练负荷等各种因素之间的关联性,找出个性化阈值点,进而对运动训练进行个性化的调整 and 安排^[55]。而且通过 sRPE 量化方法得到的数据还可以进一步计算训练单调性、训练压力以及短期和中期训练负荷比,从而为实践者提供更多调整训练计划的参考。

sRPE 量化评估运动负荷可广泛适用于不同类型的训练,但有学者为使此种方法更具有实践性,提高有效性和可靠性,针对自行车、跑动和抗阻训练特别发展了特殊的 sRPE 刻度(或对量表刻度的文字表述),并提供有可视化对比图(图 1)^[56]。

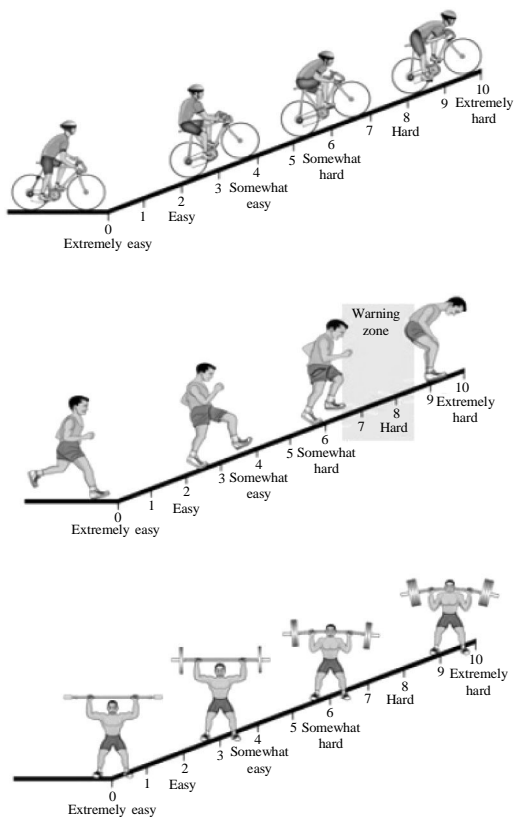


图1 不同训练类型(自行车、跑动和抗阻训练)的sRPE刻度描述和视图提示^[56]

Figure 1 Pictorial Representation for the OMNI RPE Scales for Cycling, Running, and Resistance Training^[56]

3.2 应用sRPE量化方法评估训练单调性和训练压力

sRPE量化评估运动负荷方法可以对一堂训练课(一个时间段)的运动负荷进行监控,那么它是否在一个更长远的训练周期(比如一年甚至多年)中仍然具有效用?国外的研究和实践已经形成广泛共识,可以将sRPE量化评估运动负荷方法应用于追踪和监控长时段的训练负荷,并认为这种方法是一种更好的控制训练分期(periodization)的工具,作为运动员成功的关键参考^[50]。有很多学者已经应用sRPE量化评估运动负荷方法对训练分期进行监控,对小周期^[27,38-39,43,50-51]、大周期^[45,57-59]的监控,Monoem、Gabbett等人的研究证实sRPE量化评估运动负荷方法适用于训练(准备期)、休息(赛季后)或比赛期对训练负荷的监控与评估。

sRPE训练负荷评估的量化结果,还可用计算训练单调性(training monotony,一周平均训练负荷与标准差的比值)^[15,60]、训练压力(training strain)^[22,61],分析运动损伤的发生风险,这就表明,sRPE方法对训练负荷的量化可以服务于训练计划的设计与调

节、周期安排和伤病预防等方面^[22]。

训练单调性指一定时间段内(通常是一周,或小周期,例如7~10d的训练)中运动负荷的变化幅度,是单日平均训练负荷与标准差的比值,数值越大,此阶段训练中单日的训练负荷变化的程度就越小,从负荷的“节奏”角度来说训练就越单调。训练单调性被认为是造成过度负荷(over reaching)甚至过度训练(over training)的训练错误(training errors)之一^[45]。

sRPE量化评估运动负荷还可监控训练压力(training strain)。训练压力是训练单调性与一定时期内(通常为一个月)的运动负荷的“综合产物”,计算方法为:训练压力=训练负荷×训练单调性,训练压力大的运动员损伤和患病风险也高^[46]。虽然Rogalski等人在对澳大利亚橄榄球运动员的研究中发现,在赛季中运动员周训练负荷的sRPE值大于1750、两周总负荷超过4000或周负荷之间变化超过1250时运动员的损伤风险增加^[62],从而显示sRPE单独监控运动损伤的风险是非常有效的,但有研究提出sRPE在“预测”伤病风险上则“欠缺能力”,需要将训练负荷进行整体考量。此外,有研究显示,应用sRPE对运动负荷进行量化,当周周负荷比平均周负荷高2个标准差时,运动损伤的风险约是1.68倍^[63]。此外,对不同时期的训练压力进行进一步比较也能对训练计划的个性化和调整、伤病风险的预防等产生启示作用,Nimmerichter等人对精英级别自行车运动员的研究显示,当周训练压力不超过之前4周训练压力的平均值,会产生积极效应,反之产生不良效果^[64]。因此,在实践中,应从训练负荷的量的变化和特征、训练单调性和训练压力角度对sRPE监控负荷的方法进行进一步利用^[65],以能够更为全面、敏感和有效地对训练计划进行调整,避免伤病风险。

3.3 应用sRPE量化方法计算短期负荷与中期负荷比(acute-chronic training load ratio)

避免训练负荷的过大幅度变化对预防运动损伤来说非常重要。短期负荷与中期负荷比,也称作急性慢性负荷比,是用来预防团队项目中伤病损伤的重要指标^[66-67],sRPE量化评估运动负荷的结果可以应用到计算并监控短期负荷与中期负荷比。应用短期负荷与中期负荷比时,常见做法是将周单日平均负荷与月单日平均负荷进行比较或当周周平均负荷与过去4周周平均负荷比值(或者说小周期与中周期中的单日/周平均负荷)进行比较。在具体应用短期负荷与中期负荷比进行实践时,对于“短期”的界定比较容易,一般采用周为单位,但对“中期”的界定一般



认为中周期或4周,也有采用两周的周平均负荷的实践,但有研究者认为3周是足够准确的^[68]。Hulin等人的研究(采用周平均负荷)认为,对于精英级别的橄榄球运动员能够承受的短期负荷与中期负荷比应保持在0.85~1.35^[67]。

综上所述,应用sRPE量化评估运动负荷方法来帮助教练员等实践者设计出更优化的训练分期,优化训练节奏,保持训练一致性,避免过度负荷甚至过度训练和运动损伤是可行的。如Gabbett的研究揭示了运动员小周期(1周)的sRPE值所计算的运动负荷,与接触性损伤、专项相关的非接触性损伤和专项相关的接触性损伤具有显著相关性^[61]。对个体的训练应激保持警醒,是教练员最小化运动损伤、过度训练和训练单调性的最佳方法。因为RPE量化评估运动负荷过程中还具有心理因素的成分,量化的是一种心理生理的反应,因此更具有优势。

应该指出的是,当前较少有研究调查sRPE量化评估运动负荷的结果和教练员之间的“关系”,尤其是对教练员判断的训练课前sRPE与运动员训练课后的sRPE之间的调查研究,Stewart等人的研究显示教练员在训练课前判断的训练强度与运动员训练课后的sRPE之间几乎没有相关性^[69]。Viveiros和Murphy等人的研究也报告了相似结果^[70]。此外,Wallace等人的研究显示经过良好训练的运动员,对高强度训练的自感用力度估计过高,对低强度训练的自感用力度估计过低,尽管差异虽不具有统计学意义,但这对研究者和实践者提出启示,应在训练和研究中对此予以注意^[39]。

4 sRPE 量化评估运动负荷方法的影响因素

尽管从上述的研究中可以发现,sRPE量化评估运动负荷方法对不同项目、不同训练类型和各个年龄段的各种水平运动员的运动负荷量化评估中都显示出较好的有效性和可靠性,但仍有研究报告一些额外的社会学因素可能会对sRPE量化评估运动负荷造成影响,这些因素包括:受试者或训练者长期忍受的社会压力(焦虑等)^[71-72],是否有同伴训练、是否听音乐、是否摄入令受试者开心或厌恶的饮食(比如咖啡因、能量饮料、酒精、巧克力牛奶)^[27]等,这一方面提示了研究者在未来的研究中可能应该避免的干扰,也更加提示了实践者(教练员和管理人员)其训练的对象是人,具有社会和自然双重属性,同时也再次佐证了心理因素对在sRPE量化运动负荷的过程具有不可忽视的作用,sRPE方法是一种训练刺激造成的心理和生理综合反应。

5 小结

5.1 RPE量表最初表源自医学领域,基础可以追溯到Eric Banister等人创造的训练冲量的概念;RPE量化评估运动负荷的计算方式为“自感用力度等级(RPE评分)×运动时长”;用RPE量表来指征某个特定时间段内的运动强度,将人体对运动负荷刺激的反应的主观心理因素纳入其中。

5.2 sRPE作为一种在国内外被广泛采用的运动负荷量化评估手段,具有经济、便捷和高效等优点。已经有很多国内外的研究证实了此种方法的有效性和可靠性,可适用于多种项目的、男性和女性、多个年龄段和水平层次的运动员的不同内容或类型的运动或训练,同时通过与其他监控或量化运动负荷的指标或方法进行对比,sRPE与客观指标之间具有较高的相关性。

5.3 sRPE量化评估运动负荷方法还具有生态效用,可以适用于一个更长远的训练周期(比如一年甚至多年),还可用于计算训练单调性,分析运动损伤的发生风险,从而帮助教练员等实践者设计出更优化的训练分期,优化训练节奏,保持训练一致性,避免过度负荷甚至过度训练和运动损伤。不管是对sRPE(或RPE)的实证研究、应用研究或文献综述,所能查询到的国内相关文献非常有限,更缺乏针对青少年运动员、不同项目运动员在不同训练类型和训练分期中应用sRPE量化评估的研究,以及应用中文本的sRPE量表的有效性与可靠性的研究。

5.4当前较少有研究调查sRPE量化评估运动负荷的结果和教练员之间的“关系”,尤其是对教练员判断的训练课前sRPE与运动员训练课后的sRPE之间的调查研究。同时,尽管大量研究支持sRPE量化评估运动负荷方法的有效性和可靠性,但仍有研究报告一些社会学等因素可能会对sRPE量化评估运动负荷造成影响。

参考文献:

- [1] Chandler E. B., Brown T. J., Chandler L. E., et al. Conditioning for strength and human performance[M]. Chicago:Human Kinetics, 2012:109-119.
- [2] Jones C. M., Griffiths P. C., Mellalieu S. D. Training Load and Fatigue Marker Associations with Injury and Illness: A Systematic Review of Longitudinal Studies[J]. Sports Medicine, 2016, 47(5):1-32.
- [3] Smith D. J. A framework for understanding the training process leading to elite performance[J]. Sports Medicine, 2003, 33(15):1103-1126.



- [4] Schweltnus M. How much is too much?(Part 2)International Olympic Committee consensus statement on load in sport and risk of illness[J]. *Br. J. Sports Med.*, 2016 (17):1043-1052.
- [5] 徐本力.运动训练学[M].济南:山东体育出版社,1990:32.
- [6] 陈彦龙,毛万丽,刘鸿优.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*,2019,40(1):57-63.
- [7] BORG, Gunnar A. V. Psychophysical bases of perceived exertion[J]. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 1982, 14(5):377-381.
- [8] Banister E. W., Carter J. B., Zarkadas P. C. Training theory and taper: validation in triathlon athletes[J]. *Eur. J. Appl. Physiol.*, 1999, 79:182-191.
- [9] Morton R. H., Fitz-Clarke J. R., Banister E. W. Modeling human performance in running[J]. *J. Appl. Physiol.*, 1990, 69:1171-1177.
- [10] Meyer T., Lucia A., Earnest C. P., et al. A conceptual framework for performance diagnosis and training prescription from submaximal parameters: theory and application[J]. *Int. J. Sports Med.*, 2005, 26:38-48.
- [11] Edwards S. *The Heart Rate Monitor Book*. Sacramento[M]. CA: Feet Fleet Press, 1993:113-123.
- [12] Foster C., Hoyos J., Earnest C., et al. Regulation of energy expenditure during prolonged athletic competition[J]. *Med. Sci. Sports Exerc.*, 2005, 37:670-675.
- [13] Foster C., Florhaug J. A., Franklin J., et al. A new approach to monitoring exercise training[J]. *J. Strength Cond. Res.*, 2001, 15:109-115.
- [14] Eston R. Use of ratings of perceived exertion in sport[J]. *Int. J. Sports Physiol. Perform.*, 2012, 7:175-182.
- [15] 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.
- [16] Borg G. Psychophysical Scaling with Applications in Physical Work and the Perception of Exertion[J]. *Scandinavian Journal of Work, Environment & Health*, 1990, 16(1): 55-58.
- [17] Foster C., Daines E., Hector L., et al. Athletic Performance in Relation to Training Load[J]. *Wisconsin Medical Journal*, 1996, 95(6): 370-374.
- [18] Mike M. *Monitoring Training and Performance in Athletes*[M]. Champaign, IL: Human Kinetics, 2017:134.
- [19] Day M. L., McGuigan M. R., Brice G., et al. Monitoring exercise intensity during resistance training using the session RPE scale[J]. *J. Strength Cond. Res.*, 2004, 18: 353-358.
- [20] McGuigan M. R., Egan A. D., Carl F. Salivary Cortisol Responses and Perceived Exertion during High Intensity and Low Intensity Bouts of Resistance Exercise[J]. *Journal of Sports Science & Medicine*, 2004, 3(1):8-15.
- [21] Singh F., Foster C., Tod D., et al. Monitoring Different Types of Resistance Training Using Session Rating of Perceived Exertion[J]. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 2007, 2(1):34-45.
- [22] Anthony T., Chris B. How to monitor training load and mode using sRPE[J]. *Monitoring Training Load*, 2015 (39):15-19.
- [23] Carl F., Jose A. Monitoring Training Loads: The Past, the Present, and the Future[J]. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 2017, 12:28.
- [24] Minganti C., Capranica L., Meeusen R., et al. The Validity of Session rating of Perceived Exertion Method for Quantifying Training Load in Teamgym[J]. *The Journal of Strength and Conditioning Research*, 2010, 24(11): 3063-3068.
- [25] 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]. *Sci. Sports*, 2013, 28:29-35.
- [26] José Antonio R. M., José G. Villa V., et al. Comparison of Heart Rate and Session Rating of Perceived Exertion Methods of Defining Exercise Load in Cyclists[J]. *Journal of strength and conditioning research: the research journal of the NSCA*, 2012, 26(26): 2249-2257.
- [27] Haddad M., Padulo J., Chamari K. The usefulness of session rating of perceived exertion for monitoring training load despite several influences on perceived exertion[J]. *Int. J. Sports Physiol. Perform.*, 2014, 9(5):882-883.
- [28] Haddad M., Chaouachi A., Castagna C., et al. The construct validity of session RPE during an intensive camp in young male Taekwondo athletes[J]. *Int. J. Sports Physiol. Perform.*, 2011, 6:252-263.
- [29] Tabben M., Tourmy C., Haddad M., et al. Validity and reliability of the session-RPE method for quantifying training load in karate athletes[J]. *J. Sports Med. Phys. Fitness*, 2015.
- [30] Minganti C., Ferragina A., Demarie S., et al. The use of session RPE for interval training in master endurance athletes: Should rest be included?[J]. *Journal of Sports Medicine & Physical Fitness*, 2011, 51(4):547-54.
- [31] Casamichana D., Castellano J., Calleja J., et al. Relationship Between Indicators of Training Load in Soccer Players[J]. *The Journal of Strength and Conditioning*



- Research, 2012, 27(2): 369-374.
- [32] Lockie R. G., Murphy A. J., Scott B. R., et al. Quantifying Session Ratings of Perceived Exertion for Field-Based Speed Training Methods in Team Sport Athletes[J]. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 2012, 26(10):2721-2728.
- [33] Alexiou H., Coutts A. J. A Comparison of Methods Used for Quantifying Internal Training Load in Women Soccer Players[J]. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 2008, 3(3):320-330.
- [34] Crawford D., Drake N., Carper M., et al. Validity, Reliability, and Application of the Session-RPE Method for Quantifying Training Loads during High Intensity Functional Training[J]. *Sports*, 2018, 6(3): 84-92.
- [35] Wallace L. K., Slattery K. M., Impellizzeri F. M., et al. Establishing the Criterion Validity and Reliability of Common Methods for Quantifying Training Load[J]. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 2014, 28(8): 2330-2337.
- [36] Chen M. J., Fan X., Moe S. T. Criterion-related validity of the Borg ratings of perceived exertion scale in healthy individuals: A meta-analysis[J]. *Journal of Sports Sciences*, 2002, 20(11):873-899.
- [37] Fanchini M., Ferraresi I., Modena R., et al. Use of CR100 Scale for Session-RPE in Soccer and Interchangeability With CR10[J]. *International journal of sports physiology and performance*, 2015, 11(3):388-392.
- [38] 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.
- [39] Wallace L., Slattery K., Coutts A. 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.
- [40] Uchida M., Teixeira L., Godoi V., et al. Does The Timing of Measurement Alter Session-RPE in Boxers?[J]. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 2014, 13(1): 59-65.
- [41] Borges T., Bullock N., Duff C., et al. Methods for quantifying training in Sprint Kayak[J]. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 2014, 28(2): 474-482.
- [42] Scott T. J., Black C. R., Quinn J., et al. Validity and Reliability of the Session-RPE Method for Quantifying Training in Australian Football[J]. *Journal of Strength & Conditioning Research*, 2012, 27(1):270-276.
- [43] Dellavalle D. M., Haas J. D.. Quantification of Training Load and Intensity in Female Collegiate Rowers[J]. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 2013, 27(2): 540-548.
- [44] De Andrade F. C., Nogueira R. A., Coimbra D. R., et al. Internal training load: perception of volleyball coaches and athletes[J]. *Rev. Bras. Cineantropom. Desempenho Hum.*, 2014, 16:638-647.
- [45] Murphy A. P., Duffield R., Kellett A. D., et al. Comparison of Athlete-Coach Perceptions of Internal and External Load Markers for Elite Junior Tennis Training[J]. *International Journal of Sports Physiology & Performance*, 2013, 9(5):751-756.
- [46] Mike M. *Monitoring Training and Performance in Athletes*[M]. Champaign, IL: Human Kinetics, 2017:135-138.
- [47] Weaving D., Marshall P., Earle K., et al. Combining internal- and external-training-load measures in professional rugby league[J]. *Int. J. Sports Physiol. Perform.*, 2014, 9:905-912.
- [48] Haddad M., Chaouachi A., Wong D. P., et al. Influence of exercise intensity and duration on perceived exertion in adolescent Taekwondo athletes[J]. *European Journal of Sport Science*.14(1):S275-S281.
- [49] Rodríguez-Marroyo Jose A., AntoAn C. Validity of the Session Rating of Perceived Exertion for Monitoring Exercise Demands in Youth Soccer Players[J]. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 2015, 10(3):404-407.
- [50] Padulo J., Chaabene H., Tabben M., et al. The construct validity of session RPE during an intensive camp in young male Karate athletes[J]. *Muscles Ligaments Tendons J.*, 2014, 4:121-126.
- [51] Akubat I., Patel E., Barrett S., et al. Methods of monitoring the training and match load and their relationship to changes in fitness in professional youth soccer players[J]. *Journal of Sports Sciences*, 2012, 30(14):1473-1480.
- [52] Edwards S. *The Heart Rate Monitor Book*[M].Sacramento: Feet Fleet Press, 1993:113-123.
- [53] Varley M. Fairweather, Aughey R..Validity and reliability of GPS for measuring instantaneous velocity during acceleration, deceleration, and constant motion[J]. *Journal of sports sciences*, 2012, 30(2): 121-127.
- [54] 袁鹏,周苏坡.运动负荷监控方法研究进展[J].*体育学研究*,2018,1(6):74-87.
- [55] Buchheit M., Morgan W., Wallace J., et al. Physiological, Psychometric, and Performance Effects of the Christmas Break in Australian Football[J]. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 2015, 10(1): 120-123.
- [56] Robertson R. J. *Perceived exertion for practitioners*[M]. Champaign, IL: Human Kinetics, 2004:11.
- [57] Clarke N., Farthing J. P., Norris S. R., et al. Quantification of Training Load in Canadian Football[J]. *Journal*



- of Strength and Conditioning Research, 2013, 27(8): 2198-2205.
- [58] Lovell T. W. J., Sirotic A. C., Impellizzeri F. M., et al. Factors Affecting Perception of Effort (Session Rating of Perceived Exertion) during Rugby League Training[J]. International Journal of Sports Physiology and Performance, 2013, 8(1):62-69.
- [59] Brink M. S., Frencken W. G. P., Jordet G., et al. Coaches' and Players' Perceptions of Training Dose: Not a Perfect Match[J]. International Journal of Sports Physiology and Performance, 2014, 9(3):497-502.
- [60] Monoem H., Georgios S., Leo D., et al. Session-RPE Method for Training Load Monitoring: Validity, Ecological Usefulness, and Influencing Factors[J]. Frontiers in Neuroscience, 2017, 11(11):612-625.
- [61] Gabbett T. J., Jenkins D. G. Relationship between training load and injury in professional rugby league players[J]. Journal of Science & Medicine in Sport, 2011, 14(3):204-209.
- [62] Rogalski B., Dawson B., Heasman J., et al. Training and game loads and injury risk in elite Australian footballers[J]. Journal of Science & Medicine in Sport, 2013, 16(6):499-503.
- [63] Cross M. J., Williams S., Trewartha G., et al. The Influence of In-Season Training Loads on Injury Risk in Professional Rugby Union[J]. International Journal of Sports Physiology & Performance, 2015, 11(3):350.
- [64] Nimmerichter A., Eston R. G., Bachl N., et al. Longitudinal monitoring of power output and heart rate profiles in elite cyclists[J]. Journal of Sports Sciences, 2011, 29(8):831-839.
- [65] Veugelers K. R., Young W. B., Fahrner B., et al. Different methods of training load quantification and their relationship to injury and illness in elite Australian football[J]. Journal of Science and Medicine in Sport, 2015, 19:24-28.
- [66] Blanch P., Gabbett T. J. 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]. British Journal of Sports Medicine, 2015(50): 471-475.
- [67] Hulin B. T., Gabbett T., Lawson D. W., et al. The acute:chronic workload ratio predicts injury: high chronic workload may decrease injury risk in elite rugby league players[J]. Br. J. Sports Med., 2016, 50(4):231-236.
- [68] Gabbett T. J. The training-injury prevention paradox: should athletes be training smarter and harder?[J]. Br. J. Sports Med., 2016, 50(5):273-280.
- [69] Stewart A. M., Hopkins W. G. Swimmers' compliance with training prescription.[J]. Medicine & Science in Sports & Exercise, 1997, 29(10):1389-92.
- [70] Viveiros L., Costa E., Moreira A., et al. Training load monitoring in judo: comparison between the training load intensity planned by the coach and the intensity experienced by the athlete[J]. Rev. Bras. Med., Esporte, 2011, 17:266-269.
- [71] Morgan W. P. Psychological factors influencing perceived exertion[J]. Medicine & Science in Sports & Exercise, 1973, 5(2):97-103.
- [72] Morgan W. P. Psychological components of effort sense[J]. Medicine & Science in Sports & Exercise, 1994, 26(9): 1071-1077.

(责任编辑:刘畅)

(上接第 84 页)

- 提取与检测[J].中国司法鉴定,2016,(6):28-32.
- [39] W. Gao, S. Emaminejad, H. Y. Nyein, et al. Fully integrated wearable sensor arrays for multiplexed in situ perspiration analysis[J]. Nature, 2016, 529(7587): 509-514.
- [40] H. Xu, Y. F. Lu, J. X. Xiang, et al. A multifunctional wearable sensor based on a graphene/inverse opal cellulose film for simultaneous, in situ monitoring of human motion and sweat[J]. Nanoscale, 2018, 10(4): 2090-2098.
- [41] B. Schazmann, D. Morris, C. Slater, et al. A wearable electrochemical sensor for the real-time measurement of sweat sodium concentration[J]. analytical Methods, 2010, 2(4): 342-348.
- [42] G. Liu, C. Hob, N. Slappey, et al. A wearable conductivity sensor for wireless real-time sweat monitoring[J]. Sensors and Actuators B-Chemical, 2016, 227: 35-42.
- [43] G. Xu, C. Cheng, Z. Y. Liu, et al. Battery-free and wireless epidermal electrochemical system with all-printed stretchable electrode array for multiplexed in situ sweat analysis[J]. Advanced Materials Technologies, 2019.
- [44] A. J. Bandodkar, P. Gutruf, J. Choi, et al. Battery-free, skin-interfaced microfluidic/electronic systems for simultaneous electrochemical, colorimetric, and volumetric analysis of sweat[J]. Science Advances, 2019, 5: 3294.

(责任编辑:刘畅)