



科学训练态度及训练参赛因素对跑步相关损伤的影响分析

Effects of Scientific Training Attitude, Training and Competition on Running Related Injuries

邢晓燕^{1*}, 张 若², 王佳琬³, 白 健¹

XING Xiaoyan^{1*}, ZHANG Ruo², WANG Jiawan³, BAI Jian¹

摘要:目的: 探析科学训练态度以及训练参赛因素对跑步相关损伤(running related injuries, RRIs)发生和伤后痊愈的影响, 旨在将科学训练态度纳入RRIs的发生和伤后痊愈模型。方法: 采用横截面研究设计, 方便样本, 网络问卷调查。样本($n=11\ 149$)为来自全国的业余跑者。使用多因素Logit回归进行模型分析。结果: 1) 发生RRIs并未降低跑者对跑步健康收益的感知, 受伤后无法痊愈却会显著降低。2) 超过90%的跑者认同科学训练, 但是近50%的跑者不知道如何进行科学训练。这类跑者发生RRIs的概率高, 受伤后不易康复。3) 通过书籍学习跑步知识显著提升RRIs的痊愈概率。4) 参赛数量、以参赛为跑步动机均为RRIs的危险因素。以参赛、创造个人最好成绩为跑步动机均不利于伤后痊愈。5) 尽管有证据显示力量训练能够显著降低一般性运动损伤, 力量训练是RRIs的危险因素, 且不利于伤后痊愈。6) 如无专业指导和评估, 仅在训练时关注跑姿或者参加付费训练并不能降低RRIs, 也无益于伤后康复。7) 跑团成员的痊愈概率倾向高于非跑团成员。结论: 样本年度RRIs发生率为61.9%, 伤后痊愈率为66.7%。绝大多数跑者形成了科学训练的意识, 然而跑姿、力量相关训练的防伤效果欠佳, 甚至适得其反, 亟需在推广科学训练理念的基础上切实普及科学跑步训练方法。建议: 鼓励跑者通过跑步书籍学习、掌握跑步知识方法; 突出跑步的健康益处, 弱化跑步参赛和成绩; 突出强调力量训练不当的危害性, 进行科学力量训练的重要性, 大力开发和普及切实有助于防止RRIs的跑步力量训练方法; 鼓励跑者在专业指导下评估和纠正跑姿; 充分发挥跑团在普及科学训练和伤后康复中的作用。

关键词: 马拉松; 力量训练; 跑步损伤; 科学训练; 多因素Logit回归

基金项目:

北京社会科学基金研究基地项目(18JDYTB002); 科技创新服务-高精尖学科建设(分类发展)(PXM2021_014206_00030)

*通信作者简介:

邢晓燕(1976-), 女, 教授, 博士, 硕士研究生导师, 主要研究方向为体育消费者行为、体育赛事与营销, E-mail: xingxiaoyan@cupes.edu.cn。

作者单位:

1. 首都体育学院, 北京 100191;
 2. 中央财经大学, 北京 102206;
 3. 首都医科大学附属北京朝阳医院, 北京 100020
1. Capital University of Physical Education and Sports, Beijing 100191, China;
 2. Central University of Finance and Economics, Beijing 102206, China;
 3. Beijing Chao-Yang Hospital, Capital Medical University, Beijing 100020, China.

Abstract: Objective: To analyze the effects of scientific training attitude, training and competition on the occurrence and recovery of running related injuries (RRIs). This study's unique contribution lies in the addition of scientific training attitude to the RRIs occurrence model and RRIs recovery model. Methods: Cross-sectional design, convenient sample, online surveys were used. The sample ($n=11\ 149$) were amateur runners in China. Multi-factor Logit regressions were performed to analyze the models. Results: 1) RRIs by itself did not reduce the runner's perception of the health benefits derived from running, but the inability to recover after RRIs significantly did so. 2) More than 90% of runners recognized the importance of scientific training, but nearly 50% of runners did not know how to do it scientifically. These runners were more likely to get injured and less likely to recover from the injury. 3) Gaining running knowledge through books significantly improved the odds of injury recovery. 4) Number of races attended and race attendance as running motivation were RRIs risk factors. Both race attendance and pursuing personal best performance as running motivations were against the chance of injury recovery. 5) Although research indicates that strength training can significantly reduce general sport-related injuries, strength training was a risk factor for RRIs in this study and not conducive to injury recovery. 6) Without professional instruction and assessment and merely paying attention to running gait and participation in paid training sessions could not reduce the occurrence of RRIs, nor any good effect on injury recovery. 7) Injured runners who were running group members tended to have a higher chance of recovery than the non-members. Conclusions: The annual rate

of RRIs was 61.9% in this sample and injury recovery rate was 66.7%. Although most runners were aware of the importance of scientific training, the effects of gait and strength training on RRIs prevention were less than satisfactory and even led to the opposite. It is in great need to disseminate scientific running training methods in addition to promoting scientific training awareness. Specific recommendations are as follows: To encourage runners to learn through running books and have a good command of knowledge; to emphasize the health benefits of running while weakening the role of running competition and performance; to emphasize the importance of scientific strength training in running and the dangers of ignoring it; to further developing and disseminating strength training methods that can effectively prevent RRIs; to encourage runners to assess and correct gait under professional instruction; and to make full use of running groups in disseminating scientific training and supporting post-injury rehabilitation.

Keywords: *marathon; strength training; running injury; scientific training; multi-factor Logit regression*

中图分类号:G822 **文献标识码:**A

广泛参加跑步运动能够强身健体、调节心理、促进社会交往、充实生活意义(邢晓燕, 2016)。然而, 相比健步走、游泳等其他有氧健身方式, 跑步动作所带来的持续身体应力易于引发下肢骨关节肌肉过度使用, 造成跑步相关损伤(running related injuries, RRIs)(Francis et al., 2019)。西方跑者 RRIs 发生率为 19.4%~79.3%, 最常见的损伤发生在膝部(Van Gent et al., 2007)。2005 年荷兰鹿特丹马拉松男性参赛者赛前一年的 RRIs 发生率为 54.8%, 26.9% 带伤未愈(Van Middelkoop et al., 2008)。根据美国一项 RRIs 两年跟踪研究结果计算得出, 该样本年度 RRIs 发生率为 54.8%(Messier et al., 2018)。我国跑者样本年度 RRIs 发生率达到 62.1%(杨一卓, 2018)。总体而言, 中西方跑者的 RRIs 发生率均维持在较高水平, 这不仅限制跑步运动带来的益处, 还会导致跑者中断甚至停止跑步。

相比成熟跑者, 新手跑者身体对长距离跑步适应准备不足, 更易受伤(Buist et al., 2010; Kluitenberg et al., 2015; Videbæk et al., 2015)。我国的“跑步热”大约开始于 2014 年, 每年均有大量新手跑者加入, 总体更易遭遇 RRIs。RRIs 给跑者身心带来创伤, 并造成经济损失。荷兰的一项研究显示, 跑者每次受伤的平均直接支出(医疗等)和间接损失(缺勤等)达到 83.22 欧元(Hespanhol et al., 2016)。鉴于跑步运动参与群体规模之大、受伤率之高, RRIs 造成的医疗费用和社会经济损失可观, 防止和降低 RRIs 发生率具有重要社会经济意义, 因此, 亟需多视角开展 RRIs 研究。

多种因素引发 RRIs, 包括跑步运动自身特点给下肢骨关节肌肉带来的持续冲击力、个体身心因素(性别、年龄、身高、健康水平、情绪影响等)(Fokkema et al., 2017; Messier et al., 2018)、训练比赛行为因素(如跑量、频次、跑姿、跑步动机等)(邢金明等, 2017; Fokkema et al., 2017; Van Middelkoop et al., 2008)。此外, 跑步受伤不仅与个体的身心、训练、参赛相关, 也受社会跑步文化影响。作为新兴跑步市场, 我国跑步文化中存在科学健身意识不强、健身知识储备不足、盲目参赛导致伤害事件的突

出问题(苗广超等, 2019; 孙高峰等, 2018; 邢金明等, 2017)。鉴于此, 本研究将科学训练态度与跑步知识获取作为地方性因素纳入跑者 RRIs 发生模型, 同时在模型中纳入影响科学训练效果的训练方式变量(进行力量训练、关注跑姿、付费训练)、体现跑步心态的动机因素[以参赛、创造个人最好成绩(personal best, PB)为动机]。现有证据显示, 各国 RRIs 均呈现高发生率特征(杨一卓, 2018; Messier et al., 2018; Van Middelkoop et al., 2008), 对于众多受伤跑者而言, 伤后能否痊愈是 RRIs 影响和制约跑步运动产业可持续发展的关键所在, 因此, 本研究同时构建 RRIs 伤后痊愈模型。

1 研究对象与方法

1.1 问卷发放和样本基本情况

使用《2018 中国跑者调查报告》数据, 进行横截面研究。主问卷涵盖跑者过去一年日常训练、备赛参赛、跑步相关损伤、科学训练态度、跑步知识信息获取、跑步健康收益、人口变量等近百个问题, 问卷内容效度经过专家咨询评估确定。重测信度(test-retest reliability)检验邀请业余跑者($n=64$)时隔 10 天前后两次打乱题序填写 RRIs 调查子问卷。使用 SPSS 软件 Reliability 分析计算 ICC。RRIs 发生和伤后是否痊愈等关键变量 ICC 值在 0.766~0.814。ICC 值小于 0.50、0.50~0.75、0.75~0.90、0.90 以上对应的信度等级分别为差、中、良、优(Koo et al., 2017)。本研究 RRIs 调查信度良好。

主问卷由爱燃烧、Keep、果动科技三方同步向全国跑者推送。爱燃烧为马拉松赛事服务平台, 用户群体以全马和半马跑者为主; Keep 的使用群体以健身和新手跑者为主; 果动科技作为中国田协马拉松大数据合作伙伴, 其样本为中国田协认证赛事的完赛跑者。尽管属于方便抽样, 样本较好地涵盖了从马拉松参赛到日常健身的多类型跑者(全马跑者: 50.94%; 半马跑者: 30.43%; 5 km 赛跑者: 7.51%; 日常非参赛跑者: 11.12%; 表 1)。问卷回收时间为 2018 年 12 月 17 日—2019 年 1 月 2 日, 共计回收

12 912 份。在删除重复提交问卷、答题用时过短问卷、答题逻辑有误问卷以及年龄、过去一年参赛数量、BMI 极端值问卷后,保留有效问卷 11 149 份,有效应答率为 86.3%。

本研究跑者泛指有规律进行跑步训练的受访者,对跑步年限、是否参加过路跑赛事以及参赛距离不做限定。样本来自全国各省份,与《2018 中国马拉松大数据分析报告》(以下简称“大数据分析报告”)中全国完成全程和半

程马拉松跑者常住省份分布对比显示,跑者人数排名前三省份的分布基本一致(本研究中,广东:11.11%,江苏:8.58%,浙江:8.96%;大数据分析报告中,广东:10.07%,江苏:9.63%,浙江:7.67%),北京、上海跑者的占比偏高(本研究中,北京:8.14%,上海:8.68%;大数据分析报告中,北京:5.98%,上海:3.45%);75.6%为男性跑者,与大数据分析报告中的 73.1%基本一致,平均年龄为 35.7 岁(表 1)。

表 1 自变量描述

Table 1 Description of the Independent Variables

	变量	分布/ <i>M</i> (<i>SD</i>)	最小值	最大值	样本	
个人变量	性别/%:女性=0;男性=1	1=75.56			11 149	
	年龄/岁	35.70 (9.32)	18	72	11 149	
	BMI	22.47 (2.36)	17.01	31.70	11 149	
	健康满意度:1=极度不满意;10=极度满意	7.81 (1.62)	1	10	11 149	
	跑步收益感知:1=明显提升;5=明显下降	1.43 (0.62)	1	5	11 149	
训练变量	跑龄/%:1年以下=0;1~3年=1;3~6年=2;6年以上=3	0=22.36;1=43.82;2=26.15;3=7.67			11 149	
	月跑量/%:50 km以下=0;51~100 km=1;101~200 km=2;	0=25.98;1=24.86;2=33.37;			11 149	
	201~300 km=3;300 km以上=4	3=12.47;4=3.32				
	参加跑团/%:否=0;是=1	1=57.80			11 149	
	关注跑姿/%:否=0;是=1	1=84.68			11 149	
	力量训练/%:否=0;是=1	1=44.94			11 149	
	付费训练/%:否=0;是=1	1=9.87			11 149	
	创造PB/%:否=0;是=1	1=17.77			11 149	
参赛变量	参赛/%:否=0;是=1	1=21.35			11 149	
	年参赛数/场	7.45(7.21)	0	36	11 149	
	过去一年最长参赛距离/%:全马及以上=0;半马=1;	0=50.94;1=30.43;2=7.51;3=11.12			10 946	
	5 km=2;没有参赛=3					
科学训练与知识获取	科学训练态度/%:不在意=0;认同但无方法=1;认同且有方法=2	0=9.50;1=47.83;2=42.66			11 149	
	网站或App/%:否=0;是=1	1=75.90			11 149	
	微信/%:否=0;是=1	1=71.34			11 149	
	跑步书籍/%:否=0;是=1	1=31.60			11 149	
	微博/%:否=0;是=1	1=24.65			11 149	
	线上课程/讲座/%:否=0;是=1	1=19.10			11 149	
	期刊/%:否=0;是=1	1=10.15			11 149	
	线下课程/讲座/%:否=0;是=1	1=6.34			11 149	
	电视广播/%:否=0;是=1	1=4.17			11 149	
	自己处理/%:否=0;是=1	1=84.76			6 896	
	康复途径	医生/%:否=0;是=1	1=26.01			6 896
		朋友/%:否=0;是=1	1=23.68			6 896
		运动康复师/%:否=0;是=1	1=8.27			6 896
跑步教练/%:否=0;是=1		1=6.34			6 896	
健身房私教/%:否=0;是=1		1=2.39			6 896	

1.2 变量描述

1.2.1 受伤跑者/痊愈跑者界定及损伤分布

通过多选题“在 2018 年的跑步训练和比赛中,您经历了以下哪些运动损伤(指因跑步运动造成的身体损伤,且症状持续 1 周以上)”甄别受伤跑者(表 2)。受伤跑者人均报告 1.7 个($SD=1.04$)RRIs 类型。请受伤跑者回答“目前,您的跑步运动损伤是否已经痊愈”,选择“是”“否”“不确定”的百分比分别为 66.7%、12.8% 和 20.5%,考虑到选择“不确定”的跑者可能仍受到 RRIs 困扰,数据分析中将选择“不确定”和“否”的样本合并为“未痊愈跑者”。

1.2.2 影响因素变量

选取 4 组自变量(人口、训练、参赛、科学训练态度与知识获取)作为跑者受伤以及伤后痊愈(增加康复途径)的影响因素(表 1)。其中,科学训练态度和知识获取体现了当前我国跑步文化对 RRIs 的地方性影响因素(苗广超等,2019;孙高峰等,2018;邢金明等,2017),是本研究的重点。人口、训练和参赛因素为国内外研究普遍发现的 RRIs 影响因素(杨一卓,2018;Messier et al., 2018;Sata et al., 2009; Van Gent et al., 2007; Van Middelkoop et al., 2008)。本研究将人口特征作为控制变量纳入模型。

表 2 2018 年度我国跑者常见损伤分布
Table 2 Distribution of Common RRIs
in Chinese Runners in 2018 %

运动损伤项目	男(n=8 424)	女(n=2 725)	总计(n=11 149)
膝伤	27.6	24.7	26.8
髌胫束综合症	16.9	11.4	15.6
足底筋膜炎	15.6	8.2	13.8
脚部疼痛	11.9	8.0	11.0
脚踝扭伤	9.3	9.8	9.4
胫前疼痛/外胫夹	8.6	7.2	8.3
腰肌劳损	6.8	4.9	6.3
跟腱炎	7.3	2.8	6.2
臀部拉伤	4.2	4.1	4.2
腓绳肌腱	2.0	0.9	1.7
其他损伤	1.7	1.8	1.7
应力性骨折	0.3	0.1	0.3

年度损伤发生率(n=11 149):61.9

受伤样本的痊愈率(n=6 896):66.7

注:主问卷该选项还包括水泡、指甲脱落/变黑。这两项虽然是由跑步引发的创伤,但不属于运动损伤范畴。同时,为与其他 RRIs 研究界定相一致,故未将此纳入数据分析。

从是否认同科学训练、是否按照科学的方法训练两个维度来测量跑者的科学训练态度。47.83%的跑者“认同训练要科学,但不知道科学的方法是什么”(以下简称“认同但无方法”);42.66%的跑者“认同科学训练并一直按照科学的方法训练”(以下简称“认同且有方法”);9.5%的跑者“不在意,随便跑跑”(以下简称“不在意”)。跑步相关知识和理论的获取途径在一定程度上代表了获取知识的质量和类型,样本的获取途径依次为网站/App、微信、跑步书籍、微博、线上课程/讲座、期刊、线下课程/讲座、电视广播(表 1)。

样本以跑步年龄为 1~3 年的跑者居多(43.82%);月跑量集中在 101~200 km(33.37%);57.80%是跑团成员;84.68%在训练中关注跑姿;44.94%在训练之余进行力量训练;9.87%在过去一年参加过付费跑步训练营/训练课程(表 1)。从参赛来看,17.77%将创造 PB、21.35%将参赛作为坚持跑步的原因。参赛距离较好代表跑者的跑步能力:50.94%在过去一年参加过全程马拉松及以上距离的赛事;30.43%最长参赛距离为半马;7.51%为 5 km;11.12%没有参赛。样本的人均年参赛场次为 7.45(SD=7.21),略低于《2017 年美国跑者调查》的 8 场。

样本平均年龄为 35.7 岁(SD=9.32),75.56%为男性;平均 BMI 为 22.47(SD=2.36)。通过 10 级量表评价个人健康满意度(1=极度不满意,10=极度满意),均值为 7.81(SD=1.62)。通过 5 级量表评价跑步对个人健康的影响(1=明显提升,5=明显下降),均值为 1.43(SD=0.62)。

1.3 统计分析

使用 STATA SE 12 对 RRIs 发生模型和伤后痊愈模型进行分析并绘制 95% 置信区间森林图(表 3、表 4)。考虑到因变量为二值变量,在 Logit 和 Probit 之间选择估计方

法,Logit 假设随机误差项服从 Logistic 分布,Probit 假设服从标准正态分布(伍德里奇,2016)。多数情况下两者能给出一致的估计结果(廖福挺,2015)。鉴于 Logistic 分布的累积分布函数具有解析表达式,结果易于直观解读,故报告 Logit 估计结果,同时进行 Probit 估计来验证结果,两种方法的估计值全部一致,说明模型结果稳健可信。

分析过程中,首先进行自变量的单因素回归分析,根据结果将单因素分析统计显著的自变量($P \leq 0.1$)以及统计分析不显著但是实践和理论提示与因变量密切相关的自变量纳入模型。使用最大似然法(maximum likelihood estimate, MLE)估计多因素 Logit 模型。RRIs 发生模型 $LR \chi^2(31)=589.65, P < 0.001$;RRIs 伤后痊愈模型 $LR \chi^2(37)=321.26, P < 0.001$,说明解释变量在 0.1% 的水平上联合显著,模型成立。进一步采用 Hosmer-Lemeshow 检验判断模型的拟合优度,不能拒绝原假设预测值和观察值之间无差异[RRIs 发生模型:Pearson $\chi^2(10\ 912)=10\ 941.75, P=0.419$;RRIs 伤后痊愈模型:Pearson $\chi^2(6\ 739)=6\ 771.52, P=0.388$],说明模型较好的拟合了数据。另使用 SPSS 22 Statistics 计算损伤调查 ICC 重测信度,对不同组别健康收益感知、伤病类型数量进行独立样本 t 检验。

2 研究结果

跑者跑步旨在增进健康,跑步受伤却可能适得其反。独立样本 t 检验显示,虽然受伤组和未受伤组对跑步的健康收益感知未见显著差别($t=1.89, P=0.059$),但在受伤跑者样本中,伤后痊愈组对跑步健康收益的感知显著高于伤后未愈组($t=7.64, P < 0.001$)。可见,受伤后无法痊愈对跑步健康收益造成更为严重的威胁。

2.1 RRIs 发生模型的多因素 Logit 回归分析

RRIs 发生模型的多因素 Logit 回归分析结果(表 3)显示:1)“认同但无方法”的受伤概率比“不在意”的高 50.2%。“认同且有方法”的受伤概率与“不在意”的未见显著差异。通过微信、跑步书籍、线上课程/讲座、线下课程/讲座获取跑步相关知识(理论)的受伤概率高于不使用这些途径的跑者。2)跑步年龄在 3~6 年、6 年以上的跑者的受伤概率比跑龄不足 1 年的跑者分别低 17.3%和 17.5%。1~3 年跑龄的跑者与跑龄不足 1 年的跑者受伤概率未见显著差异。月跑量是 RRIs 的危险因素。跑团成员的受伤概率比非跑团成员高 23.3%。关注跑姿的受伤概率比不关注高 42.3%。参加付费跑步训练营/训练课程的受伤概率比没有参加的高 23.4%。进行力量训练的受伤概率比不进行高 17.8%。3)以参赛为坚持跑步动机的受伤概率比无此动机的高 16.6%。以创造 PB 为坚持跑步动机对受伤概率未见显著影响。参赛数量是 RRIs 的危险因素。半马跑者、5 km 跑者和全马跑者的受伤概率未见显著差异,未参赛跑者的受伤概率比全马跑者低

25.3%。4) 男性跑者比女性跑者的受伤概率高 39.6%。危险因素。年龄、健康满意度是 RRI 的保护因素。BMI 值是 RRI 的

表 3 RRI 发生模型多因素 Logit 回归分析结果

Table 3 Multifactor Logit Regression Results of the RRI Occurrence Model

n=10 946

变量	Odds Ratio	SE	Z	Sig	95% CI
个人变量					
性别(女性=0)	1.396	0.073	6.360	0.000	(1.26, 1.55)
年龄	0.994	0.003	-2.410	0.016	(0.99, 1.00)
BMI	1.027	0.010	2.780	0.005	(1.01, 1.05)
健康满意度*	0.887	0.012	-8.870	0.000	(0.86, 0.91)
训练变量					
跑龄(1年以下=0)					
1~3年	1.020	0.058	0.340	0.731	(0.91, 1.14)
3~6年	0.827	0.055	-2.840	0.005	(0.73, 0.94)
6年以上	0.825	0.076	-2.100	0.036	(0.69, 0.99)
月跑量(50 km 以下=0)					
51~100 km	1.232	0.072	3.590	0.000	(1.10, 1.38)
101~200 km	1.350	0.081	5.000	0.000	(1.20, 1.52)
201~300 km	1.153	0.092	1.780	0.075	(0.99, 1.35)
300 km 以上	1.522	0.197	3.250	0.001	(1.18, 1.96)
参加跑团(否=0)	1.233	0.059	4.390	0.000	(1.12, 1.35)
关注跑姿(否=0)	1.423	0.083	6.080	0.000	(1.27, 1.59)
力量训练(否=0)	1.178	0.050	3.890	0.000	(1.09, 1.28)
付费训练(否=0)	1.235	0.090	2.880	0.004	(1.07, 1.42)
参赛变量					
创造PB(否=0)	1.096	0.064	1.580	0.114	(0.98, 1.23)
参赛(否=0)	1.166	0.063	2.860	0.004	(1.05, 1.29)
年参赛数	1.012	0.003	3.640	0.000	(1.01, 1.02)
最长参赛距离(全马及以上=0)					
半马	0.919	0.049	-1.590	0.111	(0.83, 1.02)
5 km	0.846	0.077	-1.830	0.067	(0.71, 1.01)
没有参赛	0.747	0.063	-3.460	0.001	(0.63, 0.88)
科学训练与知识获取					
科学训练态度(不在意=0)					
认同但无方法	1.502	0.108	5.640	0.000	(1.30, 1.73)
认同且有方法	1.018	0.076	0.240	0.814	(0.88, 1.18)
网站/App(否=0)	1.073	0.052	1.460	0.144	(0.98, 1.18)
微信(否=0)	1.180	0.056	3.480	0.001	(1.08, 1.30)
跑步书籍(否=0)	1.160	0.056	3.090	0.002	(1.06, 1.27)
微博(否=0)	1.018	0.051	0.360	0.717	(0.92, 1.12)
线上课程/讲座(否=0)	1.158	0.065	2.610	0.009	(1.04, 1.29)
期刊(否=0)	0.976	0.071	-0.340	0.734	(0.85, 1.13)
线下课程/讲座(否=0)	1.242	0.115	2.340	0.019	(1.04, 1.49)
电视广播(否=0)	0.948	0.099	-0.510	0.609	(0.77, 1.16)
常数项	0.624	0.157	-1.880	0.060	(0.38, 1.02)

注:健康满意度使用 10 级量表评价,1 表示极度不满意,10 表示极度满意。

2.2 伤后痊愈的多因素 Logit 回归分析

RRI 伤后痊愈模型的多因素 Logit 回归分析结果(表 4)显示:1)“认同但无方法”的痊愈概率比“不在意”低 20.3%;“认同且有方法”的痊愈概率比“不在意”高 45.6%。通过跑步书籍获取跑步相关知识和理论的痊愈概率比不使用此途径的跑者高 19.5%。2)跑龄在 3~6 年、6 年以上

的跑者的痊愈概率比跑龄不足 1 年的跑者分别低 16.3% 和 21.1%。跑龄在 1~3 年的跑者与跑龄不足 1 年的跑者的痊愈概率未见显著差异。月跑量为 201~300 km 的跑者的痊愈概率比 50 km 以下的跑者低 14.8%,其他月跑量无显著影响。跑团成员的痊愈概率比非跑团成员高 12.9%。进行力量训练的痊愈概率比不进行低 14.2%。关

注跑姿和参加付费跑步训练营/训练课程对痊愈概率未见影响。3)以创造PB、参赛为坚持跑步动机的痊愈概率分别低12.8%和14.1%。参赛数量显著提升痊愈概率。最长参赛距离对痊愈概率未见显著影响。4)受伤后求助医

生、运动康复师的痊愈概率比没有使用这些途径分别低24.5%和19.2%。5)性别和BMI对痊愈未见显著影响。年龄对痊愈概率的影响为负。健康满意度显著提升痊愈概率。

表4 RRIs伤后痊愈模型多因素Logit回归分析结果
Table 4 Multi-factor Logit Regression Results of the RRIs Recovery Model

n=6 779

变量	Odds Ratio	SE	Z	Sig	95% CI
个人变量 性别(女性=0)	1.055	0.076	0.750	0.452	(0.92, 1.21)
年龄	0.991	0.003	-2.790	0.005	(0.98, 1.00)
BMI	1.019	0.013	1.530	0.125	(1.00, 1.04)
健康满意度	1.173	0.020	9.470	0.000	(1.13, 1.21)
训练变量 跑龄(1年以下=0)					
1~3年	1.011	0.075	0.150	0.883	(0.87, 1.17)
3~6年	0.837	0.073	-2.030	0.042	(0.71, 0.99)
6年以上	0.789	0.097	-1.930	0.054	(0.62, 1.00)
月跑量(50 km以下=0)					
51~100 km	0.920	0.072	-1.060	0.290	(0.79, 1.07)
101~200 km	0.852	0.068	-2.000	0.045	(0.73, 1.00)
201~300 km	0.937	0.101	-0.600	0.547	(0.76, 1.16)
300 km以上	0.841	0.138	-1.050	0.294	(0.61, 1.16)
参加跑团(否=0)	1.129	0.072	1.910	0.056	(1.00, 1.28)
关注跑姿(否=0)	1.040	0.083	0.490	0.622	(0.89, 1.22)
力量训练(否=0)	0.858	0.047	-2.770	0.006	(0.77, 0.96)
付费训练(否=0)	0.996	0.091	-0.040	0.969	(0.83, 1.19)
参赛变量 创造PB(否=0)	0.872	0.063	-1.900	0.058	(0.76, 1.00)
参赛(否=0)	0.859	0.057	-2.290	0.022	(0.75, 0.98)
年参赛数	1.014	0.004	3.290	0.001	(1.01, 1.02)
最长参赛距离(全马及以上=0)					
半马	1.081	0.075	1.120	0.262	(0.94, 1.24)
5 km	1.071	0.132	0.560	0.578	(0.84, 1.36)
没有参赛	0.854	0.096	-1.410	0.159	(0.69, 1.06)
科学训练 科学训练态度(不在意=0)					
与知识 认同但无方法	0.797	0.080	-2.250	0.025	(0.65, 0.97)
获取 认同且有方法	1.456	0.156	3.500	0.000	(1.18, 1.80)
网站/App(否=0)	1.110	0.071	1.640	0.102	(0.98, 1.26)
微信(否=0)	0.952	0.061	-0.770	0.444	(0.84, 1.08)
跑步书籍(否=0)	1.195	0.074	2.890	0.004	(1.06, 1.35)
微博(否=0)	1.113	0.072	1.650	0.099	(0.98, 1.26)
线上课程/讲座(否=0)	0.933	0.066	-0.980	0.328	(0.81, 1.07)
期刊(否=0)	0.972	0.090	-0.300	0.763	(0.81, 1.17)
线下课程/讲座(否=0)	0.990	0.109	-0.090	0.927	(0.80, 1.23)
电视广播(否=0)	1.016	0.138	0.110	0.909	(0.78, 1.33)
康复途径 自己处理(否=0)	0.894	0.070	-1.430	0.152	(0.77, 1.04)
医生(否=0)	0.755	0.047	-4.480	0.000	(0.67, 0.85)
朋友(否=0)	0.927	0.060	-1.160	0.244	(0.82, 1.05)
运动康复师(否=0)	0.808	0.081	-2.110	0.035	(0.66, 0.99)
跑步教练(否=0)	0.879	0.102	-1.110	0.265	(0.70, 1.10)
健身房私教(否=0)	1.087	0.196	0.460	0.643	(0.76, 1.55)
常数项	0.690	0.229	-1.120	0.264	(0.36, 1.32)

3 讨论

本研究样本年度 RRIs 发生率为 61.9%,与杨一卓(2018)的 62.1%一致。受伤跑者中 33.3%未痊愈,受伤未愈跑者对跑步健康收益的感知显著低于受伤痊愈跑者。另有研究显示,跑者对跑步健康收益的感知直接影响跑步消费支出(Xing et al., 2020)。相比跑步受伤本身,受伤未愈对跑步运动造成更为深远的健康、经济双重负面影响。本研究综合 RRIs 发生模型和伤后痊愈模型的主要结果展开讨论^①。

3.1 科学训练对 RRIs 的影响

虽然“不在意”跑者和“认同且有方法”跑者的受伤概率没有差异,但“认同但无方法”跑者的受伤概率显著高于“不在意”跑者($OR=1.502$; 95% CI: 1.304, 1.730)。从痊愈概率来看,“认同且有方法”受伤跑者显著高于“不在意”受伤跑者($OR=1.456$; 95% CI: 1.179, 1.796);“认同但无方法”受伤跑者显著低于“不在意”受伤跑者($OR=0.797$; 95% CI: 0.655, 0.971)。Fokkema 等(2019)有关跑步运动损伤综合干预网络平台的随机控制实验研究显示,干预组中无伤跑者在一年干预期的受伤率倾向显著高于对照组($OR=1.30$; 95% CI: 0.990, 1.700),该研究推测,干预可能改变了被试原来正确的跑步方式从而导致受伤率上升,认为对无伤跑者进行跑步防伤科学训练干预可能适得其反,建议重点针对有伤跑者进行干预。援引该研究逻辑,本研究中“认同但无方法”跑者可能试图改变原来的训练方法,但又没有找到适合自身的方法,因而更易受伤,受伤后较不易痊愈。“不在意”跑者原本的跑姿和训练方法可能已适合自身,不容易引发 RRIs,因此,尽管对科学训练不在意,但是在受伤概率上与“认同且有方法”跑者并无差异。理想的做法是“认同且有方法”,这类跑者虽然在受伤概率上和“不在意”跑者没有差异,但是他们既不像“认同但无方法”跑者那样容易受伤,伤后痊愈概率更是显著高于其他两组。

Fokkema 等(2019)的研究显示,试验组中过去一年曾经受伤的跑者阅读跑步科学训练知识信息的人数占比显著高于未受伤组。由于是截面数据,本研究跑者可能因为受伤而更多地获取跑步知识,从而导致通过各类途径获取跑步知识的跑者受伤概率高于未受伤跑者。就受伤跑者而言,本研究显示,通过跑步书籍获取跑步相关知识和理论显著提升痊愈概率($OR=1.195$; 95% CI: 1.059, 1.349)。从两方面探讨上述结果形成原因:首先,相比网络、培训课程、期刊等信息途径,跑步书籍提供了更为全面系统的知识和方法,因而有利于康复。其次,获取知识不代表能够有效应用知识,在 Fokkema 等(2019)的研究中,尽管试验组中 62.7%的被试阅读了网上预防平台的防护知识,仅 44.1%的被试报告将这些防护知识用于日常训练。本研究中,通过书籍获取跑步知识可能代表了更强

的学习意愿、更有效的知识应用,进而促进痊愈。

近年,我国相关部门和行业协会多次强调科学跑步训练参赛。《马拉松运动产业发展规划》在多方面对推广科学跑步作出具体部署。2019年,中国田协推出《中国马拉松及相关运动参赛指南》,涵盖报名须知、赛前准备、比赛途中和赛后恢复4个部分。上述普及推广措施有效提升了跑者的科学跑步意识。本研究中90%以上的跑者认同科学训练的理念(42.66%“认同且有方法”;47.83%“认同但无方法”)。然而在认同科学训练的群体中,半数以上的跑者不知道如何科学训练,这部分跑者最容易发生 RRIs,受伤后最不容易痊愈。仅拥有科学训练的良好意愿不足以降低 RRIs,更需要掌握科学的训练方法。在我国跑者群体中普及推广跑步训练方法任重道远且意义重大。鼓励跑者使用跑步书籍学习科学跑步知识方法有助于跑步伤后痊愈。

3.2 训练因素对 RRIs 的影响

力量训练有助于防止 RRIs 的观点为大众广泛接纳(Loudin, 2017)。合理的力量训练能够增强下肢肌群,稳定关节,降低 RRIs,但是力量训练方法不当本身可能造成损伤,或者导致肌肉力量不平衡而引发 RRIs。研究提示,我国跑者群体力量训练现状多属于后者。杨一卓(2018)的研究显示,我国 38.57%的跑者认为力量练习是预防 RRIs 最为重要的因素之一,受伤跑者中持有这一认识的(42.56%)高于无伤跑者(32.04%)。本研究中约 45%的跑者在跑步之余进行力量训练,力量训练是 RRIs 发生的危险因素($OR=1.178$, 95% CI: 1.085, 1.280),并且进行力量训练的受伤跑者更不容易康复($OR=0.858$, 95% CI: 0.770, 0.956)。有研究表明,力量训练能减少 33%的运动损伤,并且减少一半因过度使用而造成的运动损伤(迪卡瑞, 2018)。值得注意的是,该研究结论来自基于 25 个防止运动损伤随机比对实验的元分析,样本($n=26\ 610$)主要来自足球、篮球、军人等运动群体,并不包括大众跑者(Lauersen et al., 2014)。换言之,该结论在大众跑者群体中未必适用。事实上,文献迄今仅显示力量训练有助于提升跑步成绩,并未证实其对 RRIs 有保护作用(Balsalobre-Fernandez et al., 2016; Sata et al., 2009)。Toresdahl 等(2019)的 12 周预防 RRIs 的力量训练干预随机比对显示,实验组跑者的 RRIs 发生率和参照组跑者并无差异,而且参照组中自行进行力量训练跑者在同期经历不同程度 RRIs 的百分比均高于参照组中没有进行力量训练的跑者。综上,亟需通过科普教育消除跑者群体中力量训练能够预防 RRIs 的认知误区,突出强调力量训练不当的危害性、科学进行力量训练的重要性。

本研究显示,关注跑姿、参加付费训练是 RRIs 的危险因素,对伤后痊愈概率未见显著影响。跑步着地时强大

^①限于篇幅,在此未就作为控制变量的人口特征影响展开讨论。

的瞬时地面反作用力和垂直载荷是导致 RRI 发生的危险因素, 改变跑步姿势实现更为柔和的着地是降低 RRI 的关键 (Chan et al., 2018; Hunter, 2003; Van Der Worp et al., 2016)。如果不纠正跑步的生物力学危险因素, 即便跑者具备良好的身体条件、参加结构性训练, 也无法降低 RRI 风险 (Bredeweg et al., 2012; Pope et al., 2000)。跑姿的纠正、跑步下肢解剖力线的优化需要专业指导。本研究提示, 大部分跑者都认识到正确跑姿的重要性, 然而受跑步专业知识和理解能力所限, 跑者很可能对自己跑姿的认知存在偏差, 甚至与实际相反 (Goss et al., 2015)。如果不在专业人员科学指导下进行系统跑姿纠正, 跑者仅关注跑姿或在不正确跑姿下进行系统(付费)训练可能增加 RRI 发生概率, 更无益于伤后康复。

与杨一卓(2018)的发现一致, 本研究显示, 加入跑团是 RRI 的危险因素, 可能是跑团成员跑量大、参赛多等行为特征的综合影响所致。然而, 在同等情况下, 跑团成员受伤后的痊愈概率倾向高于非跑团成员, 提示, 跑团提供的各类支持有助于伤后康复。如果指导有利、组织得当, 跑团能够在推动科学跑步训练、支持受伤跑者康复中发挥重要作用。

3.3 比赛因素对 RRI 的影响

有研究显示, 参赛直接引发 RRI, 参赛受伤率从 18.2%(2005 年鹿特丹马拉松全马男子)、40.1%(1982 年谢菲尔德马拉松半马)、41.9%(2015 年杭州山地马拉松)、65.1%(1982 年谢菲尔德马拉松全马)到 92.5%(1993 年乌克兰马拉松)不等 (陈珀航等, 2016; Satterthwaite et al., 1996; Van Gent et al., 2007; Van Middelkoop et al., 2008)。与此一致, 本研究提示, 参赛本身是 RRI 的危险因素, 参赛越多, 受伤的概率越高 ($OR=1.012$; 95% CI: 1.006, 1.019)。功利的跑步态度被认为是导致我国 RRI 高发的因素 (邢金明等, 2017)。本研究显示, 以参赛为跑步动机显著影响 RRI 的发生 ($OR=1.166$; 95% CI: 1.049, 1.295), 持有这类动机的跑者可能以赛代练, 赛前训练不足, 导致受伤。与之相反, PB 动机并没有影响 RRI 的发生。以 PB 为动机的跑者为了提高成绩, 更有可能在赛前进行系统科学的训练, 进而抵消了因为追求成绩而可能提升的受伤概率。然而, 参赛动机和 PB 动机均显著降低或者倾向于降低痊愈概率, 提示, 引导跑者适当控制参赛数量、建立健康主导的跑步动机、弱化跑步参赛和成绩, 有利于降低 RRI, 提升 RRI 伤后的痊愈概率。

3.4 康复途径与 RRI 伤后痊愈概率

RRI 伤后痊愈模型结果显示, 受伤后求助医生、运动康复师的跑者痊愈概率低于没有使用这些途径的跑者。实践中, 跑者一般会自行处理跑步轻伤, 更多是在无法自行处理、自主康复的情况下求助专业医疗人士 (Harvard Health, 2010)。进一步数据分析显示, 样本中求助医生、

运动康复师的受伤跑者报告的 RRI 类型数量显著高于没有求助的跑者 (医生: 求助 1.92, 不求助 1.62, $t=9.57$, $P<0.001$; 运动康复师: 求助 2.15, 不求助 1.66; $t=8.32$, $P<0.001$)。可见, 康复途径的选择与病情相关, 伤势严重、RRI 多发的跑者倾向于求助专业医疗人士。本研究结果不应解读为同等伤势的跑者是否就医导致的痊愈概率差异。

3.5 研究局限与后续研究

本研究存在一定局限, 需后续研究验证完善: 1) 样本为方便样本, 虽然较好覆盖了全国各类型跑者, 但是无法确保代表性, 建议后续有条件的研究采用随机抽样获取样本。2) 以 50% 为分割点, 本研究 RRI 发生模型和伤后痊愈模型的正确预测率分别为 63.86% 和 67.21%, 提示, 模型总体解释力偏低。本研究旨在分析科学训练态度等主要因素的作用, 并非全面解释 RRI 的影响因素, 尽管 Logit 和 Probit 分析印证了 RRI 发生和伤后痊愈模型结果稳健可信, 模型并没有穷尽 RRI 影响变量, 从而导致解释率偏低, 建议后续研究纳入更多 RRI 影响变量。3) 由于是大样本问卷调查, RRI 类型、是否痊愈的鉴定均为跑者自述, 而不是医学诊断, 建议后续研究获取更为准确的医学数据并将相关医学诊断变量(如伤势轻重)纳入 RRI 分析模型。此外, 陈旧性伤病是发生 RRI 的主要影响因素 (Van Gent et al., 2007), 后续研究可将此纳入 RRI 分析模型, 提升模型解释力。

4 结论

本研究样本的年度 RRI 发生率达到 61.9%, 最常见的损伤类型为膝伤, 伤后年度痊愈率为 66.7%。受伤本身没有削弱跑者对跑步健康收益的感知; 如果伤后无法痊愈, 会明显削弱跑步健康收益感知。就跑步科学训练态度而言, 1) 超过 90% 的跑者认同科学训练, 但是近 50% 的跑者不知道如何进行科学训练。这类跑者发生 RRI 的概率更高, 受伤后更不容易康复, 亟需在跑者群体普及科学跑步训练方法。2) 通过跑步书籍学习跑步知识能够显著提升伤后痊愈概率, 应鼓励跑者通过跑步书籍学习掌握科学跑步的方法知识。就跑步训练因素而言, 1) 尽管有研究证据显示力量训练能够显著降低一般运动损伤, 这一结果在 RRI 中未必适用。在本研究中, 力量训练是 RRI 的危险因素, 且不利于伤后痊愈。建议突出强调力量训练不当的危害性、科学进行跑步力量训练的重要性、大力开发和普及切实有助于防止 RRI 的力量训练方法。2) 如无专业指导和评估, 仅在日常训练中关注跑姿、参加付费训练并不能降低 RRI 的发生且无益于伤后康复。建议跑者在专业人员指导下评估和纠正跑姿。3) 跑团成员的 RRI 痊愈概率倾向高于非跑团成员。应注重发挥跑团在推动科学跑步训练、支持受伤跑者康复中的作用。就跑

步参赛因素而言,1)参赛数量、以参赛为跑步动机是RRI的危险因素。以参赛、PB为跑步动机不利于伤后痊愈。2)引导跑者适当控制参赛数量、以健康为主要跑步动机、弱化跑步参赛和成绩有利于减少RRI的发生。

参考文献:

陈珀航,毕擎,2016.杭州山地马拉松赛运动损伤情况及影响因素分析[J].中国运动医学杂志,35(6):557-560.

迪卡瑞,2018.重塑跑步计划:提升跑步的稳定性、力量和速度[M].徐建武,译.沈阳:辽宁科学技术出版社.

廖福挺,2015.解释概率模型:Logit、Probit以及其他广义线性模型[M].周穆之,译.上海:格致出版社.

苗广超,宋金庄,魏婷,等,2019.我国马拉松赛事问题审视及应对路径[J].体育文化导刊,(1):27-31.

孙高峰,刘燕,2018.热追捧与冷思考:“马拉松现象”对城市文化的影响及理性审视[J].北京体育大学学报,41(4):38-43,88.

伍德里奇,2016.横截面与面板数据的经济计量分析(2nd)[M].胡棋智,胡江华,王忠玉,译.北京:中国人民大学出版社.

邢金明,刘波,欧阳井凤,2017.马拉松“热”背后的冷思考[J].体育学刊,24(2):52-56.

邢晓燕,2016.我国大型马拉松参赛者跑步训练参赛的动机内容与结构分析:基于跑步爱好者动机量表(MOMS)中文简版的信效度检验[J].体育成人教育学报,32(5):1-7,13,95.

杨一卓,2018.业余跑者跑步损伤危险因素调查及长距离跑后足弓疲劳与纠正效果[D].北京:北京体育大学.

BALSALOBRE-FERNANDEZ C, SANTOS-CONCEJERO J, GRI-VAS G V, 2016. Effects of strength training on running economy in highly trained runners: A systematic review with meta-analysis of controlled trials[J]. J Strength Cond Res, 30(8):2631-2368.

BREDEWEG S W, ZIJLSTRA S, BESSEM B, et al., 2012. The effectiveness of a preconditioning programme on preventing running-related injuries in novice runners: A randomised controlled trial[J]. Br J Sports Med, 46(12):865-870.

BUIST I, BREDEWEG S W, BESSEM B, et al., 2010. Incidence and risk factors of running-related injuries during preparation for a 4-mile recreational running event[J]. Br J Sports Med, 44(8):598-604.

CHAN Z, ZHANG B, AU I, et al., 2018. Gait retraining for the reduction of injury occurrence in novice distance runners: 1-year follow-up of a randomized controlled trial [J]. Am J Sports Med, 46(2):388-395.

FOKKEMA T, VOS R D, VAN OCHTEN J M, et al., 2017. Preventing running-related injuries using evidence-based online advice: The design of a randomised-controlled trial[J]. BMJ Open Sport Exerc Med, doi:10.1136/bmjsem-2017-000265.

FOKKEMA T, VOS R D, VAN OCHTEN J M, et al., 2019. Online multifactorial prevention programme has no effect on the number of running-related injuries: A randomised controlled trial [J]. Br J Sports Med, 53(23):1479-1485.

FRANCIS P, WHATMAN C, SHEERIN K, et al., 2019. The proportion of lower limb running injuries by gender, anatomical location and specific pathology: A systematic review[J]. J Sports Sci Med, 18(1):21-31.

GOSS D L, LEWEK M, YU B, et al., 2015. Lower extremity biomechanics and self-reported foot-strike patterns among runners in traditional and minimalist shoes[J]. J Athl Training, 50(6):603-611.

HARVARD HEALTH, 2010. Treating sports injuries[EB/OL].[2020-

03-18]. https://www.health.harvard.edu/newsletter_article/treating-sports-injuries.

HESPANHOL L C J, HUISSTEDDE B M A, SMITS D, et al., 2016. The NLstart2run study: Economic burden of running-related injuries in novice runners participating in a novice running program[J]. J Sci Med Sport, 19(10):800-804.

HUNTER L, 2003. A new approach to modeling vertical stiffness in heel-toe distance runners[J]. J Sports Sci Med, 2(4):139-143.

KLUITENBERG B, VAN MIDDELKOOP M, DIERCKX R, et al., 2015. What are the differences in injury proportions between different populations of runners? A systematic review and meta-analysis [J]. Sports Med, 45(8):1143-1161.

KOO T K, LI M Y, 2017. A guideline of selecting and reporting intraclass correlation coefficients for reliability research [J]. J Chiropr Med, 15(2):155-163.

LAUERSEN J P, BERTELSEN D M, ANDERSEN L B, 2014. The effectiveness of exercise interventions to prevent sports injuries: A systematic review and meta-analysis of randomised controlled trials [J]. Br J Sports Med, 48(11):871-877.

LOUDIN A, 2017. How strength training can prevent running injuries [EB/OL]. [2019-06-12]. <https://www.nbcnews.com/better/health/important-reason-runners-need-strength-train-ncna810431>.

MESSIER S P, MARTIN D F, MIHALKO S L, et al., 2018. A 2-year prospective cohort study of overuse running injuries: The runners and injury longitudinal study (trails)[J]. Am J Sports Med, 46(9):2211-2221.

POPE R P, HERBERT R D, KIRWAN J D, 2000. A randomized trial of pre-exercise stretching for prevention of lower-limb injury [J]. Med Sci Sports Exer, 32(2):271-277.

SATA K, MOKHA M, 2009. Does core strength training influence running kinetics, lower-extremity stability and 5 000-m performance in runners?[J] J Strength Cond Res, 23(1):133-140.

SATTERTHWAITE P, LARMER P, GARDINER J, et al., 1996. Incidence of injuries and other health problems in the Auckland Citibank marathon, 1993[J]. Br J Sports Med, 30(4):324-326.

TORSDAHL B G, MCELHENY K, METZL J, et al., 2019. A Randomized study of a strength training program to prevent injuries in runners of the New York City Marathon[J]. Sport Health, 12(1):74-79.

VAN DER WORP H, VRIELINK J W, BREDEWEG S W, 2016. Do runners who suffer injuries have higher vertical ground reaction forces than those who remain injury-free? A systematic review and meta-analysis[J]. Br J Sports Med, 50(8):450-457.

VAN GENT R N, SIEM D, VAN MIDDELKOOP M, et al., 2007. Incidence and determinants of lower extremity running injuries in long distance runners: A systematic review [J]. Br J Sports Med, 41(8):469-480.

VAN MIDDELKOOP M, KOLKMAN J, VAN OCHTEN J, 2008. Prevalence and incidence of lower extremity injuries in male marathon runners[J]. Scand J Med Sci Sports, 18(1):140-144.

VIDEBAEK S, BUENO A M, NIELSEN R O, et al., 2015. Incidence of running-related injuries per 1000 h of running in different types of runners: A systematic review and meta-analysis[J]. Sports Med, 45(7):1017-1026.

XING X, ZHANG R, TAKS M, 2020. The effects of health, social, and consumption capital on running-related expenditures in China [J]. Eur Sport Manag Q, doi: 10.1080/16184742.2020.1793376.

(收稿日期:2019-07-22; 修订日期:2022-03-12; 编辑:尹航)