doi:10.3772/j.issn.2095-915x.2020.03.004

开放科学（资源服务）标识码（OSID）

国际学术期刊应对实验结果可重复性挑战的实践

赵筱媛 崔通 郑雯雯

中国科学技术信息研究所 北京 100038

摘要：随着社会与国内外学界对科学的严谨性和可重复性关注度的提升，威利、爱思唯尔、科学公共图书馆等在旗下期刊中开始探索实施应对实验结果可重复性挑战的方法。通过对威利新形式的注册报告、爱思唯尔结构化的 STAR 方法、科学公共图书馆的“图像审核”策略进行调研分析，梳理总结了各种做法在提升科研成果可复现性的机制及特点，研究结果有助于为我国提升研究实验成果的科学性、可重复性提供有益的启示。

关键词：学术期刊；实验结果可重复性；注册报告；STAR 方法；图像审核策略；科研诚信

中图分类号：G35

The Practice of International Academic Journals to Challenge the Repeatability of Experimental Results

ZHAO Xiaoyuan CUI Tong ZHENG Wenwen

Institute of Scientific and Technical Information of China, Beijing 100038, China

Abstract: With the increasing attention to the rigor and reproducibility of science by the society and the academic community at home and abroad, Willy, Elsevier, Scientific Public Library, etc. have begun to explore ways to address the challenge of repeatability of experimental results in their journals. By investigating and analyzing the new forms of registered reports of Willy, Elsevier's structured STAR method, and the "image review" strategy of the Scientific Public Library, it summarizes the mechanisms of various approaches in improving the reproducibility of scientific research results and characteristics, the research results could provide useful enlightenment for improving the scientific and reproducible research results in China.

Keywords: Academic journals; experimental results repeatability; registered reports; STAR methods; image review strategy; research integrity

---

基金项目：中国科学技术信息研究所创新研究基金“世界顶尖研究型大学科研诚信制度与失信案例研究”（QN2018-09）。

作者简介：赵筱媛（1978-），博士，研究员，研究方向：竞争情报与竞争战略、公共管理与科技政策、科研诚信，E-mail：zhaoys@istic.ac.cn；崔通（1994-），硕士，研究方向：科研诚信、科学计量学；郑雯雯（1985-），博士，助理研究员，研究方向：社会心理学、科研诚信、科技人才评价与管理。

引言

2016 年 5 月 2 日，河北科技大学韩春雨作为通讯作者在《自然·生物技术》发表《NgAgo-gDNA 为导向的基因编辑技术》论文，宣称已实现对特定基因的编辑技术，一时引发国内外学者广泛关注，韩春雨也因此屡获殊荣。但随后不久，澳大利亚国立大学教授盖坦·布尔焦公开宣称韩春雨实验不可重复，之后国内外多名学者实名质疑其实验结果的可重复性，韩春雨均予以否认。2017 年 8 月，在韩春雨多次未能成功重复实现其基因编辑试验后，论文被撤稿，河北科技大学也成立调查组开展调查[1]。虽调查结果被认定不存在主观造假，但由此关于实验结果可重复性的问题引发学界与社会广泛热议。

科学研究与实验是对大自然规律的探索发现，既然是规律，自然遵循着一定的可重复性、可验证性。实验结果的可重复性是针对一个相同的实验，在不同的时间、地点与实验人员操作下，依然可以得到相同的实验结果，以此来确认实验得出的结论，为知识提供可靠的实验基础[2]。实验结果的可重复性说明研究实验不是偶然发生的特殊状况，而是具有规律性与可验证性的科学规律。正如最早倡导研究实验可重复性原则的英国科学家波普尔所说“只有当某些事件根据规则或规律重现时，就如同可重复实验的情况，我们的观察结果才可以在原则上由任何人进行检验，只有通过这样的重复，我们才能确认面对的不是一个孤立的巧合，由于其具备的规律性和可重复性属性，其事件原则上可以进行主观验证”[3]。

但是，随着科学的发展、实验环境复杂程度的提升及外部经济利益因素的影响，研究实验的可重复性逐渐显现出困境，特别对于跨学科、跨领域交叉性研究而言，其实验的可重复性往往偏低，这也成为世界科技界共同面临的难题。2015 年 8 月，曾有“开放科学合作”（The Open Science Collaboration）的科学家团体在《自然》杂志发文称，对 100 项刊登在心理学顶级期刊的研究进行可重复性验证，结果只有 36% 的实验结果得到重现[4]。对心理学实验的可重复性关注起因于假设检验的争议，过多心理学实验在处理研究数据和报告研究结果时过分依赖假设检验，从一定程度上影响了实验结果的可重复性[5]。关于心理学实验是否需要可重复性验证及如何提升其可重复性近年来已成为领域热点。对于生态学而言，很多学者也在思考生态学实验的可重复性问题。与实验室实验较高的可重复性相比，野外实验可重复性相对较低[6]。

近年来，国内科研机构通过明确科研人员的伦理责任、加强研究实验过程的标准化管理来应对实验结果可重复性的挑战，这在一定程度上确实提升了科学实验的重现。但不容忽视的是，在应对实验可重复性的问题上，仅仅依靠科研机构自身还不能达到完全理想的效果，需要多角度探讨提升实验结果可重复性的举措。学术期刊作为科学研究的“守门人”，是研究成果集中公开和传播的最主要渠道，有责任与义务维护学术出版的纯洁性和公正性，把好学术出版关[7]，也需要在提升研究实验结果可重复性方面发挥重要作用。国际上包括威利（WILEY）、爱思唯尔（ELSEVIER）在内的一些国

doi:10.3772/j.issn.2095-915x.2020.03.004

际学术期刊出版商以及美国科学公共图书馆等具有期刊出版职能的综合性科技文献机构都在积极探索，提出了不同的举措和方法。威利创建“注册报告（registered reports）”、爱思唯尔设立“STAR 方法”、美国科学公共图书馆旗下期刊实施修订“图像审核”策略，都是在不同角度上的实践探索。本文从国际学术期刊出版集团应对实验结果可重复性的新措施调研出发，通过分析威利、爱思唯尔、科学公共图书馆等旗下期刊在解决实验结果不可重复性的创新模式，梳理总结其成功做法，为我国学术期刊应对实验结果不可重复性的性质判定及提升实验可重复性提供参考。

1 国际学术期刊出版集团提升实验结果可重复性的实践做法

1.1 威利集团的“注册报告”模式

威利于 1807 年在美国创立，历经两百多年的发展，目前已成为全球历史最悠久的学术图书出版商和第三大学术期刊出版商。2017 年，威利开始鼓励与支持一种“注册报告”新形式的出版格式，目的是增加科研实验过程的透明度和可重复性。在威利的大力推广下，斯普林格（SPRINGER）、爱思唯尔旗下的诸多期刊也开始接受注册报告，截止 2019 年 3 月，全球已有 168 本期刊采用注册报告，注册报告正在快速增长 [8]。

注册报告的起源是越来越多的人开始担心标准出版文章中有可疑性研究成果的发表，即选择性地报告一些“干净”的研究成果 [9]。作为一种新的文章出版形式，注册报告仅包含研究背后的基本原理和采用的研究方法（可能还包含试点数据）。与以往学者完成实验后再着手撰写论文发表相比，它鼓励学者提前向期刊提交研究思路与基本原理。注册报告的提交与审核流程共分为两个阶段：第一阶段是在科研人员开展实验前向期刊提交研究的基本原理与实验方法，期刊组织专家进行第一次同行评议，主要审核研究的重要性及涉及方法的正确性，如果同行评议的结果是正面的，这篇论文理论上已被该期刊接受，待研究结束后正式发表。第二阶段是在作者完成整个实验后，作者提交第二阶段的注册报告再次进行同行评议，审核实验具体内容，如果学者是按照第一阶段的实验计划继续进行，并取得了合适的结论，则期刊保证最终论文的顺利发表。其中，通过第一阶段的注册报告虽然理论上被期刊保证发表，但如果第二阶段的注册报告反映出作者未依据原有计划开展研究实验，则会被拒绝发表。具体流程如图 1 所示。

图 1 注册报告评议流程图

相较于之前论文发表的形式，注册报告更有利于促进科研人员专注于研究问题的重要性与方法的质量，提升科研成果的可重复性。具体的优势主要包含以下 3 个方面：

（1）注册报告提升了研究实验的透明度与可重复性。近年来接连出现的科研不端事件严重影响了社会公众对科学研究的可信度，越来越多的人开始质疑研究实验成果的真实性。注册报告这种新的出版格式大幅提升了科学研究的透明度，也可有效改善研究实验的可重复性。一般而言，由于论文篇幅限制，作者一般不会在文章中详细地披露实验细节，这在一定程度上也增加了实验数据造假的风险。但注册报告这种新的出版形式却在论文正式发表前，让专家对文章进行两次同行评议，通过对作者在注册报告中详细的研究数据及细节进行审议，对比两阶段注册报告的研究方向是否一致，确保研究的透明度与真实性。对于第一、二阶段的注册报告，很多期刊提倡发表并录入在线数据库中，作者有权决定是否公开。借助注册报告中详细的实验细节，提升了科研成果的可重现性。

（2）注册报告降低了选择性报告研究成果的机率。注册报告的产生不仅提升研究实验的可重复性，还进一步减少了作者对研究成果的选择性。首先，从作者角度而言，通过第一阶段的注册报告理论上即可获取最终文章的发表资格，这将鼓励作者专注于研究问题的重要性和方法的质量上，而不是被最终的实验结果所吸引。即便最终的研究成果是负面的、否定的，只要这个研究问题本身是重要的，无论研究结果的“是”与“否”，研究本身都是积极的、有价值的。正如前文所述，对于过分依赖假设检验及“预定式”结果的心理学实验而言，对研究方法与实验设计的鼓励将引导学者不再过分关注实验结果，间接规避了对实验数据的非正常拟合。其次，两次注册报告的对比审核也进一步减少了作者选择性报告研究成果的机率，注册报告还要求作者发布实验涉及的所有结果，相关描述的分析是否可以详细到复制实验结果，以考虑可能存在的“灵活性”偏差[9]。

（3）注册报告使该领域的其他专家提供早期的反馈机制。与以往在论文投稿并反馈专家意见相比，注册报告可以让审阅专家更早地提出有建设性的意见，以帮助作者在数据收集前对研究设计进行调整。这不仅节约了作者研究时所耗费的实验成本，也更有可能发表高质量和创新性的研究成果。

1.2 爱思唯尔集团的“STAR”方法

爱思唯尔创办于 1880 年，作为国际著名的医学与科学文献出版社之一，目前旗下出版期刊已达 2500 余种，代表性期刊如《柳叶刀》、《细胞》。2016 年，爱思唯尔开始创建并提倡一种新的“STAR”方法，用以替代论文中原有“实验流程”的章节。目前“STAR”方法已经在相关细胞医学期刊中广泛使用。

任何一项科学发现的背后都蕴含着详细而复杂的方法，既要为科学的发现提供准确的解释，又要为其他科学家的验证提供保障。随着整个科学研究界与资助机构对科学的严谨性和可重复性关注度的提升，爱思唯尔开始改进研究实验的描述形式，并创建了“STAR”方法。“STAR”方法是一种结构化、透明化地对实验

doi:10.3772/j.issn.2095-915x.2020.03.004

设计与方法细节进行描述的形式，其结构框架如表 1 所示。其中，“关键资源表”是“STAR”方法的核心要素，作者在关键资源表中需要提供研究中使用的关键试剂或资源的简要概述，如图 2 所示。与传统论文不同，关键资源表以结构化表格的形式标注了所用资源的来源及标识符，从而更加直观友好地展示实验关键信息。此外，“STAR”方法的内容还包括共享所用资源的联系方式、主要操作内容及研究方法细节、涉及的数据量化与统计分析内容 [10]。

表 1 STAR 方法结构框架表

结构框架内容	概述
关键资源表	提供研究中使用的关键试剂或资源的简要概述，包含名称、来源、标识符
试剂和资源共享联系	提供实验中负责相关试剂/资源人的联系方式
实验样本与主题细节	研究实验样本的主要操作内容与细节
研究方法细节	研究实验方法的内容细节
量化与统计分析	实验中涉及到的数据量化与统计描述
数据与软件使用	所使用的已有数据及软件操作流程

REAGENT or RESOURCE	SOURCE	IDENTIFIER
Antibodies		
Anti-β-Actin	Sigma-Aldrich, Inc.	RRID: AB_476697
Anti-ferritin heavy chain	Abcam, Cambridge, MA	RRID: AB_1310223
Anti-ferritin light chain	Abcam, Cambridge, MA	RRID: AB_10862715
Anti-mouse IgG	Sigma-Aldrich, Inc.	RRID: AB_258264
Anti-rabbit IgG	Sigma-Aldrich, Inc.	RRID: AB_258207
Anti-Transferrin Receptor	Invitrogen/Thermo Scientific	RRID: AB_2533029

图 2 关键资源表样图 [11]

如图 3 所示，与以往实验过程的描述相比，“STAR”方法的优势在于结构化、透明化、易访问化与研究方法的主导化 [12]。“STAR”方法以一种更加结构直观的方式鼓励作者展示研究实验所涉及到的所有细节，将所用资源、研究方法、主要研究内容及实验数据统计分析整合到不同的专用区域，让读者可以一目了然的获取自己所关注感兴趣的信息。同时，这一结构框架还有利于提醒作者提供实验涉及的特定信息，避免遗漏相关细节。在结构化框架的基础上，“STAR”方法的另一大优势是透明化。借助结构化框架，所有相关的实验样本资源与操作细节都变得更加清晰，有效提升了实验结果的可重复性。针对研究实验涉及到的相关样本资源

与软件工具，“STAR”方法要求作者提供来源信息，以便其他研究人员可以轻松追溯和理解。针对完整的在线版本，读者可以直观地通过链接访问涉及的资源与软件来源。例如，新增的试剂或资源联系模块提供了负责实验资源人员的联系方式，这有助于加强研究实验的问责制与资源共享，“STAR”方法的整体易访问性优势如图 4 所示。最后，“STAR”方法强调研究方法的主导性。随着越来越多的作者将实验方法及涉及资源“降级”到文章最后甚至省略，外部研究人员难以理解其实验操作过程，更难在文章基础上进一步扩展相关研究。“STAR”方法的目的是突出论文中实验过程的重要性，强调准确的研究方法与实验流程是科学研究的基础。

图 3 STAT 方法的优势图

Software and Algorithms

DoGPicker	Voss et al., 2009	http://emg.nysbc.org/redmine/projects/software/wiki/DoGpicker
Appion	Lander et al., 2009	http://emg.nysbc.org/redmine/projects/appion/wiki/Appion_Home
EMAN2	Tang et al., 2007	http://blake.bcm.edu/emanwiki/EMAN2
UCSF Chimera	Pettersen et al., 2004	http://www.cgl.ucsf.edu/chimera/
PRISM	GraphPad Software	Version 6

Contact for Reagent and Resource Sharing

Further information and requests for resources and reagents should be directed to and will be fulfilled by the Lead Contact, M. Javad Aman (javad@integratedbiotherapeutics.com). Distribution of patented antibodies (CA45 and FVM04) will require signing Material Transfer Agreement (MTA) in accordance with policies of Integrated BioTherapeutics.

Cell Lines

HEK293T (human [*Homo sapiens*] fetal kidney), Vero (African green monkey [Chlorocebus aethiops] kidney), U2OS (human [*Homo sapiens*] bone), and BHK-21 (Syrian golden hamster [Mesocricetus auratus] kidney) cells were all obtained from ATCC (https://www.atcc.org/). HEK293T cells were cultured in Dulbecco's Modified Eagle Medium (DMEM) supplemented with 10% fetal bovine serum and 100 I.U./mL penicillin and 100 μg/mL streptomycin. Vero and BHK-21 cells were cultured in Eagle's Minimum Essential Medium supplemented with 10% fetal bovine serum and 100 I.U./mL penicillin and 100 μg/mL streptomycin. U2OS cells were cultured in McCoy's 5a medium (GIBCO) supplemented with 10% fetal bovine serum and 100 I.U./mL penicillin and 100 μg/mL streptomycin. All cell lines were incubated at 37°C with 5% CO_2.

Data and Software Availability

For evaluation of epitope conservation sequences for 1,300 ebolavirus GP variants were retrieved from the NCBI Virus Variation Database: https://www.ncbi.nlm.nih.gov/genomes/VirusVariation. The sequences of CA45 antibody reported in this paper have been deposited at GenBank (GenBank: KY859862, KY859863). The CA45 EM data have been deposited at EMDB (EMDB: EMD-8694).

图 4 STAR 方法的易访问性样图 [13]

doi:10.3772/j.issn.2095-915x.2020.03.004

1.3 美国科学公共图书馆旗下期刊实行的“图像审核”策略

科学公共图书馆（the Public Library of Science，简称 PLOS）成立于 2001 年 11 月，作为科技人员和医学人员服务的非赢利性机构，致力于倡导研究文献的免费获取，引领研究交流的变革，目前旗下拥有 *PLOS ONE*、*PLOS BIOLOG* 等 7 种生命科学与医学领域的期刊。2019 年，PLOS 开始重新定义图像数据的提交标准，*PLOS ONE* 杂志率先实施。

生物医学的研究文献往往伴随着各式各样的图片，图像数据的真实性自然成为了出版期刊的关注重点。有研究表明，在生物医学和生命科学领域，4%~25% 的已发表文章可能存在图像的拼接、复制或伪造，以更好地支撑实验结果的可靠性 [14]。如图 5 所示，在 *PLOS ONE* 已发表的争议性文章中，原始图像数据的可支撑性往往较低 [15]。为了更好地提升科学研究的严谨性及可重复性，PLOS 重新制定了图像数据的审核策略，要求发表文章的作者附带原始印迹和凝胶数据的初始图像数据。原始图像数据将用于同行评议与编辑审核，如果文章被接收，则原始图像数据集将作为支撑信息发布或存储于公共数据库中。

图 5 出版后争议性文章中原始图像数据的可用性统计图

与之前的图像审核策略相比，新的图像审核策略指定了初始数据的种类，明确要求不可将文章中的发布图像作为样本图像取代原始数据，并将原始数据存储于公共数据库。通过严格把控原始图像数据的提交标准，PLOS 的“图像审核”策略进一步提升了研究过程的透明度和可重复性。借助清晰明确的原始数据，专家评阅者可以更好地评估研究实验的真实性与合理性，同时编辑者也可以更好地识别和理解评审结果的担忧，并在出版前解决诚实的数据报告错误。

1.4 其他学术期刊出版集团的类似性举措

除了威利、爱思唯尔与美国科学公共图书馆外，自然（NATURE）和科学（SCIENCE）等其他学术期刊出版商也在通过加强原始资料的审核来完善应对实验结果可重复性问题的举措。

SCIENCE 要求投稿作者提供论文相关的补充数据，包括与文章结论相关但因版面限制而未在印刷版发表的相关文本（如实验方法的介绍、原材料说明）、实验图片、表格、录像片段等，并严格按照论文同等标准进行审核，最后将合格的补充数据在旗下网络版的《科学在线》发表。作者可以自己选择补充数据的文件类型与大小，但必须要于论文本身相关，并有利于增加文章实验的深度与合理性解释。同样，NATURE 针对发文作者的原始数据集推出《科学数据》。作为在线出版的开放获取杂志，《科学数据》主要发表作者对应论文的原始数据集，并通过与原文的关联性、数据可重复性、严格同行评审、开放性等原则进行约束。此外，《科学数据》还强化了数据共享的作用，借助严格的同行评审将有价值的数据信息进行标记，鼓励其他学者的挖掘与关联。可以看出，通过对原始补充资料的严格审核与网络公布，NATURE 与 SCIENCE 进一步提升了实验结果的真实性与合理性。

2 几种实践做法的共性特点与不足

通过近几年的发展，威利的“注册报告”与爱思唯尔的“STAR”方法不断完善，逐步获得一些期刊的使用与推荐，科学公共图书馆也适时修订新的“图像审核”策略。分析它们的创新方法可以看出，虽然三个学术期刊出版机构在应对实验结果可重复性挑战方面的措施并不一致，但核心目的都是进一步加强科学研究过程的透明度，进而提升科研活动的客观性与严谨性，提高研究实验的可重复性。具体总结来看，在研究方法与实验设计的关注度、实验资源的可访问性与同行评议等方面都具有一定的共性特征。

2.1 突出研究方法与实验设计的重要性，提升实验流程的结构化

无论是威利开创的“注册报告”出版新形式还是爱思唯尔的“STAR”方法，它们创新的重点都在研究方法与实验设计环节。在“注册报告”中，作者主要是展示研究实验的思路与方法，只有详细地实验设计流程与潜在数据来源才能吸引专家的青睐，这进一步让研究人员把研究重心放在了研究方法与设计本身上。“STAR”方法通过改进实验流程，借助结构化的直观框架规范研究人员对实验细节的描述，侧面也是突出了实验过程的重要性。同时，在强化研究方法实验设计的过程中，自然就提升了实验过程的透明度，间接加强了对研究过程中实验数据的管理与存储，杜绝了以实验数据丢失而逃避潜在科研不端行为的可能。

2.2 着力提升实验具体信息的可获取性

实验结果的可重复性与实验用到的样本资源、初始数据及软件工具等是否一致息息相关。常有涉及科研不端行为的人员以实验涉及的样本试剂来源不符或软件版本不同逃避惩治。

doi:10.3772/j.issn.2095-915x.2020.03.004

“STAR”研究方法要求作者披露研究实验中的相关试剂样本、现有数据、使用到的软件工具等来源地址与负责相关资源的实验人员联系方式。PLOS 的 “图像审核”策略则将带有原始印迹的图像数据存储于公共数据库。通过公开这种来源信息或原始图像数据，相近领域的外部研究人员可以更好地理解和重现实验结果。

2.3 强调同行评议的创新性

同行评议是期刊审查学术论文的必经之路，其对学术论文是否发表的影响力不言而喻。2017 年 4 月，国内科研人员就爆发因同行评议造假而集中撤销所发表论文的科研不端事件[16]。威利的“注册报告”创新了传统的同行评议模式。借助“注册报告”将原本的一次同行评议过程转换为两次同行评议阶段，正式论文的发表需要经历两次审阅，这不仅增加了期刊对论文质量的把控力，也减少了同行评议造假的可能性。多阶段的同行评议可以对比研究前后是否一致，更好地确保研究的透明度与真实性。

2.4 存在的不足

从“注册报告”、“STAR”方法与新的“图像审核”策略的内容和特点可以看出，这三种创新方式在一定程度上可以减少实验结果不可重复性的问题，但作为一种新的探索模式，目前也有不足之处。对于注册报告而言，目前主要应用于特定的生物医学与心理学等受假设驱动的研究领域。同时，对于一些研究项目周期不长的资助性文章而言，在正式论文发表前提交两次注册报告审核的流程延长了出版周期，可能会出现项目结题而文章仍未发表的困境。由于注册报告还是一种年轻的出版格式，虽然已经得到部分学术期刊的使用，但仍有不少高质量的顶级期刊还未加入，一些期望在顶级期刊发表文章的初级科研人员可能不会选择注册报告的出版形式。对于“STAR”方法而言，由于鼓励尽可能地披露实验设计与方法细节，同时不限制“STAR”方法的内容长度，具体的实验设计与方法细节主要挂靠在期刊对应的网络版中，其他研究人员也方便借助链接直接访问相关来源信息，因此，“STAR”方法的优势需要借助在线版本才能充分发挥。至于新的“图像审核”策略，大量的原始数据可能会加重了评审专家的负担。此外，虽然威利、爱思唯尔和科学公共图书馆等出版商在实验数据的可获取性和同行评议流程的创新性方面进行了积极的探索，但结合传统的期刊评审手段来看，还应包括同行评审专家选取的科学性与审稿结论的可追溯性等，“STAR”方法两次的同行评议流程就突出了规范化选取科学性评审专家的重要性，进而更好地改善实验结果可重复性问题。

3 结语

在科技飞速发展，科研活动的复杂性、细分性、跨学科跨领域交叉性不断发展的今天，如何提升研究实验成果的可重复性，是世界科技界共同面临的重要议题。威利、爱思唯尔为代表的国际出版商，以及美国科学公共图书馆等带有出版职能的综合类科技文献机构都在进行探索和尝试，通过创新模式来强化研究方法与实验设计的科学性、提升实验过程的透明度。中国学术期刊目前在应对实验可重复性方面还

存在一定空白，建设经验尚显不足，需及时借鉴吸收国外期刊先进的建设经验，提升科研成果的可重现性，从而为科研与学术环境做出相应的贡献。

参考文献

[1] 河北科技大学 . 学校公布韩春雨团队撤稿论文的调查和处理结果 [EB/OL]. (2018-08-31) [2019-05-25]. http://fzghc.web.hebust.edu.cn/xzwyk/xzwykgzdt/98604.htm? from=groupmessage&isappinstalled=0.

[2] 闫坤如 , 李光 . 对科学研究中实验可重复性的反思 [J]. 长沙理工大学学报 (社会科学版), 2018, 33(6):1-6.

[3] Popper K R. The Logic of Scientific Discovery[M]. New York: Routledge, 2002.

[4] Open Science Collaboration. Estimating the reproducibility of psychological science [EB/OL]. (2015-08-28) [2019-05-26]. https://science.sciencemag.org/content/349/6251/aac4716.full.

[5] 仲晓波 . 心理学实验的可重复性 [J]. 心理科学 , 2015, 38(4):807-812.

[6] 林祥磊 . 论生态学实验可重复性与伪重复的关联 [J]. 科学技术哲学研究 , 2016, 33(1):102-107.

[7] 李艳红 , 彭超群 , 袁赛前 , 等 . 论科技期刊对学术不端行为的监管作用 [J]. 编辑学报 , 2016, 28(5):421-423.

[8] Chambers C D, Mellor D T. Protocol transparency is vital for registered reports[J]. Nature Human Behaviour, 2018.

[9] Nature Human Behavior. What next for registered reports [EB/OL]. (2018-11-06) [2019-05-26]. https://www.nature.com/articles/s41562-018-0477-2.

[10] Cell SYSTEMS. Welcoming STAR MethodsCell Systems [EB/OL]. (2016-09-28) [2019-05-26]. https://www.cell.com/action/showPdf?pii=S2405-4712%2816%2930297-6.

[11] Joshua D S, Zita A S, Kranti A M, et al. O^{2-} and H_2O_2- Mediated Disruption of Fe Metabolism Causes the Differential Susceptibility of NSCLC and GBM Cancer Cells to Pharmacological Ascorbate[J]. Cancer Cell, 2017, 31(4):487-500.

[12] Cell Press. Introducing STAR METHODS [EB/OL]. (2019-05-26) [2019-05-26]. https://www.cell.com/star-methods.

[13] Zhao X, Howell K A, HE S, et al. Immunization-Elicited Broadly Protective Antibody Reveals Ebolavirus Fusion Loop as a Site of Vulnerability[J]. Cell, 2017, 169(5):891-904.

[14] Bik E M, Casadevall A, Fang F C. The Prevalence of Inappropriate Image Duplication in Biomedical Research Publications[J]. mBio, 2016, 7(3): 9-16.

[15] Renee H. Redefining standards in image data reporting: A new policy at PLOS ONE and PLOS Biology requires raw blot and gel image data[EB/OL]. (2019-08-20) [2019-09-26]. https://blogs.plos.org/plos/2019/08/redefining-standards-in-image-data-reporting-a-new-policy-at-plos-one-and-plos-biology-requires-raw-blot-and-gel-image-data/.

[16] 科技部 . 学术期刊集中撤稿事件调查处理情况新闻通气会在京召开 [EB/OL]. (2017-07-27) [2019-09-28]. http://www.most.gov.cn/kjbgz/201707/t20170727_134289.htm.