



庞万勇，兽医学博士，中国实验动物学会认证的实验动物高级医师，美国实验动物医学会认证的实验动物专科兽医师（DACLAM），以及中国兽医病理学家分会认证的兽医病理师。中国实验动物学会常务理事、实验动物医师工作委员会主任委员、实验动物福利伦理专业委员会秘书长，中国合格评定国家认可委员会（CNAS）实验动物专业委员会委员，中华医学会医师培训工程——中华医学人文培训工程专家委员会委员，国际AAALAC认可委员会委员，世界兽医协会（WVA）理事（代表实验动物专科兽医师）。本科和硕士毕业于中国农业大学动物医学院，博士毕业于爱尔兰国立都柏林大学兽医学院，曾在丹麦哥本哈根大学从事实验动物医学博士后研究。现任赛诺菲公司全球研发中心转化体内模型研究平台总监，负责该公司在全球范围内动物实验外包和合作业务的动物福利合规事务，并协调该公司在中国的临床申报项目中的临床前研究部分。发表文章36篇，其中SCI文章20篇。



陶雨风，日本京都大学博士，中国合格评定国家认可委员会（CNAS）高级工程师。CNAS兽医领域实验室认可高管，动植物检疫专业委员会委员及秘书，主任评审员。国家认监委认证认可国际组织人才库专家，亚太认可合作组织（APAC）国际同行评审员。参与国家重点研发计划重点专项“食品安全检验在线质控系统研究2018YFC1603400”、基础科研条件与重大科学仪器设备研发2022年度重点专项“实验动物共性关键质量评价技术标准研究2022YFF0711000”等研究工作。主持制定认可文件CNAS-CL01-A013《检测和校准实验室能力认可准则在动物检疫领域的应用说明》、CNAS-CL01-A023《检测和校准实验室能力认可准则在实验动物检测领域的应用说明》和CNAS-CL01-A012、CNAS-CL01-A014、CNAS-GL043、CNAS-GL041等。近5年发表核心期刊论文15篇，主要研究方向为实验室认可技术及质量控制。

卢选成，研究员。本硕博毕业于中国农业大学动物医学院。2003年入职中国疾病预防控制中心，先后在设备与实验室管理处、实验室管理处、实验动物中心工作。2007年曾赴瑞典传染病控制所高等级生物安全实验室交流学习，2014年任中国疾病预防控制中心实验室管理处副处长兼实验动物中心主任，2019年任中国疾病预防控制中心实验动物中心副主任（主持工作），2023年任实验动物中心主任。主译美国兽医协会《动物安乐死指南》（2013、2020版），参编（译）著作10余部，发表论文40余篇。主要学术兼职有北京实验动物学学会生物安全专业委员会主任委员、中国实验动物学会理事，《实验动物科学》副主编等。2016年获中国实验动物学会科学技术奖优秀青年人才奖。



刘晓宇，病原生物学博士，毕业于中国疾病预防控制中心病毒病预防控制所。现于中国疾病预防控制中心职业卫生所动物室工作，并是本所实验动物管理与福利伦理审查委员会委员，以及本中心实验动物福利伦理委员会委员。专注实验动物福利伦理的理论和技术研究，致力于3Rs原则的推广和落实。同时，兼任北京实验动物学会理事，《实验动物科学》杂志编委，《实验动物与比较医学》期刊特邀云学术编辑。参与《动物实验人道终点评审指南》（RB/T 173—2018）、《动物实验安乐死技术规范》（RB/T 061—2021）等多项行业标准的起草，以及《实验动物管理与使用委员会工作手册》和《美国兽医协会动物安乐死指南》等书籍的翻译与审稿工作，在国内核心期刊发表多篇实验动物技术及实验动物福利相关论文。



《动物研究：体内实验报告》即ARRIVE 2.0指南的解释与阐述（三）

刘晓宇¹，卢选成²，师晓萌²，张雨舟²，吕超²，陈国元³，卢晓⁴，白玉⁵，高静⁶，李焱⁷，刘永刚⁸，陶雨风⁹，庞万勇¹⁰

[基金项目] 国家重点研发计划“实验动物共性关键质量评价技术标准研究”（2022YFF0711000）；中国科学技术期刊编辑学会2023年翰笔计划医学中青年编辑科研项目“动物实验医学研究及报告规范化的国际对标（指南汉化推广）”（HBJH-2023-A16）

[第一作者] 刘晓宇（1979—），女，病原生物学博士，副研究员，研究方向：实验动物医学。E-mail: liuxy@niohp.chinacdc.cn；卢选成（1977—），男，兽医博士，研究员，研究方向：实验动物与生物安全。E-mail: luxc@chinacdc.cn

[通信作者] 陶雨风（1970—），女，博士，高级工程师，研究方向：分子免疫学。E-mail: taoyf@cnas.org.cn。ORCID: 0000-0003-1925-1048；庞万勇（1974—），男，博士，研究方向：实验动物医学。E-mail: pang1yong@outlook.com。ORCID: 0000-0002-0724-2016

(1. 中国疾病预防控制中心职业卫生与中毒控制所, 北京 100050; 2. 中国疾病预防控制中心实验动物中心, 北京 102206; 3. 中国科学院分子细胞科学卓越创新中心动物实验技术平台, 上海 200031; 4. 迪哲医药股份有限公司, 上海 201203; 5. 北京诺和诺德医药科技有限公司, 北京 102206; 6. 上海交通大学医学院临床研究中心, 上海 200025; 7. 上海交通大学医学院实验动物科学部, 上海 200025; 8. 中国农业科学院哈尔滨兽医研究所, 哈尔滨 150001; 9. 中国合格评定国家认可中心, 北京 100062; 10. 赛诺菲公司全球研发中心转化体内模型研究平台, 北京 100022)

[摘要] 提高生物医学研究结果的可重复性是一项重大挑战, 研究人员透明且准确地报告其研究过程有利于读者对该研究结果的可靠性进行评估, 进而重复该实验或在该成果的基础上进一步探索。ARRIVE 2.0 指南是英国国家 3Rs 中心 (NC3Rs) 于 2019 年组织发布的一份适用于任何与活体动物研究报告相关的指导性清单, 用以提高动物体内实验设计、实验实施和实验报告的规范性, 以及动物实验结果的可靠性、可重复性和临床转化率。ARRIVE 2.0 指南的使用不仅可以丰富动物实验研究报告的细节, 确保动物实验结果信息被充分评估和利用, 还可以使读者准确且清晰地了解作者所表述的内容, 促进基础研究评审过程的透明化和完整性。目前, ARRIVE 2.0 指南已经被国际生物医学期刊广泛采纳。本文是在国际期刊遵循 ARRIVE 2.0 指南的最佳实践基础上, 对 2020 年发表于 *PLoS Biology* 期刊上的 ARRIVE 2.0 指南完整解读版 (原文请见 <https://arriveguidelines.org>) 进行中文编译 (第三部分包括“关键 10 条”里的第 8~10 条: “实验动物”、“实验步骤”和“结果”部分), 以期促进国内研究人员充分理解并使用 ARRIVE 2.0 指南, 提高实验动物研究及报告的规范性, 助推我国实验动物科技与比较医学研究的高质量发展。

[关键词] 动物实验; ARRIVE 2.0 指南; ARRIVE 关键 10 条; 实验动物; 实验步骤; 实验结果
[中图分类号] R-332; Q95-33 **[文献标志码]** E **[文章编号]** 1674-5817(2023)04-0446-11



Explanation and Elaboration for the ARRIVE Guidelines 2.0— Reporting Animal Research and *In Vivo* Experiments (Ⅲ)

LIU Xiaoyu¹, LU Xuancheng², SHI Xiaomeng², ZHANG Yuzhou², LÜ Chao², CHEN Guoyuan³, LU Xiao⁴, BAI Yu⁵, GAO Jing⁶, LI Yao⁷, LIU Yonggang⁸, TAO Yufeng⁹, PANG Wanyong¹⁰

(1. National Institute for Occupational Health and Poison Control, Chinese Center for Disease Control and Prevention, Beijing 100050, China; 2. Laboratory Animal Centre, Chinese Center for Disease Control and Prevention, Beijing 102206, China; 3. Animal Core Facility, Center for Excellence in Molecular Cell Science, Chinese Academy of Science, Shanghai 200031, China; 4. Dizal Pharmaceuticals Co., Ltd., Shanghai 201203, China; 5. Novo Nordisk Research Centre China, Beijing 102206, China; 6. Clinical Research Institute, Shanghai Jiao Tong University School of Medicine, Shanghai 200025, China; 7. Department of Laboratory Animal Science, School of Medicine, Shanghai Jiao Tong University, Shanghai 200025, China; 8. Harbin Veterinary Research Institute, Chinese Academy of Agricultural Sciences, Harbin 150001, China; 9. China National Accreditation Service for Conformity Assessment, Beijing 100062, China; 10. Translational *In Vivo* Model Research Platform, Sanofi G&D, Beijing 100022, China)

Correspondence to: TAO Yufeng (ORCID: 0000-0003-1925-1048), E-mail: taoyf@cnas.org.cn;

PANG Wanyong (ORCID: 0000-0002-0724-2016), E-mail: pang1yong@outlook.com

[ABSTRACT] Improving the reproducibility of biomedical research results is a major challenge. Researchers reporting their research process transparently and accurately can help readers evaluate the reliability of the research results and further explore the experiment by repeating it or building upon its findings. The ARRIVE 2.0 guidelines, released in 2019 by the UK National Centre for the Replacement, Refinement and Reduction of Animals in Research (NC3Rs), provide a checklist applicable to any *in vivo* animal research report. These guidelines aim to improve the standardization of experimental design, implementation, and reporting, as well as the reliability, repeatability, and clinical translatability of animal experimental results. The use of ARRIVE 2.0 guidelines not only enriches the details of animal experimental research reports, ensuring that information on animal experimental results is fully evaluated and utilized, but also enables readers to understand the content expressed by the author accurately and clearly, promoting the transparency and integrity of the fundamental research review process. At present, the ARRIVE 2.0 guidelines have been widely adopted by international biomedical journals. This article is a

Chinese translation based on the best practices of international journals following the ARRIVE 2.0 guidelines in international journals, specifically for the complete interpretation of the ARRIVE 2.0 guidelines published in the *PLoS Biology* journal in 2020 (original text can be found at <https://arriveguidelines.org>). The third part of the article includes the items 8-10 of ARRIVE 2.0 Essential 10, which covers "experimental animals" "experimental procedures" and "results". Its aim is to promote the full understanding and use of the ARRIVE 2.0 guidelines by domestic researchers, enhance the standardization of experimental animal research and reporting, and promote the high-quality development of experimental animal technology and comparative medicine research in China.

[Key words] Animal experiment; ARRIVE 2.0 guidelines; ARRIVE essential 10; Experimental animals; Experimental procedures; Experimental results

PLoS Biology 期刊于 2020 年发表了 ARRIVE 2.0 指南完整解读版（原文请见 <https://arriveguidelines.org>）。该解读版是一份适用于与活体动物研究报告相关的，用以指导实验设计、实施、报告等整个动物实验研究过程规范性的内容清单和详解说明。《实验动物与比较医学》于 2023 年第 43 卷第 1~3 期分别介绍了动物实验研究报告的国际指南 ARRIVE 2.0 基本情况及期刊实施计划^[15]，ARRIVE 2.0 指南即《动物研究：体内实验报告》的解释和阐述第 1~2 部分^[103-104]，后者是基于国际期刊遵循 ARRIVE 2.0 指南的最佳实践，对该指南解读版原文前言和“关键 10 条”里的条目 1~7 进行了中文编译。本文将继续对“关键 10 条”里的条目 8~10，包括“实验动物”、“实验步骤”和“实验结果”等部分进行相应编译介绍，以期促进国内研究人员充分理解并使用 ARRIVE 2.0 指南，提高动物实验研究及报告的规范性。

1.8 条目 8: 实验动物

1.8.1 子条目 8a: 提供使用动物种类的详细资料, 包括物种、品系、亚系、性别、年龄或发育阶段, 以及重量 (若相关)

解释: 动物的种属、品系、亚系、性别、体重、年龄是影响大多数实验结果的关键因素^[105-109]。报告所使用动物的特征相当于报告标准化的人类患者人口学数据；这些数据支持研究结果的内部和外部有效性，有助于其他研究人员对实验进行重复，以及对研究结果进行汇总分析。此外，报告实验动物种类还使读者能够评估实验所选动物的特征是否与研究目标相关。

文章中对动物年龄和体重进行阐述时，应包括每个实验组的汇总统计数据（如平均值及标准差），若可能，还应说明个体的基线数据（可作为补充信息或可访问的公共数据库链接）。由于动物体重的数据会随实

验进程而变化，因此应注明体重测量的具体时间。对于大多数动物，准确说明实验动物的年龄比描述其发育状态能包含更多的信息量，例如被称为成年小鼠的界定范围可能从 6~20 周龄不等^[110]。然而，在某些情况下，具体阐明动物的发育阶段比实际年龄包含的信息可能更多，例如幼年非洲爪蟾的发育程度可通过孵化温度来控制^[111]。

并不是所有研究项目都可以准确报告所使用动物的体重和性别。如对于某些动物而言，其胚胎或幼体的性别可能是未知的；对某些水生动物，测量其体重可能造成严重应激。如果预期可以获得动物及实验环境的上述特征信息，却在文中未描述的，需说明理由。

报告示例 1: “本实验共使用 119 只雄性小鼠：C57BL/6 OlaHsd 小鼠 ($n=59$) 以及 BALB/c OlaHsd 小鼠 ($n=60$)，均来自 Harlan 实验室（荷兰 Horst）。进行高架十字迷宫（the elevated plus maze, EPM）测试时，两种品系的小鼠均为 13 周龄，体重分别为 (27.4 ± 0.4) g 及 (27.8 ± 0.3) g（平均值 $\pm$ 标准误）”^[112]。

报告示例 2: “爪蟾原肠胚的组蛋白甲基化谱和转录组分析时，使用针对三甲基化的 H3K4 和 H3K27 特异性抗体，采用染色质免疫沉淀技术（chromatin immunoprecipitation, ChIP）制作爪蟾的原肠胚（Nieuwkoop-Faber 分期 11~12 阶段）表观遗传谱，然后进行深度测序。此外，对 polyA-选择的 Nieuwkoop-Faber 分期 10~13 阶段原肠胚 RNA 进行反转录和测序”^[113]。

1.8.2 子条目 8b: 提供进一步的相关信息, 如动物来源、健康/免疫状态、基因修饰状态、基因型和任何在先前实验中的使用情况等

解释: 动物来源、动物健康或免疫状况，以及该动物之前是否进行过其他测试或实验，这些情况均可

能对动物的生理与行为产生影响,也会影响它们经实验处理所产生的反应,从而对研究结果造成影响。如不同来源的同一品系动物,或同一来源但不同时间获得的动物,其基因可能是有差异的^[16]。动物的免疫状况或携带微生物状况也会对动物福利、实验变异性及科学结果造成影响^[114-116]。

应报告所使用动物的健康状况及其曾经接受的所有实验研究。例如,若所使用动物为无特定病原体(specific pathogen-free, SPF)级动物,应列举该动物的哪些病原体为阴性。如无法明确其健康状况或未进行检测,则应予以说明。

对基因修饰动物,应描述其基因修饰状态(如敲除或过表达)、基因型(如纯合或杂合)、所操作的基因、用于创建该动物的遗传学方法和技术、基因修饰是如何确认的,以及对照组动物的相关情况(如同窝对照^[117])。

报告正确的动物命名对于理解数据和确保研究可被发现及可重现是至关重要的^[118-120]。对于不同动物的标准命名法,相关资源库如下:(1)小鼠——国际标准化遗传命名委员会(<https://www.jax.org/jax-mice-and-services/customer-support/technical-support/genetics-and-nomenclature>);(2)大鼠——大鼠基因组和命名委员会(<https://rgd.mcw.edu/>);(3)斑马鱼——斑马鱼信息网(<http://zfin.org/>);(4)非洲爪蟾——非洲爪蟾数据库(<http://www.xenbase.org/entry/>);(5)果蝇——果蝇数据库(<http://flybase.org/>);(6)秀丽隐杆线虫(*Caenorhabditis elegans*)——线虫数据库(<https://wormbase.org/>)。

报告示例1:“设计了一个结构体,用于将miR-128(miR-128-3p)基因敲入Rosa26位点。Rosa26基因组DNA片段(分别为~1.1 kb和~4.3 kb位置的5'和3'同源臂)是从C57BL/6 BAC小鼠的DNA中扩增而来,通过融合克隆技术(in-fusion cloning)依次克隆到pBasicLNeoL载体上,并通过测序确认。miR128基因(在tetO的最小启动子控制下)也被克隆到载体中,位于两个同源臂之间。此外,靶向结构体还包含了1个位于新霉素抗性基因盒侧翼的loxP位点(用于阳性筛选),以及1个白喉毒素A亚基(diphtheria toxin A, DTA)基因盒(用于阴性筛选)。使用ClaI线性化载体,以电穿孔的方法转入C57BL/6N小鼠的胚胎干细胞(embryonic stem cells, ES)。在G418筛选后,通过PCR筛选,从121个G418抗性克隆中鉴定出了7个阳

性克隆。扩增了其中6个阳性克隆,使用Southern印迹杂交法进一步分析,其中4个克隆的单拷贝整合被鉴定为打靶正确。委托美国Cyagen Bioscience公司将靶向正确的ES细胞克隆注入囊胚,并将该囊胚植入假孕小鼠体内,用以产生嵌合体小鼠。将雄性嵌合体小鼠与Jackson实验室的Cre缺失C57BL/6小鼠进行交配,以期得到无新霉素敲入的小鼠。PCR分析证实了miR-128基因盒的正确敲入和新霉素基因盒的成功去除,所使用的引物见于补充列表”^[121]。

报告示例2:“C57BL/6J(Jackson)小鼠由Charles River实验室提供。C57BL/6JolaHsd(Harlan)小鼠由Harlan实验室提供。 α -突触核蛋白敲除小鼠由英国卡迪夫大学某某教授提供,是回交12代的同类C57BL/6JCrI小鼠。TNF $\alpha^{-/-}$ 小鼠由北爱尔兰贝尔法斯特女王大学某某博士提供,与最初来自Bantin & Kingman的纯合C57BL/6J品系小鼠近交,通过打靶C56BL/6小鼠的ES细胞而产生。T286A小鼠由加州大学洛杉矶分校某某教授提供,这些小鼠最初是回交5代的同类C57BL/6J小鼠,然后近交繁殖(近亲交配)14年以上,其间在3个不同场合与C57BL/6JolaHsd小鼠进行杂交”^[122]。

1.9 条目9:实验步骤

对于每个实验组(包括对照组),详细描述足够的实验细节有助于其他研究人员重复该实验,包括:

1.9.1 子条目9a:内容(做了什么)、方法(怎么做的)、材料(用了什么)

解释:手稿中需描述的基本信息有:造模流程(如疾病的诱导)、结果测量流程、实验前和实验后的操作流程(包括动物抓取、福利监测和安乐死)。动物抓取是动物应激的可能来源,所用的特定方法(如通过抓尾巴或用手捧来抓取小鼠)会影响研究结果^[61,123-124]。有关该流程中基本的动物护理和监测的详细信息,将在推荐11条的第6项“动物照护和监测”中进一步详细讨论。应提供足够的操作细节,使其他人能重复这些方法,并强调所使用的质量保证和质量控制措施^[125-126]。建议使用含有时间表的实验流程示意图,可以清楚地概述研究是如何进行的。表2示例描述了不同类型的干预措施及其使用资源的相关信息。

建议将实验所使用的试剂和工具用其研究资源识别码(research resource identifier, RRID)(如果有)进行标记^[128-129]。RRID唯一且稳定,可以明确识别研究

表2 报告特定类型的实验流程和资源时要包含的信息示例

Table 2 Examples of information to include when reporting specific types of experimental procedures and resources

编号 No.	实验流程 Procedures	实验资源 Resources
1	药理研究(包括干预和对照)	细胞系
	● 药物配方	● 鉴别
	● 剂量	● 来源
	● 体积	● 验证和认证
	● 浓度	● RRID ^[128-129]
	● 给药部位和途径	
	● 给药频率	
	● 溶媒或载体溶液的配方和体积	
	● 任何可以表明所使用的药剂到达靶组织的证据	
2	外科手术(包括假手术)	试剂(如抗体、化学品)
	● 手术过程描述	● 制造商
	● 使用的麻醉剂(包括上文药理研究部分所列剂量及信息)	● 供应商
	● 术前和术后镇痛方案	● 目录号
	● 术前程序(如禁食)	● 批号(如适用)
	● 无菌术	● 药物纯度(如适用)
	● 监测(如评估手术麻醉状况)	● RRID
	● 流程是否是终末性质的	
	● 术后程序	
	● 手术持续时间和麻醉持续时间	
3	病原体感染(包括干预和对照)	设备和软件
	● 传染性病原体	● 制造商
	● 感染最高剂量	● 供应商
	● 溶媒或载体溶液的配方和体积	● 型号/版本号
	● 感染部位和途径	● 校准程序(如适用)
	● 感染时间或频率	● RRID
4	安乐死	
	● 安乐死方法,包括该方法遵循的人道标准,如 AVMA ^[127]	
	● 药剂(如使用)(包括上文药理研究部分所列剂量及信息)	
	● 安乐死前或安乐死期间为减轻疼痛和痛苦而采取的任何措施	
	● 安乐死的时间	
	● 安乐死后收集的组织及其时间	

注: AVMA, 美国兽医协会; RRID, 研究资源识别码 (<https://doi.org/10.1371/journal.pbio.3000411.t001>)。

Note: AVMA, American Veterinary Medical Association; RRID, Research Resource Identifier (<https://doi.org/10.1371/journal.pbio.3000411.t001>).

中使用的试剂或工具,从而帮助其他研究人员重复这些实验。

详细步骤也可在线保存和共享,如使用 Protocols.io 平台^[130]。该平台为研究方案分配了数字对象标识符(digital object identifier, DOI),并允许在研究方案与出版物之间交叉引用。

报告示例 1:“图 4 显示了器材准备、稳定、休克/损伤和复苏的时间轴。动物(猪)在手术前禁食 18 h,但可自由饮水。手术当天早上,猪在猪圈中使用噻他胺-唑拉西洋(Telazol[®]; 5~8 mg/kg 肌内注射;购自美国 Kalamazoo MI 的 Zoetis Inc. 公司)镇静,称重后用异氟醚(3%,平衡 100%O₂)面罩麻醉,送至实验室。

耳缘静脉设置留置针,注射阿托品(0.02 mg/kg 静脉滴注;购自美国 Lenexa KS 的 Sparhawk 实验室)和丁丙诺啡(3 mg/ml 静脉注射;购自美国 Laramie WY 的 ZooPharm 公司)进行预防镇痛。应用眼药膏(Puralube[®]购自美国 Fera Pharmaceuticals 公司)防止角膜干燥。动物背卧位插管,使用带套囊的 6 或 7 Fr 气管插管。异氟醚维持麻醉(1%~1.5%; 21%~23%O₂,平衡 N₂)。在口腔内放置兽医脉搏血氧测量仪(购自美国 Irvine CA 的 Masimo 公司,型号: Radical-7)来监测血氧饱和度(saturation of peripheral oxygen, SpO₂)和心率(heart rate, HR)。用直肠探头监测核心温度,并通过在动物身下放置用微处理器控

制的反馈式水毯 (Blankertrol[®]BlI 购自美国 Cincinnati OH 的 Cincinnati Sub-Zero 公司), 使核心温度保持在 36.5 ~ 38 °C。实验期间, 每 5 min 通过

反射 (角膜触诊、踏板屈曲、冠状动脉夹片) 反应和监测重要生命体征 (SpO₂、心率、核心温度) 评估麻醉深度”^[131]。

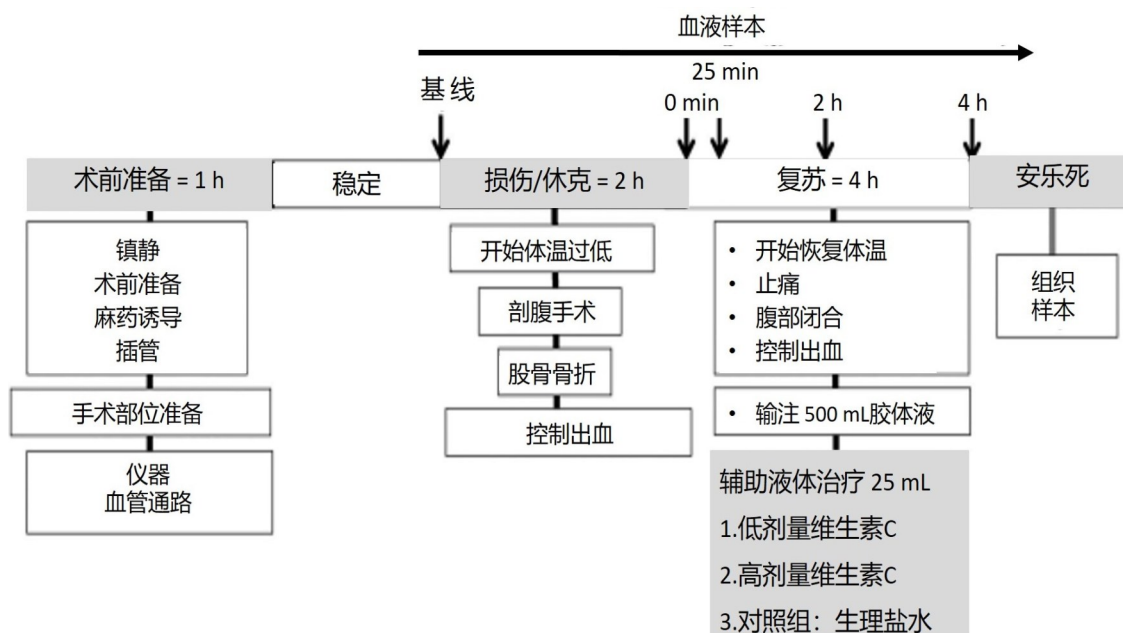


图4 参考文献[131]的实验安排时间轴

Figure 4 Experimental time line in reference [131]

报告示例 2: “对于饮食诱导的肥胖模型 (diet-induced obesity, DIO), 8 周龄的雄性小鼠可随意饮水, 并饲喂标准脂肪饲料 (standard fat diet, SFD) (10.9 kJ/g) 或西式高脂饲料 (western high-fat diet, HFD) (22 kJ/g); 热量中 42% 来自脂肪, 43% 来自碳水化合物, 15% 来自蛋白质; E15721-34, 德国 Soest 的 Sniff 公司) 持续 15 周”^[132]。

报告示例 3: “将冷冻的肾组织溶解后, 使用 Pierce BCA 测定试剂盒 (目录号 23225; 购自美国 Rockford IL 的 Thermo Fisher Scientific 公司) 测定蛋白质浓度。在 6% ~ 12% 的 SDS-PAGE 凝胶上分离了总共 100 ~ 150 μg 蛋白, 然后将这些蛋白质转移到硝酸纤维素膜上。在室温下用 5% 的脱脂牛奶封闭 1 h, 并与针对以下蛋白质的一抗在 4 °C 孵育过夜: 增殖细胞核抗原 (proliferation cell nuclear antigen, PCNA) (Cat# 2586, RRID: AB_2160343), 磷酸化单磷酸腺苷活化蛋白激酶 (adenosine monophosphate-activated protein kinase, AMPK) (Cat#2531, RRID: AB_330330), 磷酸化哺乳动物雷帕霉素靶蛋白 (mammalian target of rapamycin, mTOR) (Cat# 2971, RRID: AB_330970) 购自美国 Danvers MA 的 Cell Signaling Technology 公司。

β-肌动蛋白 (Cat# A5441, RRID: AB_476744) 抗体是从美国 Sigma 公司获得。随后用稀释比例为 1 : 1 000 的辣根过氧化物偶联抗小鼠 (Cat# A0216) 或抗兔 IgG (Cat# A0208; 购自中国北京的 Beyotime Biotechnology 公司) 检测印迹。通过增强化学发光显示免疫反应条带, 并使用 Image J 软件 (RRID: SCR_003070, Bio-Rad 实验室) 进行密度测定”^[133]。

1.9.2 子条目 9b: 时间和频次

解释: 清楚地报告实验流程和测量的频次和时间, 包括明暗周期 (如 12 明 : 12 暗)、昼夜节律时间线 (如上午 8 : 00 点亮灯) 和实验时间顺序 (如基线和每次测量之间的间隔, 或程序和测量之间的间隔)。除了先天的昼夜节律, 这些变量也会影响实验动物研究结果, 例如行为、生理和免疫学参数^[134-135]。除此之外, 还需报告评估动物福利的时间和频次, 同时考虑动物正常的活动模式 (参见推荐 11 条的第 6 项 “动物照护和监测”)。如夜间活动的动物可能不会在白天表现出不适的行为迹象^[136]。

如果实验流程或测量时间因动物而异, 可将每只动物的这类信息在补充表中列出。

报告示例 1: “每 5 min 记录一次血压、心率、血氧

饱和度和采血量。在基线（受伤前）、0 min（受伤后立即）以及30 min和60 min后抽取血样”^[137]。

报告示例2：“在禁食5 h（上午7：30—12：30）后，清醒和自由活动的小鼠被随机分配，如上述。对同一只小鼠进行3次连续的保定测量，每次高胰岛素血症/低血糖组（mHypo， $n=6$ ）或高胰岛素血症/正常血糖组（mEugly， $n=4$ ）保定测量后恢复2 d”^[138]。

1.9.3 子条目9c：地点（包括任何适应期的细节）

解释：在应激事件（如在供应商、动物设施、手术室和实验室之间运输）后、实验开始前的适应期可稳定动物的生理反应^[139–140]。适应方案因物种、品系和检测指标而异，例如不同动物运输后的生理适应可能需要24 h到1周以上的不等^[141]。实验操作前的适应可使动物在经历非常规操作、新环境和之前程序（如保定）后的反应得到稳定，否则会诱发行为和生理变化^[142–143]。

标准的适应期可能因实验室而异，读者无法推断出此信息。因此，还应说明进行研究的地点（如专用实验室或动物设施、动物原本的笼盒、开放场地、水迷宫），以及生理/程序适应期是否包含在研究方案中（包括其类型和持续时间）。如果研究涉及多个地点，则明确说明每个实验和样本分析是在哪里进行的。如开展研究的实验室须为被认证实验室，应说明实验室的认证情况（如样品送到商业实验室进行分析）。

报告示例1：“鱼被单独饲养1周后，在调节箱内连续适应饲养2 d。调节水箱由一个尺寸为20 cm（宽）×15 cm（高）×30 cm（长）的不透明水箱组成，其中装有2.5 L的水族箱水，水箱两端的壁上有明显的视觉提示（斑点或条纹）。在适应饲养过程中，每条鱼都被放置在调节水箱中20 min，鱼可自由进入两个隔间，然后回到其原来的水箱中”^[144]。

1.9.4 子条目9d：原因（提供进行这些程序的理由）

解释：对于任何给定的研究问题，可能有许多不同的研究方法。因此，解释为何选择某一特定研究程序或技术很重要。当程序新颖，或是某个实验室特有的，又或是受动物模型或实验设备限制（如由动物大小决定给药途径^[145]），这时做原因说明就更加重要。

报告示例1：“由于小鼠尾静脉很细，尾静脉内注射时常出现部分静脉旁注射。这可能会使不同条件下¹⁸F-氟代脱氧葡萄糖（¹⁸F-fluorodeoxyglucose，¹⁸F-FDG）生物分布的比较产生显著的偏差。因此，本研究使用腹腔注射¹⁸F-FDG的方法进行实验，以评估动

物处理对¹⁸F-FDG生物分布的影响”^[146]。

报告示例2：“由于非洲爪蟾的卵母细胞比受精卵具有更高的同源重组潜力，我们接下来测试了宿主转移方法是否可有效地用于同源重组修复（homology-directed repair，HDR）介导的基因敲入。本研究以非洲爪蟾Ctnnb1（ β 连环蛋白，这是一个关键的细胞骨架蛋白，也是典型的Wnt通路的效应物）的c端为目标；因为之前研究表明，在c端添加表位标签不会影响所产生的融合蛋白的功能。将规律成簇间隔短回文重复序列（clustered regularly interspaced short palindromic repeat，CRISPR）成分注射到非洲爪蟾卵母细胞中，然后进行宿主移植或胚胎注射”^[147]。

1.10 条目10：实验结果

对于实施的每个实验，包括独立重复性实验，应报告：

1.10.1 子条目10a：对每个实验组的总结/描述性统计。如果适用，应报告变异度〔如均值和标准差，或中位数和范围（即极差/全距）〕

解释：总结/描述性统计可对数据提供快速而简单的描述；它们可以轻松地传达量化结果，有助于可视化呈现。对于连续性数据，这些描述集中趋势的指标（如平均值、中位数）以及描述变异度的指标（如四分位数、极差/全距和标准差），可以帮助读者评估所收集数据的精确性。分类数据可以表示为计数、频率或是比例。

应报告所有实验的数据。如果在不同日期或不同条件下进行重复性实验，则报告所有重复性实验的结果，而不是从代表性实验中选择性报告。报告每组实验单元的确切数量，以便读者可以评估结果的可靠性（见关键10条的条目2“样本量”和条目3“纳入和排除标准”）。应以文本、表格或图表的形式清晰地呈现数据，以便今后对信息进行评估或提取，以及荟萃分析（Meta-analyses）^[148]。报告描述性统计量时，应同时报告各组明确的变异性指标。示例1展示了以平均值和标准差形式汇总的数据，括号中为全距（表3）。示例2以中位数和四分位间距作箱形图，这是呈现连续数据的一种实用方法（图5）。

报告示例1：“新种类微小型科菲林微蟾（Cophyline microhylids）是科学家在印尼婆罗洲岛屿雨林中发现的新青蛙物种，表3列出了各种微小型科菲林微蟾的生物声学参数”^[149]。

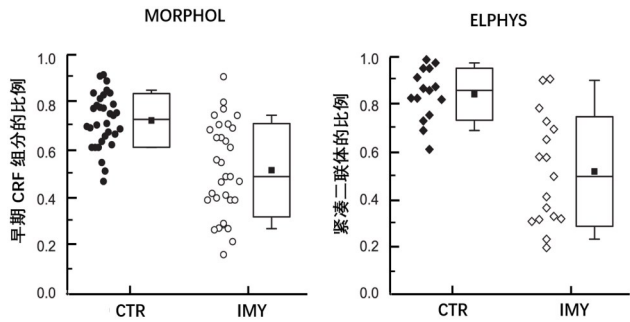
表 3 新种类微小型科菲林微蟾的生物声学参数 (译自参考文献[149])

Table 3 Bioacoustic parameters of new species of miniaturised cophyline microhylids (reproduced from reference [149])

新种类 New species	主频率 Dominant frequency/Hz #	鸣声时间 Call duration/ ms*	鸣声间隔 Inter-call interval /ms*	音节持续时间 Note duration /ms*	音节间隔 Inter-note interval/ms/	音节次数 Notes per series	分析注释 Notes analysed*
最小迷你蛙 <i>Mini mum</i> gen. et sp. nov.	8 089±140 (7 676~8 306)	74.8±7.0 (57~87)	4 299.8±1 604.9 (3 136~10 139)		na	na	n=35
极小迷你蛙 <i>Mini scule</i> gen. et sp. nov.	6 675±64 (6 549~6 768)	121.9±8.7 (108~140)	1 905.1±398.3 (1 589~4 122)		na	na	n=51
比例钻蛙 <i>Rhombophryne proportionalis</i> sp. nov.	5 460±117 (5 166~5 732)	1 328.0±284.1 (905~1 765, n = 6)	62 753±20 613 (38 952~74 744, n = 3)	45.4±8.2 (27~60)	63.0±9.0 (45~88)	13±3 (9~17, n=6)	n=79
卓越无齿蛙 <i>Anodonthyla eximia</i> sp. nov.	8 406±78 (8 349~8 540)	59.6±6.5 (53~68)	3 749.0±1 149.9 (2 654~5 172)		na	na	n=5
米埃尔蓝蛙 <i>Stumpffia mieri</i>	8 057±137 (7 751~8 225)	73±12 (51~88)	3 102±456 (2 679~4 247)		na	na	n=10

注: na 指不适用; *数据以平均值±标准差表示, 括号中为全距; *指在除 *R.proportionalis* 外的所有物种中, 鸣叫都由单个音节组成。因此在这些物种中, 鸣声持续时间与音节持续时间是相同的。

Note: na, not applicable; *The data is represented by mean±standard deviation, with full range in parentheses; *In all species except *R. proportionalis* calls consist of a single note according to the definition herein, and in these species call duration is therefore synonymous with note duration.



注: CRF, 钙释放通量。MORPHOL, 通过电子显微镜图像的形态测定法估计的紧密二分体分数。ELPHYS, 通过拟合积分荧光信号记录估计的早期 CRF 组分的分数。CTR, 对照组大鼠心肌; IMY, 损伤组大鼠心肌。箱形图显示 25%、50% 和 75% 百分位数; 晶须显示 10% 和 90% 百分位数。实心正方形表示平均值。

Note: CRF, calcium release flux. MORPHOL, fractions of compact dyads estimated by morphometry from electron microscopic images. ELPHYS, fractions of the early CRF components estimated by fitting records of integral fluorescence signals. CTR, control myocardium; IMY, injured myocardium. Box plots show the 25%, 50% and 75% percentiles; whiskers show 10% and 90% percentile. Solid squares denote the means.

图 5 参考文献[150]所示心肌细胞钙释放中未受干扰成分的分
Figure 5 Fractions of the unperturbed elements of calcium release in cardiac myocytes reproduced from reference[150]

报告示例 2: “心脏兴奋-收缩耦合依赖于‘偶联物’, 即心肌细胞的细胞内钙突触, 质膜接触肌浆网

后, 电兴奋触发钙释放。配对钙离子通道蛋白的形态和局部钙释放的动力学变化很大。使用两因素方差分析检验偶联物结构和功能之间的相关性” [150]。

1.10.2 子条目 10b: 如果适用, 应报告效应量及其可信区间

解释: 在使用推断统计学的假设检验研究中, 研究者经常将统计学显著性和小的 *P* 值与生物学或临床重要性混淆 [151]。统计学显著性通常被量化, 并根据预先指定的阈值进行评估, 通常情况下以 *P* < 0.05 作为判断标准。但是, 统计学显著性受样本量和数据变异性的影响很大 (见关键 10 条中条目 2 “样本量”)。研究者须考虑观察到的效应大小以及是否是生物学相关的变化。

动物研究中经常不报告效应大小, 但其与探索性研究和假设检验研究均相关。效应量是估计组间差异大小或变量间关系强度的定量指标, 可用于评估所收集数据的模式, 并对样本来源的更广泛群体作出推断。效应量的置信区间表明了效应估计的精确度, 并向读者展示效应强度 [152]。在统计功效较低和/或假设检验不适当的研究中, 提供效应量和置信区间能够表明效应可能的实际大小, 使读者判断数据的生物学意义 [153–154]。报告效应量和置信区间也有助于读者提取有用数据, 用于系统综述和荟萃分析。当荟萃分析中

包含的多项独立研究显示相似的效应量大小,即使各个研究在统计学上都不显著,但也提供了强有力的证据表明这种相关性是“真实的”(尽管很小)。

应报告开展的所有分析,即使是那些无统计学意义的结果,也应报告效应量以表明研究中组间差异的大小,并报告置信区间来表明效应量估计值的精确度。

报告示例1:“针对所有认为是 $Usp47^{tm1b(EUCOMM)Wtsi}$

品系小鼠(MGI: 5605792)基因型效应的显著特征,以下是不同性别的小鼠标准化基因型效应及95%置信区间的比较(图6),未进行多重性校正。为使变量之间可进行比较,将基因型估计值除以在野生型群体中观察到的信号,从而实现标准化。蓝色显示不具有统计学差异的估计值”^[29]。

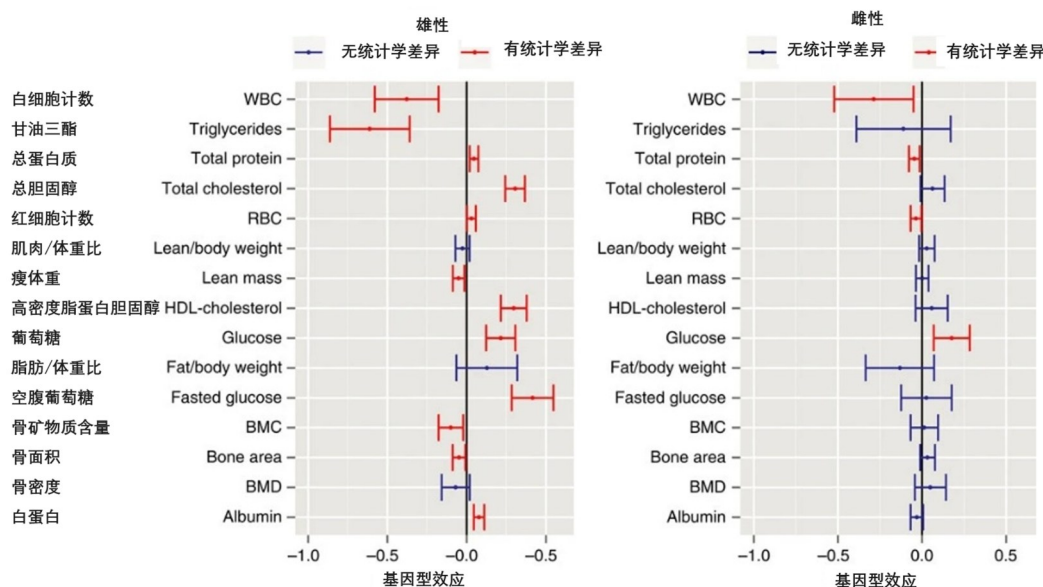


图6 参考文献[29]所示不同性别 $Usp47^{tm1b(EUCOMM)Wtsi}$ 品系小鼠的显著基因型效应

Figure 6 Significant genotype effects in different sexes of the $Usp47^{tm1b(EUCOMM)Wtsi}$ line reproduced from reference [29]

(未完待续)

补充说明: 文中参考文献[15][16][29]和[61]请见文献[103-104]。

[作者贡献 Author Contribution]

刘晓宇、卢选成负责 ARRIVE 2.0 指南完整版第三部分即“关键10条”第8~10条内容的编译初稿和修改,二者贡献相等,为共同第一作者;
师晓萌、张雨舟和吕超参与 ARRIVE 2.0 指南完整版“关键10条”第8~10条内容的编译初稿写作;
陈国元、卢晓、白玉和刘永刚负责对 ARRIVE 2.0 指南完整版“关键10条”中第8~10条的编译内容提出关键性修改建议;
高静负责 ARRIVE 2.0 指南完整版中统计学概念及阐述的翻译审定;
李焱负责 ARRIVE 2.0 指南完整版中文编译工作的策划、组织,以及提出关键性修改建议;
陶雨风负责对 ARRIVE 2.0 指南完整版“关键10条”中第8~10条的编译内容提出关键性修改建议,并提供基金支持;
庞万勇负责 ARRIVE 2.0 指南完整版中文编译工作的指导,以及全部内容的审定。

[利益声明 Declaration of Interest]

本文所有作者均声明不存在利益冲突。

[参考文献 References]

- [103] 王剑, 卢今, 马政文, 等.《动物研究: 体内实验报告》即 ARRIVE 2.0 指南的解释和阐述(一)[J]. 实验动物与比较医学, 2023, 43(2): 213-224. DOI: 10.12300/j.issn.1674-5817.2023.043.
WANG J, LU J, MA Z W, et al. Explanation and elaboration for the ARRIVE Guidelines 2.0—reporting animal research and in vivo experiments (I) [J]. Lab Anim Comp Med, 2023, 43(2): 213-224. DOI: 10.12300/j.issn.1674-5817.2023.043.
- [104] 陈国元, 卢晓, 白玉, 等.《动物研究: 体内实验报告》即 ARRIVE 2.0 指南的解释和阐述(二)[J]. 实验动物与比较医学, 2023, 43(3): 323-331. DOI: 10.12300/j.issn.1674-5817.2023.042.
CHEN G Y, LU X, BAI Y, et al. Explanation and elaboration for the ARRIVE Guidelines 2.0—reporting animal research and in vivo experiments (II) [J]. Lab Anim Comp Med, 2023, 43(3): 323-331. DOI: 10.12300/j.issn.1674-5817.2023.042.
- [105] CLAYTON J A, COLLINS F S. Policy: NIH to balance sex in cell and animal studies[J]. Nature, 2014, 509(7500):282-283. DOI: 10.1038/509282a.
- [106] SHAPIRA S, SAPIR M, WENGIER A, et al. Aging has a complex effect on a rat model of ischemic stroke[J]. Brain Res, 2002,

- 925(2):148-158. DOI: 10.1016/s0006-8993(01)03270-x.
- [107] VITAL M, HARKEMA J R, RIZZO M, et al. Alterations of the murine gut microbiome with age and allergic airway disease [J]. *J Immunol Res*, 2015, 2015: 892568. DOI: 10.1155/2015/892568.
- [108] BOUWKNECHT J A, PAYLOR R. Behavioral and physiological mouse assays for anxiety: a survey in nine mouse strains[J]. *Behav Brain Res*, 2002, 136(2): 489-501. DOI: 10.1016/S0166-4328(02)00200-0.
- [109] SIMON M M, GREENAWAY S, WHITE J K, et al. A comparative phenotypic and genomic analysis of C57BL/6J and C57BL/6N mouse strains[J]. *Genome Biol*, 2013, 14(7): R82. DOI: 10.1186/gb-2013-14-7-r82.
- [110] JACKSON S J, ANDREWS N, BALL D, et al. Does age matter? The impact of rodent age on study outcomes[J]. *Lab Anim*, 2017, 51(2):160-169. DOI: 10.1177/0023677216653984.
- [111] KHOKHA M K, CHUNG C, BUSTAMANTE E L, et al. Techniques and probes for the study of *Xenopus tropicalis* development [J]. *Dev Dyn*, 2002, 225(4):499-510. DOI: 10.1002/dvdy.10184.
- [112] ŌKVA K, NEVALAINEN T, POKK P. The effect of cage shelf on the behaviour of male C57BL/6 and BALB/c mice in the elevated plus maze test[J]. *Lab Anim*, 2013, 47(3): 220-222. DOI: 10.1177/0023677213489280.
- [113] AKKERS R C, VAN HEERINGEN S J, JACOBI U G, et al. A hierarchy of H3K4me3 and H3K27me3 acquisition in spatial gene regulation in *Xenopus* embryos[J]. *Dev Cell*, 2009, 17(3): 425-434. DOI: 10.1016/j.devcel.2009.08.005.
- [114] FELASA WORKING GROUP ON REVISION OF GUIDELINES FOR HEALTH MONITORING OF RODENTS AND RABBITS, MÄHLER CONVENOR M, BERARD M, et al. FELASA recommendations for the health monitoring of mouse, rat, hamster, Guinea pig and rabbit colonies in breeding and experimental units[J]. *Lab Anim*, 2014, 48(3): 178-192. DOI: 10.1177/0023677213516312.
- [115] BAKER D G. Natural pathogens of laboratory mice, rats, and rabbits and their effects on research[J]. *Clin Microbiol Rev*, 1998, 11(2):231-266. DOI: 10.1128/CMR.11.2.231.
- [116] VELAZQUEZ E M, NGUYEN H, HEASLEY K T, et al. Endogenous *Enterobacteriaceae* underlie variation in susceptibility to *Salmonella* infection[J]. *Nat Microbiol*, 2019, 4(6): 1057-1064. DOI: 10.1038/s41564-019-0407-8.
- [117] HOLMDAHL R, MALISSEN B. The need for littermate controls [J]. *Eur J Immunol*, 2012, 42(1): 45-47. DOI: 10.1002/eji.201142048.
- [118] MALLAPATY S. In the Name of reproducibility[J]. *Lab Animal*, 2018, 47(7):178-181. DOI: 10.1038/s41684-018-0095-7.
- [119] SUNDBERG J P, SCHOFIELD P N. Commentary: mouse genetic nomenclature[J]. *Vet Pathol*, 2010, 47(6): 1100-1104. DOI: 10.1177/0300985810374837.
- [120] MONTOLIU L, WHITELAW C B. Using standard nomenclature to adequately name transgenes, knockout gene alleles and any mutation associated to a genetically modified mouse strain [J]. *Transgenic Res*, 2011, 20(2): 435-440. DOI: 10.1007/s11248-010-9428-z.
- [121] HUANG W, FENG Y L, LIANG J L, et al. Loss of microRNA-128 promotes cardiomyocyte proliferation and heart regeneration [J]. *Nat Commun*, 2018, 9(1): 700. DOI: 10.1038/s41467-018-03019-z.
- [122] RANSON A, CHEETHAM C E J, FOX K, et al. Homeostatic plasticity mechanisms are required for juvenile, but not adult, ocular dominance plasticity[J]. *Proc Natl Acad Sci USA*, 2012, 109(4):1311-1316. DOI: 10.1073/pnas.1112204109.
- [123] CLARKSON J M, DWYER D M, FLECKNELL P A, et al. Handling method alters the hedonic value of reward in laboratory mice [J]. *Sci Rep*, 2018, 8(1):2448. DOI: 10.1038/s41598-018-20716-3.
- [124] HURST J L, WEST R S. Taming anxiety in laboratory mice[J]. *Nat Methods*, 2010, 7(10):825-826. DOI: 10.1038/nmeth.1500.
- [125] HEWITT J A, BROWN L L, MURPHY S J, et al. Accelerating biomedical discoveries through rigor and transparency[J]. *ILAR J*, 2017, 58(1):115-128. DOI: 10.1093/ilar/ilx011.
- [126] ALMEIDA J L, COLE K D, PLANT A L. Standards for cell line authentication and beyond[J]. *PLoS Biol*, 2016, 14(6): e1002476. DOI: 10.1371/journal.pbio.1002476.
- [127] LEARY S, UNDERWOOD W, ANTHONY R, et al. J K. AVMA guidelines for the euthanasia of animals[J]. *Anim Welf*, 2013, 22(3):412. DOI: 10.1017/s0962728600005492.
- [128] BANDROWSKI A E, MARTONE M E. RRIDs: a simple step toward improving reproducibility through rigor and transparency of experimental methods[J]. *Neuron*, 2016, 90(3): 434-436. DOI: 10.1016/j.neuron.2016.04.030.
- [129] BANDROWSKI A, BRUSH M, GRETHE J S, et al. The resource identification initiative: a cultural shift in publishing[J]. *Neuroinform*, 2016, 14(2): 169-182. DOI: 10.1007/s12021-015-9284-3.
- [130] TEYTELMAN L, STOLIARTCHOUK A. Protocols.io: Reducing the knowledge that perishes because we do not publish it[J]. *Inf Serv Use*, 2015, 35(1-2):109-115. DOI: 10.3233/isu-150769.
- [131] REYNOLDS P S, FISHER B J, MCCARTER J, et al. Interventional vitamin C: a strategy for attenuation of coagulopathy and inflammation in a swine multiple injuries model[J]. *J Trauma Acute Care Surg*, 2018, 85(1S Suppl 2): S57-S67. DOI: 10.1097/TA.0000000000001844.
- [132] BAUTERS D, BEDOSSA P, LIJNEN H R, et al. Functional role of ADAMTS5 in adiposity and metabolic health[J]. *PLoS One*, 2018, 13(1): e0190595. DOI: 10.1371/journal.pone.0190595.
- [133] LIAN X Y, WU X Y, LI Z X, et al. The combination of metformin and 2-deoxyglucose significantly inhibits cyst formation in miniature pigs with polycystic kidney disease[J]. *Br J Pharmacol*, 2019, 176(5):711-724. DOI: 10.1111/bph.14558.
- [134] BARTLANG M S, NEUMANN I D, SLATTERY D A, et al. Time matters: pathological effects of repeated psychosocial stress during the active, but not inactive, phase of male mice[J]. *J Endocrinol*, 2012, 215(3):425-437. DOI: 10.1530/JOE-12-0267.
- [135] PAUL A K, GUEVEN N, DIETIS N. Morphine dosing strategy plays a key role in the generation and duration of the produced antinociceptive tolerance[J]. *Neuropharmacology*,

- 2017, 121:158-166. DOI: 10.1016/j.neuropharm.2017.04.034.
- [136] HAWKINS P, MORTON D B, BURMAN O, et al. A guide to defining and implementing protocols for the welfare assessment of laboratory animals: eleventh report of the BVAAWF/FRAME/RSPCA/UFAW Joint Working Group on Refinement[J]. Lab Anim, 2011, 45(1):1-13. DOI: 10.1258/la.2010.010031.
- [137] HAGEMO J S, JØRGENSEN J J, OSTROWSKI S R, et al. Changes in fibrinogen availability and utilization in an animal model of traumatic coagulopathy[J]. Scand J Trauma Resusc Emerg Med, 2013, 21:56. DOI: 10.1186/1757-7241-21-56.
- [138] EMERY M, NANCHEN N, PREITNER F, et al. Biological characterization of gene response to insulin-induced hypoglycemia in mouse retina[J]. PLoS One, 2016, 11(2): e0150266. DOI: 10.1371/journal.pone.0150266.
- [139] HOLMES A M, EMMANS C J, COLEMAN R, et al. Effects of transportation, transport medium and re-housing on *Xenopus laevis* (Daudin)[J]. Gen Comp Endocrinol, 2018, 266: 21-28. DOI: 10.1016/j.ygcen.2018.03.015.
- [140] CONOUR L A, MURRAY K A, BROWN M J. Preparation of animals for research: issues to consider for rodents and rabbits[J]. ILARJ, 2006, 47(4):283-293. DOI: 10.1093/ilar.47.4.283.
- [141] OBERNIER J A, BALDWIN R L. Establishing an appropriate period of acclimatization following transportation of laboratory animals[J]. ILAR J, 2006, 47(4): 364-369. DOI: 10.1093/ilar.47.4.364.
- [142] KRAHN D D, GOSNELL B A, MAJCHRAZAK M J. The anorectic effects of CRH and restraint stress decrease with repeated exposures[J]. Biol Psychiatry, 1990, 27(10): 1094-1102. DOI: 10.1016/0006-3223(90)90046-5.
- [143] PITMAN D L, OTTENWELLER J E, NATELSON B H. Plasma corticosterone levels during repeated presentation of two intensities of restraint stress: chronic stress and habituation [J]. Physiol Behav, 1988, 43(1): 47-55. DOI: 10.1016/0031-9384(88)90097-2.
- [144] BROCK A J, GOODY S G, MEAD A N, et al. Assessing the value of the zebrafish conditioned place preference model for predicting human abuse potential[J]. J Pharmacol Exp Ther, 2017, 363(1):66-79. DOI: 10.1124/jpet.117.242628.
- [145] TURNER P V, BRABB T, PEKOW C, et al. Administration of substances to laboratory animals: routes of administration and factors to consider[J]. J Am Assoc Lab Anim Sci, 2011, 50(5):600-613.
- [146] FUEGER B J, CZERNIN J, HILDEBRANDT I, et al. Impact of animal handling on the results of 18F-FDG PET studies in mice[J]. J Nucl Med, 2006, 47(6):999-1006.
- [147] ASLAN Y, TADJUIDJE E, ZORN A M, et al. High efficiency non-mosaic CRISPR mediated knock-in and mutations in *F0 Xenopus*[J]. Development, 2017: 144(15): 2852-2858. DOI: 10.1242/dev.152967.
- [148] MICHEL M C, MURPHY T J, MOTULSKY H J. New author guidelines for displaying data and reporting data analysis and statistical methods in experimental biology[J]. J Pharmacol Exp Ther, 2020, 372(1):136-147. DOI: 10.1124/jpet.119.264143.
- [149] SCHERZ M D, HUTTER C R, RAKOTOARISON A, et al. Morphological and ecological convergence at the lower size limit for vertebrates highlighted by five new miniaturised microhylid frog species from three different Madagascan Genera[J]. PLoS One, 2019, 14(3): e0213314. DOI: 10.1371/journal.pone.0213314.
- [150] NOVOTOVÁ M, ZAHRADNÍKOVÁ A Jr, NICHTOVÁ Z, et al. Structural variability of dyads relates to calcium release in rat ventricular myocytes[J]. Sci Rep, 2020, 10(1): 8076. DOI: 10.1038/s41598-020-64840-5.
- [151] WASSERSTEIN R L, SCHIRM A L, LAZAR N A. Moving to a world beyond “ $p < 0.05$ ”[J]. Am Stat, 2019, 73(sup1):1-19. DOI: 10.1080/00031305.2019.1583913.
- [152] ALTMAN DSC D G. Why we need confidence intervals[J]. World J Surg, 2005, 29(5):554-556. DOI: 10.1007/s00268-005-7911-0.
- [153] MOHER D, HOPEWELL S, SCHULZ K F, et al. CONSORT 2010 explanation and elaboration: updated guidelines for reporting parallel group randomised trials[J]. Int J Surg, 2012, 10(1):28-55. DOI: 10.1016/j.ijsu.2011.10.001.
- [154] NAKAGAWA S, CUTHILL I C. Effect size, confidence interval and statistical significance: a practical guide for biologists[J]. Biol Rev Camb Philos Soc, 2007, 82(4):591-605. DOI: 10.1111/j.1469-185X.2007.00027.x.

(收稿日期:2023-03-29 修回日期:2023-07-21)

(本文编辑:张俊彦,富群华,丁宇菁)

[引用本文]

刘晓宇, 卢选成, 师晓萌, 等. 《动物研究: 体内实验报告》即 ARRIVE 2.0 指南的解释与阐述 (三) [J]. 实验动物与比较医学, 2023, 43(4): 446-456. DOI: 10.12300/j.issn.1674-5817.2023.039.

LIU X Y, LU X C, SHI X M, et al. Explanation and elaboration for the ARRIVE guidelines 2.0—reporting animal research and *In Vivo* experiments (III) [J]. Lab Anim Comp Med 2023, 43(4): 446-456. DOI: 10.12300/j.issn.1674-5817.2023.039.