



田金徽, 教授, 博士生导师。兰州大学基础医学院副院长、甘肃省循证医学重点实验室副主任, 兼任中国康复医学会循证康复医学工作委员会第二届委员会副主任委员、全国医学文献检索教研会第九届理事会常务理事、中华医学会临床流行病学和循证医学分会指南学组委员及循证医学学组委员、甘肃省医学会临床流行病学和循证医学分会副主任委员、甘肃省康复医学会第二届检验医学专业委员会副主任委员、甘肃省药学会药物信息专委会副主任委员和甘肃省药学会药物经济学专委会副主任委员等。主要从事循证医学方法学研究、医学文献与数据挖掘、循证医学证据转化与利用, 以及生物信息学分析与孟德尔随机化研究等工作, 并且将网状Meta分析方法首次引入到中医药、动物实验和诊断试验中。相关研究成果被评为甘肃省科学技术进步奖一等奖1项、二等奖2项、三等奖1项, 以及中国药学会科学技术一等奖、中华中医药学会科学技术一等奖等, 个人获第九届甘肃省青年科技奖。以第一作者或通信作者发表SCI论文50余篇, 入选2023年和2024年全球前2%顶尖科学家榜单。同时是省级一流课程“医学文献检索”、“临床科研思维训练与方法”和循证医学微专业负责人, 主编、副主编和参编教材及著作分别为4部、5部和13部, 获首届全国教材建设奖全国优秀教材二等奖1项、国家教学成果二等奖1项, 甘肃省教学成果一等奖1项, 甘肃省高校青年教师成才奖, 以及兰州大学隆基教学新秀奖、骨干奖和创新奖等。

动物实验系统评价与Meta分析报告的规范撰写建议

郑卿勇^{1,2,3}, 杨冬华^{1,2,3,4}, 马智超⁵, 周姿余⁵, 陆洋⁶, 王晶宇^{1,7}, 邢丽娜^{1,2,3}, 康迎英^{1,2,3}, 杜莉⁸, 赵春香⁹, 狄宝山^{10,11}, 田金徽^{1,2,3}

(1. 兰州大学循证医学中心, 兰州大学基础医学院, 兰州 730000; 2. 甘肃省循证医学重点实验室, 兰州 730000; 3. 中国医学科学院循证评价与指南研究创新单元, 兰州大学基础医学院, 兰州 730000; 4. 青海大学附属医院公共卫生和医院感染管理部, 西宁 810001; 5. 兰州大学第二临床医学院, 兰州 730000; 6. 江苏省中西医结合医院骨伤科, 南京 210028; 7. 病理生理学教研室, 兰州大学基础医学院, 兰州 730000; 8. 兰州市第三人民医院, 兰州 730050; 9. 兰州市第一人民医院, 兰州 730050; 10. 甘肃中医药大学第一临床医学院, 兰州 730000; 11. 深圳市龙岗中心医院急诊科, 深圳 518116)

[摘要] 动物实验是生命科学与医学研究的重要环节, 但单一动物实验研究因样本量小、设计异质性强、重复性差等固有局限, 其结果的外推性与可靠性常受到质疑, 从而影响了研究成果向临床的有效转化。系统评价(systematic reviews, SR)和Meta分析(meta-analysis)是整合现有研究证据、提升结论稳健性的关键方法。然而, 目前应用于动物实验领域的SR和Meta分析在实施过程与报告撰写上尚缺乏统一规范, 导致其研究质量参差不齐, 在一定程度上削弱了其证据价值。为解决此问题, 本文系统梳理了动物实验SR与Meta分析的报告撰写流程, 并提出一套兼顾科学性与实用性的规范化建议。文章内容覆盖了从研究前期准备[包括构建PICO(population, intervention, comparison and outcome)问题、评估可行性与方案预注册]到报告主体各部分的撰写要点。在核心的方法学章节, 本文详细论述了如何基于PRISMA(Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-analysis)声明, 并结合ARRIVE指南(Animal Research: Reporting of *in Vivo* Experiments)、SYRCLE(Systematic Review Centre for Laboratory Animal Experimentation)动物实验风险评估工具等相关指南与工具, 具体实施文献检索、纳入和排除标准制定、数据提取与偏倚风险评估等环节。对于结果呈现, 文章提出了借助流程图与特征表进行清晰、透明化展示的策略。在讨论部分, 本文重点探讨了如何科学解读合并效应、深入分析异质性来源和评估发表偏倚影响, 并审慎论述动物实验结果向临床外推的有效性与局限性。此外, 本文还建议引入GRADE(Grading of Recommendations Assessment, Development and Evaluation)方法对最终的证据质量进行综合分级。本文对报告撰写全流程进行了模块化解析, 期望为相关领域研究者提供一份清晰、可行的实践指南,

[基金项目] 甘肃省科技重大专项计划“甘肃中药材种植技术研究及新药新产品开发与应用”(24ZD17FA003)-子课题“基于大模型和证据生态系统的药食同源决策平台构建与转化”

[第一作者] 郑卿勇(1998—), 男, 博士研究生, 研究方向: 循证医学与医学信息学。E-mail: easonzz@foxmail.com。ORCID: 0000-0002-9480-0169; 杨冬华(1989—), 女, 博士研究生, 研究方向: 循证医学与传染病防控。E-mail: 354052891@qq.com。ORCID: 0009-0004-7719-6643

[通信作者] 田金徽(1978—), 男, 博士, 教授, 研究方向: 网状Meta分析与卫生技术评估。E-mail: tjh996@163.com。ORCID: 0000-0002-3859-9587

以促进动物实验 SR 和 Meta 分析的规范化发展, 提升其在科研决策与转化医学中的应用价值。

[关键词] 动物实验; 系统评价; Meta 分析; 循证医学; 撰写规范

[中图分类号] Q95-33; R-332 **[文献标志码]** A **[文章编号]** 1674-5817(2025)04-0496-12



Recommendations for Standardized Reporting of Systematic Reviews and Meta-Analysis of Animal Experiments

ZHENG Qingyong^{1,2,3}, YANG Donghua^{1,2,3,4}, MA Zhichao⁵, ZHOU Ziyu⁵, LU Yang⁶, WANG Jingyu^{1,7}, XING Lina^{1,2,3}, KANG Yingying^{1,2,3}, DU Li⁸, ZHAO Chunxiang⁹, DI Baoshan^{10,11}, TIAN Jinhui^{1,2,3}

(1. Evidence-Based Medicine Center, School of Basic Medical Sciences, Lanzhou University, Lanzhou 730000, China; 2. Key Laboratory of Evidence-based Medicine of Gansu Province, Lanzhou 730000, China; 3. Research Unit of Evidence-Based Evaluation and Guidelines, Chinese Academy of Medical Sciences, School of Basic Medical Sciences, Lanzhou University, Lanzhou 730000, China; 4. Department of Public Health and Healthcare-associated Infection Management, Qinghai University Affiliated Hospital, Xining 810001, China; 5. The Second Clinical Medical College of Lanzhou University, Lanzhou 730000, China; 6. Department of Orthopedics and Traumatology, Jiangsu Provincial Hospital of Integrated Traditional and Western Medicine, Nanjing 210028, China; 7. Department of Pathophysiology, School of Basic Medical Sciences, Lanzhou University, Lanzhou 730000, China; 8. The Third People's Hospital of Lanzhou, Lanzhou 730050, China; 9. The First People's Hospital of Lanzhou City, Lanzhou 730050, China; 10. First School of Clinical Medical, Gansu University of Chinese Medicine, Lanzhou 730000, China; 11. Department of Emergency, Shenzhen Longgang Central Hospital, Shenzhen 518116, China)

Correspondence to: TIAN Jinhui (ORCID: 0000-0002-3859-9587), E-mail: tjh996@163.com

[ABSTRACT] Animal experiments are an essential component of life sciences and medical research. However, the external validity and reliability of individual animal studies are frequently challenged by inherent limitations such as small sample sizes, high design heterogeneity, and poor reproducibility, which impede the effective translation of research findings into clinical practice. Systematic reviews and meta-analysis represent a key methodology for integrating existing evidence and enhancing the robustness of conclusions. Currently, however, the application of systematic reviews and meta-analysis in the field of animal experiments lacks standardized guidelines for their conduct and reporting, resulting in inconsistent quality and, to some extent, diminishing their evidence value. To address this issue, this paper aims to systematically delineate the reporting process for systematic reviews and meta-analysis of animal experiments and to propose a set of standardized recommendations that are both scientific and practical. The article's scope encompasses the entire process, from the preliminary preparatory phase [including formulating the population, intervention, comparison and outcome (PICO) question, assessing feasibility, and protocol pre-registration] to the key writing points for each section of the main report. In the core methods section, the paper elaborates on how to implement literature searches, establish eligibility criteria, perform data extraction, and assess the risk of bias, based on the Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-analysis (PRISMA) statement, in conjunction with relevant guidelines and tools such as Animal Research: Reporting of *in Vivo* Experiments (ARRIVE) and a risk of bias assessment tool developed by the Systematic Review Centre for Laboratory Animal Experimentation (SYRCLE). For the presentation of results, strategies are proposed for clear and transparent display using flow diagrams and tables of characteristics. The discussion section places particular emphasis on how to scientifically interpret pooled effects, thoroughly analyze sources of heterogeneity, evaluate the impact of publication bias, and cautiously discuss the validity and limitations of extrapolating findings from animal studies to clinical settings. Furthermore, this paper recommends adopting the Grading of Recommendations Assessment, Development and Evaluation (GRADE) methodology to comprehensively grade the quality of evidence. Through a modular analysis of the entire reporting process, this paper aims to provide researchers in the field with a clear and practical guide, thereby promoting the standardized development

of systematic reviews and meta-analysis of animal experiments and enhancing their application value in scientific decision-making and translational medicine.

[Key words] Animal experiment; Systematic review; Meta-analysis; Evidence-based medicine; Reporting standards

动物实验在生命科学和医学研究中具有重要地位,尤其在探索疾病机制、发现药物新靶点以及开发新药物等领域中发挥着关键作用。然而,单一动物实验的研究结果常因样本量小、实验设计异质性高、可重复性有限等因素,其外推性和可靠性屡遭质疑^[1-2]。这些问题不仅削弱了动物实验的科学价值,也阻碍了其临床转化。因此,如何科学整合现有动物实验证据,提升研究的稳健性与可信度,成为当前动物实验研究面临的核心挑战。

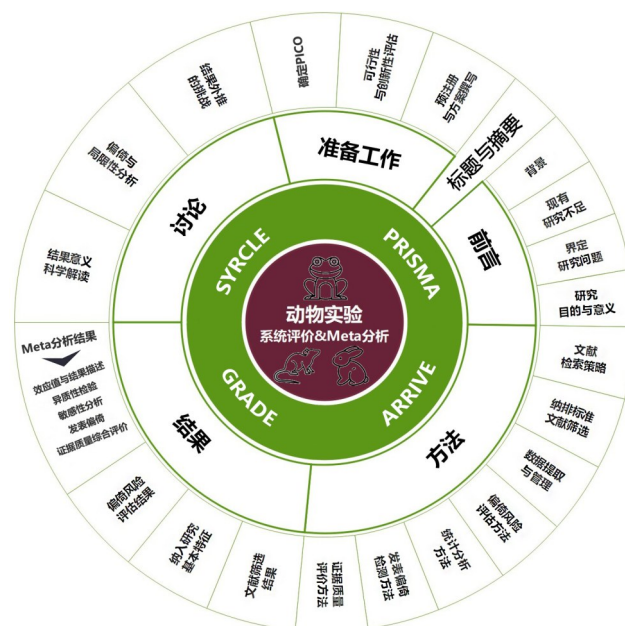
系统评价(systematic reviews, SR)和Meta分析(meta-analysis)作为循证医学的重要工具,通过系统、透明地综合多个研究结果,为动物实验证据整合提供了有力支持^[3-4]。近年来,SR与Meta分析越来越多地应用于动物实验领域^[1],旨在克服单一实验的局限性,提高动物实验证据的可信度。然而,与临床研究相比,动物实验SR与Meta分析的整体规范性仍有待提升^[5]。在文献筛选、偏倚风险评估及统计分析等环节,尚缺乏统一标准,部分研究者对实施流程和质量控制体系的理解亦有待深化。

动物实验SR与Meta分析的实施具有高度复杂性,如实验涉及多样的动物模型、干预措施及结局指标等,导致研究异质性显著增加^[2, 6],进而增加了制定文献纳入和排除标准(下文简称“纳排标准”)、数据提取及统计分析的难度。此外,动物实验中的偏倚风险通常更高,可能严重影响综合结果的可靠性^[7-8]。因此,开展此类研究必须严格遵循科学规范与相关标准。

为提升动物实验SR与Meta分析的质量,荷兰动物实验系统评价研究中心(Systematic Review Centre for Laboratory Animal Experimentation, SYRCLE)研发的偏倚风险评估工具^[7]、英国3R中心推出的动物研究体内实验报告(Animal Research: Reporting of *in Vivo* Experiments, ARRIVE)指南^[9-10]等相继发布,为偏倚风险评估、研究设计和实施报告提供了重要参考。然而,在动物实验SR与Meta分析报告的撰写过程中,如何高效运用相关工具,并针对动物实验的特殊性进行调整优化,仍需深入探讨。

基于上述背景,本文旨在为动物实验SR与Meta分析报告的撰写提供系统性报告规范与实用建议。本文

将结合现有方法学规范,从研究准备、方案设计、结果呈现到分析讨论环节的关键要点与注意事项进行系统性梳理(图1),以期推动动物实验证据整合的规范化发展,提升其在科研决策与转化医学中的应用价值。



注: PICO指研究对象、干预方式、对照措施和观察指标; PRISMA指系统评价与Meta分析的首选报告项目; ARRIVE指动物研究体内实验报告指南; GRADE指推荐分级的评价、制定与评估; SYRCLE指动物实验系统评价研究中心研发的偏倚风险评估工具。

Note: PICO refers to population, intervention, comparison and outcome; PRISMA refers to Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-analysis; ARRIVE refers to Animal Research: Reporting of *in Vivo* Experiments; GRADE refers to Grading of Recommendations Assessment, Development and Evaluation; SYRCLE refers to a risk of bias assessment tool developed by the Systematic Review Centre for Laboratory Animal Experimentation.

图1 动物实验系统评价和Meta分析实施框架

Figure 1 Implementation framework for systematic review and meta-analysis of animal experiments

1 SR与Meta分析开展前的准备工作

1.1 明确研究问题和范围

明确研究问题是开展SR与Meta分析的首要任务,推荐采用PICO框架来清晰界定研究问题,即明确研究

对象 (population: 动物种属或特定疾病模型)、干预措施 (intervention)、对照条件 (comparison) 和结局指标 (outcome), 以确保问题具体且具有可回答性。同时, 需合理设定研究范围 (如是否限定物种、品种、品系、疾病模型或实验条件), 合理的范围界定是平衡证据覆盖度与研究同质性的关键, 并直接影响 Meta 分析的可行性及结论的外推性。

1.2 评估研究问题的可行性与创新性

在明确研究问题和范围后, 需进行可行性与创新性评估。首先, 通过初步文献检索, 检查是否已存在相关的高质量 SR 与 Meta 分析文献, 以明确本研究的创新价值或对现有研究的补充改进之处。例如, 需审视既有研究是否存在检索策略覆盖不全面、偏倚风险评估体系不完善、分析方法有局限 (如遗漏某些高质量文献), 或未能充分考虑动物实验的特殊性问题。针对上述研究缺陷, 研究者可尝试从研究方法或数据整合视角提出创新性改进方案。

其次, 研究者需对满足研究问题的原始动物实验文献从数量和质量两个维度进行评估。需要注意的是, 动物实验常因追求创新, 而导致精确重复的研究

较少 (如采用相同动物品种、品系、疾病模型和干预剂量等), 研究之间的异质性较高, 这可能限制符合 Meta 分析纳入条件的文献数量。若预期文献不足 (通常建议 Meta 分析至少纳入 3~5 项研究), 应预先考虑替代策略, 并在方案中说明, 例如: (1) 适当调整纳入标准 (如放宽动物品种、品系的限制); (2) 考虑采用叙述性综合分析或其他半定量方法; (3) 将 SR 的重点放在整合现有证据、评估证据质量和识别研究空白上。即便最终无法进行 Meta 分析, SR 在指导后续研究方向上仍具有重要价值。

1.3 预注册与方案撰写

为提升研究的透明度与规范性, 有效规避选择性报告等偏倚风险, 建议在研究启动前进行预注册。研究者可在 PROSPERO 或 INPLASY 等公开平台提交详细的研究方案 (protocol), 该方案涵盖研究背景、PICO 问题、检索策略、纳排标准、偏倚风险评估工具 (如 SYRCLE 工具)、数据提取计划及统计分析方法等 (表 1)。一份详尽且充分考虑动物实验特殊性的研究方案, 不仅是保障 SR 研究顺利、规范执行的基础, 同时也是后续论文撰写和同行评审等环节的重要参考依据。

表1 研究方案主体报告框架内容

Table 1 Framework for main report of research protocol

序号 No.	模块 Module	具体报告内容 Report details
1	标题与背景信息	(1)明确标注“临床前研究”、“动物实验”或“具体物种” (2)研究目的与问题的陈述 (3)简要说明研究背景及意义 (4)体现研究的转化医学关联与潜在应用价值
2	研究问题 (PICO要素)	(1)P:动物种属、品种、品系、周龄、性别等 (2)I:干预措施(药物、手术等)、给药途径、剂量标准化等 (3)C:对照条件(安慰剂、不同剂量或干预方式等) (4)O:主要和次要结局指标
3	文献检索策略	(1)检索数据库(如PubMed、Embase等,含动物实验特殊数据库) (2)检索时间范围:检索词及逻辑关系(结合MeSH/Emtree主题词与自由词) (3)灰色文献的检索与记录
4	纳排标准	明确纳入标准(如动物物种、实验设计、干预措施、结局指标等)与排除标准(如数据不完整、无对照组等)
5	偏倚风险评估	使用的评估工具(如SYRCLE工具),简述偏倚风险评估的具体维度(如随机化、分组隐藏、检测盲法实施等)
6	数据提取与管理	(1)提取的变量(实验条件、干预措施、主要和次要结局指标等) (2)数据处理方法(如单位换算、分组标准化、重复数据的处理方式)
7	统计分析方法	(1)异质性分析方法(如I ² 统计量、Q检验) (2)敏感性分析及亚组分析的设计、处理跨物种实验结果的整合方法、规范化跨实验室环境差异的策略等
8	伦理与利益冲突	声明研究的伦理原则、披露研究者的利益冲突
9	其他信息	预期开始与完成时间、当前研究状态、研究工作基础、已完成或正在进行的类似研究等

注: PICO指研究对象、干预方式、对照措施、观察指标; SYRCLE工具是指动物实验系统评价研究中心研发的偏倚风险评估工具。
Note: PICO refers to population, intervention, comparison and outcome; SYRCLE refers to a risk of bias assessment tool developed by the Systematic Review Centre for Laboratory Animal Experimentation.

2 SR与Meta分析报告的撰写建议

2.1 整体撰写规范

SR与Meta分析作为高质量证据整合方法,其报告的撰写需严格遵循透明性、可重复性和规范性的核心原则。这些原则是确保研究科学严谨与结论可靠的基础。对于动物实验领域的SR与Meta分析,撰写报告时还需特别关注和适应动物研究本身的复杂性与特殊性,以确保方法得当、解读审慎。

2.1.1 遵循国际通用规范

透明性是SR与Meta分析报告撰写的核心原则。SR和Meta分析优先报告规范(Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-analysis, PRISMA)声明^[11]是当前国际通用的SR与Meta分析报告规范,其清单与流程图为研究者提供了清晰的报告框架,以确保研究的可验证性与可重复性。由于目前尚无专门针对动物实验SR的报告规范,研究者可参考PRISMA框架,对研究实施过程的细节进行全面、详尽地披露,为同行评议提供充分依据,并为后续相关研究提供重要参考范式。

2.1.2 充分考量动物实验的特殊性

与临床研究相比,动物实验SR与Meta分析报告的撰写需额外关注并妥善处理以下特殊挑战。

(1) 高度异质性(heterogeneity):动物实验涉及多样的物种、品种与品系(生理、代谢差异大)、不同的疾病模型构建方式以及高度变异的实验条件(如饲养环境、干预剂量、干预持续时间、结局指标测量方法等),这是研究间异质性的主要来源,必须在方法部分明确界定处理方式(如预设亚组分析),并在结果和讨论中深入探讨该异质性对合并效应值(pooled effect size)和结论稳健性(robustness of conclusions)的潜在影响。

(2) 偏倚风险(risk of bias)的挑战:动物实验原始研究在设计和报告层面的规范性不足。如何生成序列(即随机化)、如何实现分组隐藏(以避免选择偏倚),以及是否对研究人员和结局评估者施盲等关键方法学细节,在原始文献中常常报告不清或执行不充分。此外,动物实验领域发表偏倚(即倾向于发表阳性结果)风险的可能更高。在进行偏倚风险评估和结果解读时,需特别警惕这些潜在偏倚来源及其对结论稳健性的影响。

(3) 结果外推(extrapolation of results)的挑战:

动物模型与人类疾病之间存在的生物学差异,以及实验室环境的高度控制性与临床现实的复杂性之间的差距,使得动物实验结果向临床的转化价值(translational value)存在固有局限。讨论部分需要对此进行客观、审慎的评估,明确研究发现的潜在临床相关性与局限性。

2.1.3 ARRIVE指南的辅助应用

在动物实验SR与Meta分析中,PRISMA声明是核心框架,同时ARRIVE指南^[9, 12]也为动物实验报告的规范化撰写提供了重要支持。2020年,ARRIVE指南更新至2.0版本^[9],进一步优化了报告条目,并通过对条目进行优先级划分,进一步完善和明确了实验设计、实施和分析的标准化框架,该指南目前已被众多期刊采纳为动物实验报告的参考标准。虽然ARRIVE指南直接规范的是原始研究报告,但对动物实验SR与Meta分析实验的实施和报告的撰写也具有重要的参考价值,具体表现在以下方面。

(1) 评估纳入研究的报告质量:ARRIVE指南提供的检查清单可用于评估纳入的原始研究是否充分报告了关键的方法学信息(如动物特征、样本量确定依据、随机化、盲法细节和伦理道德声明等),从而更准确地识别研究的潜在偏倚风险和报告缺陷。

(2) 辅助信息提取:ARRIVE指南强调的关键条目(如研究设计、实验动物、实验步骤、结果等)^[13-17]可以指导SR研究者更系统、更全面地从原始文献中提取所需数据,确保重要细节不被遗漏,为后续的偏倚风险评估和数据整合奠定基础。在SR与Meta分析报告中阐明研究对ARRIVE指南的遵循情况,有助于评价现有证据的整体可靠性与局限性。

2.2 标题和摘要

标题和摘要是SR与Meta分析报告的核心组成部分,是吸引读者注意并传递研究核心内容的关键环节。

(1) 标题:应精确概括研究主题,并明确标识“SR”和/或“Meta分析”的研究类型。针对动物实验类研究,建议在标题中包含关键的PICO元素(如特定干预、疾病模型或主要物种),这有助于准确反映研究范围,提高文献的可检索性。

(2) 摘要:需采用结构化格式(如研究背景、研究目的、研究方法、研究结果和结论),以精炼概括研究内容。在研究背景/目的部分,应简述研究领域背景和动物实验在该领域的重要性,以及现有研究报道面临的主要问题(如研究结果异质性较高、数据质量参

差不齐等), 清晰陈述本次SR与Meta分析拟解决的具体科学问题, 应能体现PICO要素。研究方法部分需概述核心方法学要素, 包括检索的主要数据库、关键的纳排标准、使用的偏倚风险评估工具、数据提取的要点以及主要的统计分析方法(如效应模型选择、异质性评估)。结果部分需报告关键发现, 如最终纳入的文献数量及其所涉及的主要动物特征(例如最常用的物种与疾病模型), 并在此基础上报告主要结局指标的合并效应量、置信区间(confidence interval, CI)、*P*值和主要的异质性分析结果、敏感性分析或亚组分析的结论, 以及发表偏倚的检测情况。结论部分需总结研究的主要结论及其科学意义, 审慎指出基于动物实验证据的局限性, 并讨论其对后续研究或潜在临床转化的启示。此外, 建议在摘要末尾标注SR的国际注册号(如PROSPERO数据库注册号), 以增强研究的透明度和可信度。

示例: 张晶芳等^[18]开展的关于麝香保心丸对动脉粥样硬化动物模型影响的研究, 其标题《麝香保心丸干预动脉粥样硬化模型动物实验的系统评价》, 清晰地包含了干预措施(麝香保心丸)、疾病模型(动脉粥样硬化)和研究类型(系统评价)。其摘要采用了完整的结构化格式: “目的”部分明确了研究意图; “方法”部分概述了数据库检索、文献筛选、偏倚风险评估工具(如SYRCLE工具)及分析软件(RevMan 5.4)等核心要素; “结果”部分不仅报告了纳入文献的数量, 还定量呈现了主动脉斑块面积、血清总胆固醇等关键结局指标的合并效应量与CI; “结论”部分则在总结主要发现的同时, 审慎地指出了需要更高质量研究来补充验证的局限性。

2.3 前言

前言作为学术研究的起始篇章, 其核心任务是通过背景介绍、问题界定和研究目的的阐述, 为研究提供清晰的逻辑起点。同时, 需特别注重结合动物实验的特性, 从学术和实践的角度突出研究的重要性和必要性。

首先, 需简明扼要地介绍研究领域的基本背景, 并明确阐述动物实验在该领域研究中的关键角色与重要贡献——如在揭示疾病机制、测试干预措施有效性或安全性等方面的不可替代性, 可适当提及当前的研究热点或代表性的动物模型, 为研究问题的提出奠定基础。

在此基础上, 研究者应系统梳理相关动物实验

的主要研究发现, 着重指出存在的核心挑战(如研究结论间的不一致甚至相互矛盾、单个研究普遍存在的方法学局限、动物实验研究中尤为突出的高异质性问题等), 清晰地论证这些局限性如何削弱了现有证据的整体可靠性或限制了结果的外推性, 并由此自然地引出通过系统性证据整合来应对这些挑战的迫切需求。

最后, 前言需精确陈述本项SR与Meta分析的研究目的。高质量的前言应逻辑清晰、层次分明, 以科学严谨的语言突出研究背景、问题界定及目的意义, 为全文提供明确的学术框架和逻辑支撑。建议紧密围绕预先设定的PICO框架来阐述研究焦点, 同时应明确指出本研究的预期价值与贡献, 如期望通过整合分析提供更稳健的效应估计, 系统评估现有证据质量与偏倚风险, 识别潜在异质性的来源, 为未来动物实验设计的优化提供依据, 或为相关领域的临床转化提供更可靠的临床前证据支撑。

示例: Wang等^[19]基于Meta分析探究了褪黑激素预防纳米材料暴露引起的损伤, 前言中依次介绍了纳米材料与褪黑激素的背景信息及与氧化应激、炎症与细胞死亡的联系, 而后基于现有研究基础与研究结论矛盾引出了开展当前Meta分析的意义与必要性。

2.4 研究方法

研究方法部分需详细阐明以下内容: 文献检索策略、纳排标准、数据提取流程与管理方法、偏倚风险评估方法、统计分析方法和发表偏倚与证据质量评价方法。针对动物实验研究普遍存在异质性强、偏倚风险大的特点, 方法学部分的描述应严格遵循标准化原则, 确保研究过程中各项操作细节的完整性。

2.4.1 文献检索策略

文献检索是SR的基础环节, 在动物实验领域, 需结合动物实验的特殊性, 通过多维度检索框架(通用数据库+动物研究专用数据库+灰色文献/预印本平台)降低发表偏倚与语言偏倚(表2), 同时追踪引文记录以补全文献检索结果。

此外, 文献检索策略的报告须具备高度透明性。研究者应至少提供一个主要数据库的完整检索策略, 展示所用主题词(如MeSH)与自由词的组合, 以及它们之间通过布尔逻辑运算符(AND, OR等)构建的检索逻辑。同时, 应简要说明是否采取了参考文献追溯、

表2 动物实验系统评价的数据库检索参考

Table 2 Retrieval references for databases used in systematic reviews of animal experiments

检索维度 Dimensions of retrieval	数据库/平台名称 Database/Platforms	内容/特点 Content/Features
通用数据库	PubMed、Embase、Web of Science、Scopus、OVID、LILACS 等 CBM、CNKI、万方等	全球主流生物医学文献 涵盖中文动物实验研究
专业数据库	MGI 小鼠基因组数据库 Animal Study Registry	小鼠基因型和表型数据、标准化疾病模型 动物实验前瞻性注册库,追踪未发表或进行中研究
灰色文献	OpenGrey ProQuest Dissertations & Theses、EThOS 等 CAB Abstracts	欧洲技术报告、会议论文 未公开学位论文中的实验数据 农业与兽医科学数据(疾病模型、毒理学)
预印本平台	bioRxiv、medRxiv 等	涵盖最新动物实验预印本研究

注: CBM 指中国生物医学文献数据库; CNKI 指中国知网; LILACS 指拉美及加勒比地区健康科学文献数据库。
Note: CBM, Chinese Biomedical Literature Database; CNKI, China National Knowledge Infrastructure; LILACS, Latin American and Caribbean Health Sciences Literature.

引文检索或手工查阅期刊等补充检索措施, 并提及使用的文献管理软件及去重方法。

2.4.2 纳排标准与文献筛选

在动物实验SR中, 需针对动物实验的特性, 设计清晰且严格的文献筛选标准。这些标准应基于PICO框架, 并充分考虑动物实验的特殊性, 详细界定合格的动物特征(物种、品种、品系、性别和年龄等)、疾病模型、干预与对照措施以及结局指标。同时, 需明确文献排除标准, 将研究类型不符、缺乏对照组、关键数据缺失或报告严重不全等情况归入排除范围。

文献筛选过程通常包括标题与摘要初筛和全文复筛两个阶段, 应由至少两位研究者独立完成, 并建立解决分歧的机制(如讨论或第三方介入)。为保证筛选过程的透明度, 必须使用PRISMA流程图直观呈现文献筛选的全过程, 包括各阶段文献数量变化及主要排除原因。此外, 需预先设定处理动物实验中非标准化数据的转换或整合规则: 对于报告不完整的研究, 可尝试联系原作者获取补充数据; 若数据难以处理或缺乏完整信息, 则需合理剔除并记录原因。通过严格的纳排标准和科学的筛选流程, 能够显著降低研究异质性和潜在偏倚风险, 为后续分析提供高质量的研究基础。

2.4.3 数据提取与管理

数据提取需通过设计规范的数据提取表来确保数据的一致性和准确性。数据提取表需明确列出计划提取的关键变量, 通常涵盖研究基本信息(如第一作者、发表年份)、详细的动物模型信息、干预与对照组的细节(如干预剂量、途径、频率和时长等)、结局指标的定量数据(如均数、标准差/标准误和样本量), 以及

评估偏倚风险所需的方法学细节。在报告的此部分, 应强调数据提取由多位研究者独立执行并交叉核对, 并需明确阐述针对多臂研究(如选择特定比较组)、重复发表(识别并优先选用信息最完整的报告)和数据缺失(如尝试联系作者)等情况的处理方法, 以确保最终数据的质量与一致性。

2.4.4 偏倚风险评估方法

系统评估纳入研究的偏倚风险对于判断其内部效度至关重要, 研究者需明确报告所使用的评估工具, 并简要说明评估所覆盖的主要偏倚领域。针对动物实验的特殊性, 强烈推荐采用SYRCLE工具^[7], 因其基于Cochrane工具框架并融入了动物实验特有的偏倚来源考量(如笼舍效应、随机化的特殊挑战等)。若选择其他工具(如改良的RoB2.0^[20]), 需简要陈述选择理由及可能的调整内容。为保证评估的客观性, 应由多位评价者独立进行评估, 并预设解决分歧的流程。同时, 需说明评估结果将如何应用于后续分析。例如, 在结果中呈现用于敏感性分析或作为GRADE评价的依据。

2.4.5 统计分析方法

统计分析方法需根据研究目标和数据特性进行科学选择和设计。首先, 应说明判断是否符合进行Meta分析的标准(如纳入研究数量、异质性程度)。若条件不满足, 需明确将采用叙述性综合等替代方法, 重点探讨研究设计、实验条件及结果的异同, 并结合现有证据提出科学合理的推断。

对于Meta分析, 需指明使用的统计软件以及针对不同数据类型选择的合并效应量, 例如, 对于连续性变量可选用标准化均数差(standardized mean

difference, SMD) 或均数差 (mean difference, MD), 对于二分类变量可选用风险比 (risk ratio, RR) 或比值比 (odds ratio, OR)。无论选择何种效应量, 均需报告其 95%CI。关于统计模型的选择, 考虑到动物实验研究间普遍存在异质性, 通常推荐优先使用随机效应模型, 并说明选择依据。此外, 必须报告评估研究间异质性的方法 (如 I^2 统计量和 Q 检验) 及判定标准。对于显著的异质性, 需预先规划并详细说明相应的处理策略与异质性溯源方案。例如, 通过预设的亚组分析 (基于 PICO 框架或研究质量) 或 Meta 回归分析 (在研究数量满足统计要求的情况下)。同时, 应报告计划进行的敏感性分析策略, 以评估结果的稳健性。

针对动物实验的特殊性, 统计分析需特别关注小样本量和实验室间差异对研究结果的影响。小样本量的动物实验研究往往存在统计效能不足的缺陷, 研究者可采用稳健性分析、贝叶斯方法或重复测量模型等方式对研究结果进行补充验证, 以增强结果的可信度。实验室间的环境差异 (如饲养条件、实验操作) 可能对结果产生混杂影响, 可通过多变量模型或随机效应模型加以调整, 以确保结论的科学性。此外, 若研究涉及多种干预措施的综合比较时, 可考虑应用网状 Meta 分析 (network meta-analysis)^[21] 方法, 此部分细节将在后续系列研究中作详细阐述。

2.4.6 发表偏倚检测方法

评估潜在的发表偏倚是 Meta 分析中不可或缺的一环, 在动物实验领域中尤为重要。研究者应系统阐述拟采用的偏倚检测方法, 最常用的是通过漏斗图 (funnel plot) 可视化评估其对称性。当纳入研究数量达到一定规模时 (通常建议 ≥ 10 项), 应辅以定量检验方法, 如 Egger 回归检验或 Begg 秩相关检验。研究者需对检测结果进行解读, 应明确意识到在研究数量有限或异质性较高时, 这些方法的检验效能可能受限。

当研究数量有限时, 可考虑采用修正的“修剪填补法” (trim and fill method) 或“失安全系数” (fail-safe N) 进行补充分析^[22]。同时, 针对动物实验特有的发表偏倚 (如选择性结局报告和多重检验问题), 研究者还应尝试检索预注册平台或联系领域专家, 识别未发表的“阴性”研究, 并将这些存在“抽屉效应” (file drawer effect) 的数据纳入分析, 从而更全面地反映真实的研究情况。

2.4.7 证据质量评价方法

对最终合成的证据进行总体质量评价是作者向读者传达结论可信度的重要步骤。建议采用国际公认的

推荐分级的评价、制定与评估 (Grading of Recommendations Assessment, Development and Evaluation, GRADE) 方法^[23], 对主要结局指标的证据质量进行系统分级。研究者应简要介绍 GRADE 评价所依据的五个核心维度^[24]: 研究设计引入的偏倚风险、结果的不一致性 (异质性)、证据的间接性 (特别是动物模型与人类疾病/临床问题的相关性)、结果的不精确性以及发表偏倚的可能性。同时, 需说明如何根据这些维度对证据进行降级 (或在特定情况下进行升级), 最终将证据质量划分为高、中、低或极低四个等级, 该评价结果将在讨论部分用于解释研究结论的稳健性与结论外推的局限性。

示例: Cordelli 等^[25] 通过 Meta 分析探讨了射频电磁场产前暴露对妊娠结局的影响。研究方法部分详细阐述了文献检索的数据库及其对应策略, 并基于 PICO 框架明确了研究的纳排标准。同时, 使用经 OHAT (Office of Health Assessment and Translation) 改良的 RoB 工具与 SYRCLE 对纳入研究的偏倚风险进行系统评估。在统计分析中, 采用随机效应模型对 14 个结局指标进行 Meta 分析, 同时基于动物种类、暴露水平和温度变化开展亚组分析和剂量-反应 Meta 分析, 并通过漏斗图与 Egger 检验评估潜在的发表偏倚。此外, 该研究还基于 GRADE 方法评估了证据质量, 并为各种结局赋予重要性评分, 为研究结论向临床应用的外推提供科学依据。

2.5 研究结果

结果部分是系统、客观地呈现 SR 与 Meta 分析研究发现的核心章节。该部分表述应清晰、准确, 并借助图表对关键结果进行辅助说明。

2.5.1 文献筛选结果

文献筛选的过程需要清晰呈现, 以确保研究的透明性与可重复性。研究者首先应报告通过数据库检索及其他途径 (如手工检索) 初步获得的文献总数, 以及去除重复文献后剩余的数量。随后, 需详细说明基于预设纳排标准, 在标题摘要初筛和全文复筛两个阶段分别排除了多少篇文献, 并分类汇总主要的排除原因。值得注意的是, 动物实验 SR 的文献排除比例通常较高 (有时最终纳入文献不足初始检索量的 10%), 这主要是由于原始研究在报告规范、实验设计或主题相关性上存在不足。因此, 在 PRISMA 流程图中清晰、合理地解释排除原因, 可有效避免读者对检索策略的完备性或研究的整体价值产生质疑。强烈建议 (通常要求) 使用 PRISMA 流程图来直观、完整地展示整个

筛选过程,包括从最初检索到的文献数量到最终纳入分析的研究数量,并清晰标注每一步的文献数量变化和排除依据。这不仅能增强报告的规范性和可追溯性,也便于读者快速理解研究的纳排范围。

2.5.2 纳入研究的基本特征

在呈现纳入研究的基本特征时,应聚焦于与研究问题和结果解读最相关的关键信息,避免冗余描述。建议使用表格(基本特征表)系统化汇总纳入研究的核心要素,通常包括:第一作者与发表年份、研究设计类型、研究地点(若相关)、关键的PICO信息——特别是动物模型的详细特征(物种、品种、品系、性别、年龄、模型构建方法)、干预与对照组的具体细节(如药物剂量、给药方式、时长)、主要结局指标及其测量方法和评估时间点等。在正文中,可对纳入研究的总体特征进行描述性统计和概括。例如,研究类型的分布、最常用的动物模型、干预措施的主要类别等。同时,应着重呈现研究间的关键差异(如物种多样性、干预剂量范围和实验持续时间差异等),因为这些差异往往是后续异质性分析和结果讨论的重要基础。

2.5.3 偏倚风险评估结果

动物实验SR的偏倚风险评估通常揭示了研究设计和报告中的共性问题。撰写结果时,应重点总结偏倚风险的整体分布特征,并结合具体维度考虑其对研究结论的潜在影响。推荐使用可视化图表来直观呈现偏倚风险评估结果(如偏倚风险总结图,常用条形图展示各偏倚项的风险比例;或偏倚风险图,展示每个研究在各项偏倚上的具体判断)。在文字描述中,应重点指出在动物实验研究中普遍存在的偏倚风险较高或信息不清的领域(例如,随机序列生成的方法学描述、分配隐藏的实施细节、研究者/结局评价者的盲法实施情况以及选择性报告偏倚等)。此外,应客观简要说明评估过程中遇到的困难,如原始研究报告不充分导致大量条目被评为“信息不清楚”。这些评估结果不仅是后续敏感性分析和GRADE证据质量评价的基础,也为讨论研究局限性提供依据。

2.5.4 Meta分析结果与证据质量评价

若进行了Meta分析,此部分需清晰、准确地报告定量合成的结果,并结合证据质量评价进行解读。

(1) 合并效应值与结果描述。首先应呈现主要结局指标的Meta分析结果,需明确报告合并后的效应值及其95%CI和P值。但是,不能仅罗列统计结果,而应结合研究背景对其生物学或临床意义进行初步解读。同时,建议结合森林图直观展示研究间效应值的分布

及权重,并在文字中简要概括图表的核心信息,以提升结果的清晰度与可读性。对于主要结局指标,应同步呈现其证据质量等级,使读者能快速关联并理解结果的统计学显著性与实质可信度。对于次要结局指标,可以类似方式报告其Meta分析结果,或根据其重要性选择性报告关键指标,并分析其结果是否与主要结局一致或提供了额外信息(如安全性数据)。对于所有报告的结局,建议同时提及下文所述的证据质量等级。**示例:** Li等^[26]开展的Meta分析显示,中药联合PD-1/PD-L1抑制剂治疗可显著降低实验动物肿瘤重量[SMD=-2.79 (-3.75, -1.83), $P<0.01$, $I^2=81\%$ ($P<0.01$)](研究未行证据质量评估)。

(2) 异质性检验与敏感性分析。鉴于动物实验研究的高异质性,异质性分析是Meta分析结果报告中的重点。研究者必须报告评估研究间异质性的统计量(如 I^2 值或Q检验的P值)及其统计学意义。当异质性较高时(通常为 $I^2>50\%$),应报告为探索异质性来源而进行的亚组分析(基于预设的因素,如动物的物种、品种与品系以及干预剂量、研究质量等)、敏感性分析或Meta回归分析的结果,并说明哪些因素可能解释了部分异质性^[27]。显著异质性通常是GRADE评价中降级的重要原因之一,应在证据质量评价中予以明确。**示例:** Hajimirzaei等^[28]对动物脊髓损伤模型的Meta分析进行敏感性分析,发现其研究结果具有稳健性,即使剔除部分研究,合并效应值仍未发生显著变化。

(3) 发表偏倚与证据质量的综合评价。研究者应简要报告发表偏倚的评估结果。例如,描述漏斗图的形态(对称性),并报告Egger检验等定量检验的P值(若研究数量充足且进行分析)。若发现潜在的发表偏倚,需在结果中明确指出,并说明其对合并效应量可能产生的影响(通常是高估效应)以及在GRADE评价中作为降级因素的处理情况。最后,需呈现对主要结局指标的证据质量综合评价结果。强烈建议使用GRADE证据总结表清晰地列出每个结局指标的信息,包括纳入研究数量、合并效应量(含95%CI)及最终的证据质量等级(高、中、低、极低),并简述导致降级的主要原因(如偏倚风险、不一致性、间接性、不精确性、发表偏倚)。这种系统性的评价可为读者全面理解研究结论的可信度及其局限性提供关键依据。**示例:** van Rhijn-Brouwer F C C等^[29]在关于骨髓源性细胞治疗后肢缺血的动物实验Meta分析中,不仅通过漏斗图(原文图5)与剪补法分析揭示了显著的发表偏倚,且通过GRADE证据质量评价表(原文表3)详细

说明了最终证据等级被评为“低”的原因，综合了多维度的考量并提供了良好的示例。

2.6 讨论

讨论部分不仅是对结果的解读延伸，更是对研究方法、结果局限性以及未来研究方向的全面反思。在撰写动物实验SR与Meta分析的讨论部分时，研究者需要突破对结果的简单复述，紧密围绕动物实验的特性展开系统性论述。

2.6.1 结果意义与科学解读

讨论的首要任务是围绕研究问题，深入解读主要研究发现的科学意义。应将本次SR与Meta分析的结果（特别是主要结局指标的合并效应值或主要叙述性发现）置于现有知识体系和研究背景下进行比较和分析，阐述这些研究结果对既往理论或研究发现的验证、补充或革新作用，明确其在学科发展脉络中的定位与价值。同时，需结合动物模型的特点，探讨观察到效应的潜在生物学机制，并分析这些机制性解释与当前领域认知的契合度。

对于次要结局指标，应分析其是否支持主要结论，是否提供了关于干预措施不同方面（如安全性、作用时间依赖性）的有效信息，或是否揭示了新的研究线索。解读综合证据时，必须保持客观审慎的态度，避免过度推断。同时要认识到，动物实验的高度标准化环境可能与复杂的生物体内环境或临床情境存在差异，提示读者在理解结果的潜在转化价值时需持谨慎态度。

2.6.2 偏倚与局限性的分析

全面、坦诚地分析本项SR与Meta分析研究本身以及纳入的原始研究所存在的偏倚风险与局限性，是讨论部分不可或缺的核心内容，这直接关系到研究结论的可信度和适用范围。首先，应基于方法部分报告的偏倚风险评估结果，系统总结纳入研究普遍存在的方法学缺陷（如随机化、盲法实施不足，选择性报告等），并具体分析这些偏倚因素对本次SR与Meta分析的合并效应量估计及其可靠性的影响。其次，应讨论发表偏倚对研究结果的潜在影响，即使定量检测未发现显著偏倚，也应结合动物实验领域阳性结果更易发表的普遍现象，提示其可能性。此外，还需反思本次SR与Meta分析研究自身的局限性，例如，检索策略可能存在的遗漏（如语言偏倚、未发表研究）、纳入研究在PICO要素上的异质性可能限制了Meta分析的可行性或导致合并结果难以合理解释、数据提取中可能遇到的研究信息不完整等问题，以及GRADE证据质量评估结果普遍偏低所揭示的现有证据基础的薄弱之处。对

局限性的深入分析，不仅体现了研究者的科学态度，也为后续的研究改进指明了方向。

2.6.3 动物实验外推至临床的挑战

探讨动物实验结果向临床转化的适用性与挑战是讨论部分的另一个关键议题，也是动物实验研究的核心价值所在，必须审慎评估^[30]。首先，应重点分析动物模型与目标人类疾病之间的关键差异，包括物种间的生理、病理和遗传背景差异，以及模型构建方式能否真实模拟人类疾病的复杂病程和特征。其次，需关注实验设计与临床实践的差距：例如，动物实验中常用的干预剂量、给药途径、治疗时程等是否与临床应用相符；动物实验结局指标（尤其是替代终点）是否能够有效预测临床结局。最后，需讨论实验室环境的高度控制性与临床患者群体的高度异质性（如年龄、性别、合并症、生活方式等）之间的差异对研究结果普适性的限制。但在讨论这些挑战时，应避免简单否定动物实验的价值，而应建设性地提出提高研究结果临床转化潜力的策略：例如，通过改进实验设计（如采用更合适的动物模型、考虑多中心研究、优化干预方案使其更接近临床）或整合其他类型证据（如体外研究、临床观察数据）等。

2.6.4 总结与未来研究建议

在讨论部分的结尾，应简要总结本项SR与Meta分析的主要结论及其核心意义，再次强调研究的主要优势与局限性。同时，基于研究发现和对局限性的反思，提出具体可行的未来研究建议。这些建议可以针对原始动物实验研究的设计与执行（例如，提倡遵循ARRIVE指南，改进随机化和盲法实施方案，使用更相关的模型或结局指标，加强长期效应观察等），也可以针对未来的SR与Meta分析研究（例如，需要关注特定亚组，采用更先进的统计方法处理异质性，或纳入更多类型的证据进行整合）。此外，鼓励数据共享、预注册和发表阴性结果，以改善整个研究生态。上述多维度的改进策略，旨在推动该领域研究质量的持续提升，为科学进步和临床转化提供更可靠的证据基础。

示例：Wu等^[31]的Meta分析在讨论部分对研究结果进行了简要总结，概述了青蒿素及其衍生物对2型糖尿病动物模型的影响。随后，作者详细解释了主要结局的潜在机制及其证据支持，并系统评估了亚组分析结果的差异和潜在偏倚的原因及其对结果的影响。在此基础上，研究还强调了当前证据可能存在的风险（如青蒿素可能导致2型糖尿病患者的体重增加），并指出了进一步验证相关结果的必要性。最后，作者明

确指出了他们研究的主要局限性,并提出了未来研究的改进方向及建议。

3 结语

动物实验SR与Meta分析是科学整合临床前证据、评估研究质量和指导未来研究方向的关键方法学工具,其规范实施与报告对于提升动物实验研究的科学价值和临床转化潜力至关重要。本文系统梳理了动物实验SR与Meta分析从前期准备到报告撰写的全过程要点,强调在遵循研究的透明性、可重复性、规范性等核心原则的基础上,研究者必须充分关注并妥善处理动物实验固有的高异质性(物种、模型、条件等)和高偏倚风险等特殊挑战。研究者应熟练运用PRISMA、ARRIVE等报告指南和SYRCLE等评估工具,并结合GRADE方法审慎评价证据质量,以确保研究过程的严谨性和结果解读的客观性。

未来,随着循证医学理念的深化和研究方法的进步,动物实验SR与Meta分析的规范化程度将进一步提升。通过推广应用标准化报告指南、开发更精准的偏倚风险评估工具、探索更稳健的异质性处理统计方法,以及优化GRADE方法在动物实验证据评价中的应用细则,将能更好地应对当前面临的挑战。同时,要大力倡导研究预注册、数据共享以及阴性结果的全面发表,这是减少发表偏倚、构建更完整可靠证据生态的关键举措。这些努力将共同致力于提升动物实验SR与Meta分析的科学与可信度,从而更有效地指导后续的动物实验研究,加速基础研究发现向临床应用的转化进程,最终为生命科学与人类健康决策提供更坚实的证据支持。

[作者贡献 Author Contribution]

郑卿勇负责撰写并修改论文;

杨冬华、马智超和周姿余负责数据整理与图表绘制;

陆洋、王晶宇、邢丽娜、康迎英、杜莉、赵春香与狄宝山负责文献收集与检索;

田金徽构建论文框架,并指导核定文稿。

[利益声明 Declaration of Interest]

所有作者均声明本文不存在利益冲突。

[参考文献 References]

- [1] SANDERCOCK P, ROBERTS I. Systematic reviews of animal experiments[J]. *Lancet*, 2002, 360(9333): 586. DOI: 10.1016/S0140-6736(02)09812-4.
 - [2] 郑卿勇,李腾飞,许建国,等.动物实验证据整合方法研究的进展与挑战[J]. *实验动物与比较医学*, 2024, 44(5):567-576. DOI: 10.12300/j.issn.1674-5817.2024.079.
 - [3] HOOIJMANS C R, RITSKES-HOITINGA M. Progress in using systematic reviews of animal studies to improve translational research[J]. *PLoS Med*, 2013, 10(7): e1001482. DOI: 10.1371/journal.pmed.1001482.
 - [4] ANGIUS D, WANG H, SPINNER R J, et al. A systematic review of animal models used to study nerve regeneration in tissue-engineered scaffolds[J]. *Biomaterials*, 2012, 33(32):8034-8039. DOI:10.1016/j.biomaterials.2012.07.056.
 - [5] 赵霏,唐晓宇,寇城坤,等.动物实验系统评价/Meta分析的质量和报告特征[J]. *中国循证医学杂志*, 2018, 18(8):871-877. DOI: 10.7507/1672-2531.201803091.
 - [6] 胡凯燕,邢丽娜,姜彦彪,等.促进临床前动物实验系统评价发展,提高其成果的转化和利用[J]. *中国循证心血管医学杂志*, 2019, 11(12):1423-1425. DOI: 10.3969/j.issn.1674-4055.2019.12.03.
 - [7] HOOIJMANS C R, ROVERS M M, DE VRIES R B M, et al. SYRCLE's risk of bias tool for animal studies[J]. *BMC Med Res Methodol*, 2014, 14:43. DOI:10.1186/1471-2288-14-43.
 - [8] KOREVAAR D A, HOOFT L, TER RIET G. Systematic reviews and meta-analyses of preclinical studies: publication bias in laboratory animal experiments[J]. *Lab Anim*, 2011, 45(4):225-230. DOI:10.1258/la.2011.010121.
 - [9] PERCIE DU SERT N, HURST V, AHLUWALIA A, et al. The ARRIVE guidelines 2.0: Updated guidelines for reporting animal research[J]. *J Cereb Blood Flow Metab*, 2020, 40(9):1769-1777. DOI:10.1177/0271678x20943823.
 - [10] 张俊彦,刘晓宇,李垚,等.动物实验研究报告的国际指南ARRIVE 2.0介绍及期刊实施计划[J]. *实验动物与比较医学*, 2023, 43(1): 86-94. DOI:10.12300/j.issn.1674-5817.2023.014.
 - [11] PAGE M J, MCKENZIE J E, BOSSUYT P M, et al. The PRISMA 2020 statement: an updated guideline for reporting systematic reviews[J]. *BMJ*, 2021, 372: n71. DOI:10.1136/bmj.n71.
 - [12] MCGRATH J C, DRUMMOND G B, MCLACHLAN E M, et al. Guidelines for reporting experiments involving animals: the ARRIVE guidelines[J]. *Br J Pharmacol*, 2010, 160(7):1573-1576. DOI:10.1111/j.1476-5381.2010.00873.x.
 - [13] 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.
- [14] 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.
- [15] 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
- LI 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(6): 659-668. DOI: 10.12300/j.issn.1674-5817.2023.142.
- [16] 李夏莹, 田永路, 刘晓宇, 等. «动物研究:体内实验报告»即ARRIVE 2.0指南的解释和阐述(四)[J]. 实验动物与比较医学, 2023, 43(6): 659-668. DOI: 10.12300/j.issn.1674-5817.2023.142.
- LI X Y, TIAN Y L, LIU X Y, et al. Explanation and elaboration for the ARRIVE guidelines 2.0—Reporting Animal Research and *in Vivo* Experiments (IV)[J]. Lab Anim Comp Med, 2023, 43(6): 659-668. DOI: 10.12300/j.issn.1674-5817.2023.142.
- [17] 马政文, 李夏莹, 刘晓宇, 等. «动物研究: 体内实验报告»即ARRIVE 2.0指南的解释和阐述(五)[J]. 实验动物与比较医学, 2024, 44(1):105-114. DOI:10.12300/j.issn.1674-5817.2023.146.
- MA Z W, LI X Y, LIU X Y, et al. Interpretation and elaboration for the ARRIVE guidelines 2.0—Reporting Animal Research and *in Vivo* Experiments (V)[J]. Lab Anim Comp Med, 2024, 44(1):105-114. DOI: 10.12300/j.issn.1674-5817.2023.146.
- [18] 张晶芳, 沈晓旭, 沈星辰, 等. 麝香保心丸干预动脉粥样硬化模型动物实验的系统评价[J]. 中国循证心血管医学杂志, 2024, 16(7): 778-781, 788. DOI: 10.3969/j.issn.1674-4055.2024.07.03.
- ZHANG J F, SHEN X X, SHEN X C, et al. Shexiang Baoxin Pills for treatment of atherosclerosis in modeled animal experiment: a systematic review[J]. Chin J Evid Based Cardiovasc Med, 2024, 16(7): 778-781, 788. DOI: 10.3969/j.issn.1674-4055.2024.07.03.
- [19] WANG X J, ZHOU Y, XIE D L, et al. Melatonin intervention to prevent nanomaterial exposure-induced damages: a systematic review and meta-analysis of *in vitro* and *in vivo* studies [J]. J Appl Toxicol, 2025, 45(2):179-199. DOI:10.1002/jat.4676.
- [20] 刘津池, 刘畅, 华成舸. 随机对照试验偏倚风险评价工具RoB2 (2019 修订版)解读 [J]. 中国循证医学杂志, 2021, 21(6):737-744. DOI: 10.7507/1672-2531.202011144
- LIU J C, LIU C, HUA C G. Risk bias assessment tool RoB2 (revised version 2019) for randomized controlled trial: an interpretation[J]. Chin J Evid Based Med, 2021, 21(6):737-744. DOI: 10.7507/1672-2531.202011144.
- [21] 郑卿勇, 周泳佳, 许建国, 等. 诊断试验准确性网状Meta分析方法进展与挑战[J]. 中国循证医学杂志, 2025, 25(3):349-357.
- ZHENG Q Y, ZHOU Y J, XU J G, et al. Advancements and challenges in network meta-analysis of diagnostic test accuracy[J]. Chin J Evid Based Med, 2025, 25(3):349-357.
- [22] ROSENBERG M S. The file-drawer problem revisited: a general weighted method for calculating fail-safe numbers in meta-analysis[J]. Evolution, 2005, 59(2):464-468. DOI: 10.1111/j.0014-3820.2005.tb01004.x.
- [23] 李腾飞, 郑卿勇, 许建国, 等. 提高动物实验系统评价/Meta 分析的证据确定性: GRADE 方法的实证研究[J]. 实验动物与比较医学, 2025, 45(1):101-111. DOI: 10.12300/j.issn.1674-5817.2024.109.
- LI T F, ZHENG Q Y, XU J G, et al. Improving the certainty of evidence in animal experiment systematic review/meta-analysis: an empirical study of the GRADE method[J]. Lab Anim Comp Med, 2025, 45(1):101-111. DOI: 10.12300/j.issn.1674-5817.2024.109.
- [24] GUYATT G H, OXMAN A D, VIST G E, et al. GRADE: an emerging consensus on rating quality of evidence and strength of recommendations[J]. BMJ, 2008, 336(7650): 924-926. DOI:10.1136/bmj.39489.470347.AD.
- [25] CORDELLI E, ARDOINO L, BENASSI B, et al. Effects of Radiofrequency Electromagnetic Field (RF-EMF) exposure on pregnancy and birth outcomes: a systematic review of experimental studies on non-human mammals[J]. Environ Int, 2023, 180:108178. DOI:10.1016/j.envint.2023.108178.
- [26] LI J, FAN S P, LI H X, et al. Evaluation of efficacy, safety and underlying mechanism on Traditional Chinese medicine as synergistic agents for cancer immunotherapy: a preclinical systematic review and meta-analysis[J]. J Ethnopharmacol, 2025, 338(Pt 1):119035. DOI:10.1016/j.jep.2024.119035.
- [27] ZHU K, XU A Q, XIA W L, et al. Association between NAT2 polymorphism and lung cancer risk: a systematic review and meta-analysis[J]. Front Oncol, 2021, 11:567762. DOI:10.3389/fonc.2021.567762.
- [28] HAJIMIRZAEI P, TABATABAEI F S A, NASIBI-SIS H, et al. Schwann cell transplantation for remyelination, regeneration, tissue sparing, and functional recovery in spinal cord injury: a systematic review and meta-analysis of animal studies[J]. Exp Neurol, 2025, 384: 115062. DOI: 10.1016/j.expneurol.2024.115062.
- [29] VAN RHIJN-BROUWER F C C, WEVER K E, KIFFEN R, et al. Systematic review and meta-analysis of the effect of bone marrow-derived cell therapies on hind limb perfusion[J]. Dis Model Mech, 2024, 17(5): dmm050632. DOI: 10.1242/dmm.050632.
- [30] CICONE F, VIERTL D, DENOËL T, et al. Comparison of absorbed dose extrapolation methods for mouse-to-human translation of radiolabelled macromolecules[J]. EJNMMI Res, 2022, 12(1): 21. DOI: 10.1186/s13550-022-00893-z.
- [31] WU T C, FENG H Y, HE M M, et al. Efficacy of artemisinin and its derivatives in animal models of type 2 diabetes mellitus: a systematic review and meta-analysis[J]. Pharmacol Res, 2022, 175:105994. DOI:10.1016/j.phrs.2021.105994.

(收稿日期:2025-02-05 修回日期:2025-04-22)

(本文编辑:周培)

引用本文

郑卿勇, 杨冬华, 马智超, 等. 动物实验系统评价与Meta分析报告的规范撰写建议[J]. 实验动物与比较医学, 2025, 45(4): 496-507. DOI: 10.12300/j.issn.1674-5817.2025-017.

ZHENG Q Y, YANG D H, MA Z C, et al. Recommendations for standardized reporting of systematic reviews and meta-analysis of animal experiments[J]. Lab Anim Comp Med, 2025, 45(4): 496-507. DOI: 10.12300/j.issn.1674-5817.2025.017.