中国比较医学杂志
Chinese Journal of Comparative Medicine
ISSN 1671-7856,CN 11-4822/R

《中国比较医学杂志》网络首发论文

题目：实验动物学课程在中医药院校本科生科研素养培养中的作用与改革路径
作者：陈学群，钟秋明，林尧，黄镇
收稿日期：2026-06-24
网络首发日期：2026-10-16
引用格式：陈学群，钟秋明，林尧，黄镇．实验动物学课程在中医药院校本科生科研素养培养中的作用与改革路径[J/OL]．中国比较医学杂志．
https://link.cnki.net/urlid/11.4822.R.20261015.1724.006

网络首发：在编辑部工作流程中，稿件从录用到出版要经历录用定稿、排版定稿、整期汇编定稿等阶段。录用定稿指内容已经确定，且通过同行评议、主编终审同意刊用的稿件。排版定稿指录用定稿按照期刊特定版式（包括网络呈现版式）排版后的稿件，可暂不确定出版年、卷、期和页码。整期汇编定稿指出版年、卷、期、页码均已确定的印刷或数字出版的整期汇编稿件。录用定稿网络首发稿件内容必须符合《出版管理条例》和《期刊出版管理规定》的有关规定；学术研究成果具有创新性、科学性和先进性，符合编辑部对刊文的录用要求，不存在学术不端行为及其他侵权行为；稿件内容应基本符合国家有关书刊编辑、出版的技术标准，正确使用和统一规范语言文字、符号、数字、外文字母、法定计量单位及地图标注等。为确保录用定稿网络首发的严肃性，录用定稿一经发布，不得修改论文题目、作者、机构名称和学术内容，只可基于编辑规范进行少量文字的修改。

出版确认：纸质期刊编辑部通过与《中国学术期刊（光盘版）》电子杂志社有限公司签约，在《中国学术期刊（网络版）》出版传播平台上创办与纸质期刊内容一致的网络版，以单篇或整期出版形式，在印刷出版之前刊发论文的录用定稿、排版定稿、整期汇编定稿。因为《中国学术期刊（网络版）》是国家新闻出版广电总局批准的网络连续型出版物（ISSN 2096-4188，CN 11-6037/Z），所以签约期刊的网络版上网络首发论文视为正式出版。

实验动物学课程在中医药院校本科生科研素养培养中的作用与改革路径

陈学群[1]，钟秋明[2]，林 尧[1]，黄 镇[1]✉

（1.福建中医药大学 中西医结合学院，福州 350122；2.福建中医药大学 科技创新与转化中心，福州 350122）

*通信作者 黄镇（1987—），男，教授，博士，研究方向：实验动物资源开发与利用。E-mail: zhuang@fjtcm.edu.cn

摘要 科研素养是中医药院校本科人才培养的重要内容，但传统实验动物学教学多侧重基础知识和操作技能，对科学问题凝练、实验设计、动物模型评价及科研伦理等科研能力培养关注不足，且存在中医药特色融入不足、教学与科研实践衔接不紧密等问题。为提升实验动物学课程对学生科研素养培养的作用，本研究以科研能力培养为导向，利用实验动物学公共选修课程进行教学实践，将中医药特色案例、动物模型评价、规范化实验设计、动物福利与 3R 原则及形成性评价等融入教学。2023 年开设课程，并于 2026 年对首届学生开展 3 年后追踪调查，同时结合中医药院校相关实验动物学教师评价进行综合分析。结果显示，学生修课 3 年后科学问题与实验设计、数据分析与结果解释、科研写作及创新选题能力均呈提升趋势，4 项能力综合均值由 3.04 分提高至 3.64 分，68.29%的学生参与过科研或创新活动。教师评价显示，81.58%的教师认为课程对学生科研能力培养具有较大或明显促进作用。本课程教学研究表明，融合中医药特色与现代实验动物科学的课程改革，有助于培养本科生科研思维、规范实验设计能力和科研伦理意识，可为中医药院校实验动物学课程建设提供参考。

关键词 实验动物学；科研素养；本科生；教学改革；中医药院校

Role of Laboratory Animal Science in the Cultivation of Undergraduate Research Literacy and Curriculum Reform in Traditional Chinese Medicine Universities

Chen Xuequn[1], Zhong Qiuming[2], Lin Yao[1], Huang Zhen[1]✉

(1. College of Integrative Medicine, Fujian University of Traditional Chinese Medicine, Fuzhou 350122, China; 2. Innovation and Transformation Center, Fujian University of Traditional Chinese Medicine, Fuzhou 350122)

Abstract Research literacy is an essential component of undergraduate education in traditional Chinese medicine (TCM). However, conventional laboratory animal science courses tend to emphasize foundational knowledge and technical skills. Insufficient attention is often given to formulating research questions, designing experiments, evaluating animal models, and understanding research ethics. These courses may also inadequately incorporate TCM-specific content and remain poorly connected to authentic research practice. To strengthen research literacy, we redesigned a public elective course in laboratory animal science that integrates TCM-focused case studies, animal model evaluation, standardized experimental design, animal welfare, the 3Rs principles, and formative assessment. The course was launched in 2023, and a 3-year follow-up survey of the first student cohort was conducted in 2026. The survey findings were analyzed alongside evaluations from laboratory animal science instructors at TCM universities. Three years after completing the course, students showed improvements in research question formulation and experimental design, data analysis and interpretation, scientific writing, and development of innovative research topics. The mean composite score across these four competencies increased from 3.04 to 3.64, and 68.29% of students participated in research or innovation activities. Among the instructors surveyed, 81.58% considered the course to have substantially or markedly enhanced students' research competencies. These findings suggest that integrating TCM-specific content with modern laboratory animal science can strengthen scientific thinking, rigorous experimental design skills, and awareness of research ethics among undergraduates. This teaching approach may inform the development of

收稿日期：2026-06-24
基金项目：福建中医药大学青年科技创新培育计划项目（XQC2023007，XQC2024003）。
作者简介：陈学群（1990—），女，讲师，博士，研究方向：动物实验教学。E-mail: chenxq@fjtcm.edu.cn
网络首发时间：2026-10-16 09:59:19 网络首发地址：https://link.cnki.net/urlid/11.4822.R.20261015.1724.006

laboratory animal science curricula at TCM universities.
Key words laboratory animal science; scientific research literacy; undergraduates; teaching reform; traditional Chinese medicine institutions

科研素养是高等医药院校学生综合素质的重要组成部分，主要包括发现科学问题的能力、提出研究假设的能力、设计实验方案的能力、规范实施研究的能力、分析解释实验结果的能力，以及遵守科研伦理和学术规范的意识[1, 2]。对于中医药院校而言，学生不仅需要掌握中医药基础理论和临床思维，还需要具备运用现代科学方法阐释中医药理论内涵、评价中药疗效与安全性、推动中医药现代化发展的能力[3]。

实验动物学是以实验动物和动物实验为研究对象，融合生物学、兽医学、医学、药学、生物医学工程等多学科理论与方法的应用基础学科，是生命科学和医药学研究的重要技术支撑[4, 5]。已有研究指出，实验动物和动物实验可作为推动中医药现代化的重要支撑之一，中医药实验动物学应在实验方法和研究思路上体现中医药学术思想。因此，在中医药院校开设并优化实验动物学课程，不仅是完善学生知识结构的需要，也是提升学生科研素养、实践能力和创新能力的重要途径[4, 6]。

中医药研究具有整体观念、辨证论治、多成分、多靶点和整体调节等特点。无论是中药复方药效学研究、毒理学评价，还是针灸、推拿、情志干预等非药物疗法的机制研究，均离不开科学合理的动物模型和规范化动物实验[5]。实验动物学课程如果仅停留在动物种类、饲养管理、基本操作等通用知识层面，难以充分服务中医药人才培养目标。中医药院校应结合自身专业特点，将中医药特色、科研训练、伦理教育和创新教育有机融入实验动物学课程，使其成为培养学生科研素养的重要平台[6-8]。

本文首先基于中医药人才培养对实验研究、证据评价和科研伦理的现实需求，提出传统实验动物学存在教学偏重基础知识与操作、中医药特色融入不足、实践教学与科研设计衔接不够及考核方式单一等问题。其次，对中国古代中医药文化中的动物观察、药物应用和生命伦理资源进行科学辨析与现代转化，并将其融入动物模型评价、实验方案设计和科研伦理教学。进一步，在 2023 年首次以校内公共选修课形式开设实验动物学课程，围绕多专业本科生科研素养培养实施教学改革。2026 年，在首届学生修课 3 年后开展追踪调查，考察其科研素养状态及其与课程学习的关联；同时，面向多所中医药院校承担实验动物学课程的教师开展问卷调查，以教师的外部专业评价作为补充。最后，本文分析了课程对多专业学生的共同基础价值、三年后的持续作用，并提出了实验动物学课程后续改革重点。

1 中医药院校学生科研素养培养的现实需求

1.1 中医药现代化要求学生具备实验研究能力

中医药现代化并不是对传统理论的简单现代术语转换，而是借助现代科学技术，对中医药防治疾病的作用机制、物质基础和临床价值进行系统阐释。中医药院校学生未来在开展中药复方、单味中药、针灸、方剂、证候和病证结合研究时，往往需要通过动物实验建立科学证据[4]。

实验动物学课程能够帮助学生理解动物实验在中医药科研中的基础性作用，使其认识到科研活动并非单纯获得实验结果，而是围绕科学问题进行假设提出、方案设计、实验控制、数据分析和结果解释的完整过程。通过课程学习，学生能够逐步形成从中医理论问题出发，借助现代动物实验方法进行科学验证的基本思维[4, 9]。

1.2 中医证候和病证结合模型研究需要综合科研能力

中医药研究中常涉及气虚证、血瘀证、阴虚证、阳虚证、寒证、热证、湿热证、肝郁证等证候模型。与单纯疾病模型不同，中医证候模型不仅关注组织病理和生化指标，还强调整体状态、行为表现、体征变化、代谢特征和多系统调节。因此，中医证候动物模型的建立和评价，对学生的综合分析能力提出了更高要求。

实验动物学课程可以帮助学生理解疾病模型、证候模型和病证结合模型之间的关系，引导学生思

考模型是否符合中医理论内涵，是否具备现代实验评价指标，是否具有可重复性和可解释性[4-6]。中医动物模型是否真正符合“证”的本质、是否符合中医理论内涵，是教学中值得引导学生深入探讨的问题。这种训练有助于学生形成跨学科科研思维。

1.3 高质量科研训练需要规范化动物实验基础

学生在参与大学生创新项目、毕业论文、研究生课题或科研平台训练时，常常会开展动物实验。如果缺乏系统的实验动物学训练，容易出现动物品系选择不合理、模型建立依据不足、分组设计不严谨、样本量设置不合理、给药和采样操作不规范、伦理意识薄弱等问题。这些问题不仅影响实验结果的可靠性，也影响论文发表、课题申报和成果转化。

因此，在中医药院校学生科研训练早期设置实验动物学课程，有助于学生尽早建立规范化动物实验意识，提高其科研设计能力和科研诚信意识，为后续从事中医药科学研究奠定基础（表 1）。

1.4 多专业学生科研素养培养的共同基础

中医药院校专业类型多样。临床医学、中医学和针灸推拿等专业需要理解动物模型与临床问题、疾病和证候之间的转化边界；中药学、药学和制药工程等专业需要掌握药效、毒理和安全性评价的基本逻辑；护理及医药信息相关专业即使不直接实施动物实验，也需要理解动物研究证据的生成条件、伦理要求和可重复性，才能参与循证评价、数据管理和跨学科协作。以公共选修课形式开设实验动物学，有助于不同专业学生形成共同的科研语言、证据意识和伦理底线。

表1 科研素养培养与教学改革内容的关联

Table 1 Relationship between research literacy development and teaching reform content

科研素养维度 Evaluation dimension	教学内容 Teaching content	教学活动 Teaching activities	评价方式 Evaluation method
科学问题提炼 Scientific problem formulation	中医证候模型案例 Case studies of TCM syndrome models	案例讨论 Case discussion	问题凝练评分 Scoring of problem formulation
实验设计能力 Experimental design ability	动物模型与分组设计 Animal model and group design	小组方案设计 Group protocol design	实验设计评分表 Experimental design rubric
伦理意识 Ethical awareness	3R 原则与伦理审查 3R principles and ethical review	模拟伦理申请 Simulated ethics application	伦理申请书评分 Ethics application scoring
模型评价能力 Model evaluation ability	证候模型与病证结合模型 Syndrome and disease–syndrome integrated models	文献评审 Literature review	模型合理性分析报告 Model rationality analysis report
科研表达能力 Scientific communication ability	ARRIVE 2.0 规范 ARRIVE 2.0 guidelines	实验报告撰写 Experimental report writing	报告质量评分 Report quality scoring

2 当前课程建设中存在的主要问题

2.1 课程定位偏基础，科研素养导向不足

目前，部分中医药院校的实验动物学课程仍将其定位为基础知识或实验操作辅导课程，内容主要集中于实验动物分类、饲养管理、基本操作等基础性知识。这种课程定位限制了学生科研素养的培养，使其未能充分理解实验动物学在科研设计、动物模型选择、实验方案构建等方面的重要性。学生往往将课程视为技术性训练，而忽视了其在科学问题提出、实验设计、科研规范和伦理审查中的基础性作用。

2.2 中医药特色融入不够，专业适配性不足

实验动物学课程虽涵盖基本的动物实验技能，但其与中医药特色结合的深度不够，影响了课程的专业适配性。课程中涉及的动物模型和药效评价内容较为常规，未能充分融入中医药特色，如中医证候模型、中药复方研究、针灸机制研究等。这使得学生在学习动物模型时，难以将中医药理论与实验设计、模型评价及科研问题相联系，导致课程无法充分服务于中医药科研和人才培养的需求。

2.3 实践教学不足，学生科研体验不够

实验动物学的教学具有较强的实践性，但部分中医药院校的实验动物学课程在实践教学上投入不足，导致学生缺乏完整的科研训练体验。由于实验设施、经费和伦理审批等方面的限制，部分院校仅依靠课堂讲授、视频展示等方式进行教学，未能让学生深入实验室，亲身参与实验设计和操作。这样的教学方式限制了学生对实验全过程的理解，也缺乏对动物实验设计和数据分析的深度训练。

2.4 动物伦理教育深度不足，科研设计衔接不足

动物伦理教育在实验动物学课程中占有重要地位，但目前多数课程仍停留在伦理原则的概念性介绍层面，未能深入融入实际科研训练。学生虽然了解 3R 原则和伦理审查要求，但在实际实验设计中难以将这些原则有效落实。尤其是在中医药特色实验设计中，学生往往忽视动物福利、样本量估算、随机分组和盲法评价等伦理要求，导致实验设计不够规范。

2.5 考核方式单一，难以全面评价科研素养

现有的实验动物学课程多以闭卷考试为主要考核方式，过于注重学生对基本知识的记忆和掌握，忽视了对其科研设计、实验方案评估、模型合理性判断和伦理意识等能力的评价。科研素养的培养不仅需要学生掌握基础理论，更需要其具备从科研问题到实验设计的全面能力。

3 古代中医药文化与实验动物的关系及其在教学中的融入路径

3.1 树立文化自信与创新意识，夯实中医药科研认同

实验动物学课程在中医药院校中的价值，不仅在于传授现代实验技术，更在于引导学生理解中医药知识形成过程中所包含的观察意识与验证思维。古代中医药知识主要依托临床经验、自然观察和本草辨识逐步形成，其中动物相关材料虽不能等同于现代受控动物实验，但保存了古人从动物行为和生命反应中获得药物线索的思维方式。《异苑》[10]载：“昔有田父耕地，值见伤蛇在焉。有一蛇衔草著疮上，经日，伤蛇走。田父取其草余叶以治疮，皆验。本不知草名，因以蛇衔为名”。这一记载虽然带有经验性，却体现了古人通过观察动物自救行为发现药物功效的独特视角。同时，古代对动物药的开发也极为深入。《神农本草经》[11]载：“水蛭，味咸，平。主逐恶血、瘀血、月闭，破血瘕积聚，无子，利水道”。《本草纲目》[12]亦承继并发挥了对水蛭形态与功效的认识。这种将动物本身作为药用资源的传统，蕴含着丰富的人类防病治病智慧。

在教学过程中，将这部分古代中医药文化与现代实验动物科学的融通关系融入到第一章“实验动物学概论”第三节“实验动物科学发展概况”中。在讲授实验动物科学的发展历史与中医药现代化进程时，教师首先引导学生分析古代动物观察案例中蕴含的药物发现线索，再组织学生思考：古代经验如何转化为现代科学假设？若要验证某一传统动物药或植物药的药效，应如何选择实验动物、设置对照组、确定观察指标？通过上述教学设计，不仅能够增强学生对中医药文化的认同感和文化自信，也能够培养学生从传统经验中凝练科学问题、运用现代实验动物学方法开展中医药创新研究的意识和能力。

3.2 强化生命伦理感知，内化实验动物福利伦理意识

中医药文化强调“医者仁心”和“大医精诚”，现代动物实验则强调动物福利、伦理审查和 3R 原则，二者在尊重生命、规范研究行为方面具有内在一致性。然而，古代在药物与毒性认识过程中，也存在不少粗糙、冒险且伤害性强的验证方式，反映出由于时代局限而带来的伦理风险。《国语·晋语二》[13]记载骊姬“乃置鸩于酒，置堇于肉”。晋献公召太子申生献酒肉，祭祀时“公祭之地，地坟”；申生惊恐而出后，骊姬以肉饲犬、以酒饮小臣，犬和小臣均死。此材料说明古人已注意到可通过动物反应判断毒性，但其方式带有明显的偶然性与伤害性。《本草纲目·介之一·鼈》引姚福《庚己编》载三足鳖致人中毒案，为辨明毒性，“乃别取三足鳖，令妇如前烹治，取死囚食之，入狱亦化如前人，遂辨其狱”[12]。这种“以死囚试毒”的做法更暴露出古代验证方式在生命伦理上的严重缺陷。

在教学过程中，将这些古代文献案例融入到第二章“实验动物福利和伦理学要求”第一节《动物实

验的伦理和福利》中。在系统讲授动物实验的伦理原则、福利立法以及 3R 原则（替代、减少、优化）时，教师首先引导学生分析古代试毒案例中存在的问题，包括实验对象选择不当、缺乏伦理审查、缺少人道终点、实验伤害不可控以及结果解释不规范等。随后，将其与现代《实验动物福利伦理审查指南》（GB/T 35892-2018）[14]中的 3R 原则、麻醉镇痛、人道终点设置进行深度对照教学。课堂活动可设置为小组讨论与案例重构。教师提出问题：如果现代研究需要评价某种中药或动物药的潜在毒性，应如何在符合伦理规范的前提下开展实验？学生需围绕实验目的、替代方法评估、动物种类选择、样本量估算、剂量梯度设置、观察终点、麻醉镇痛措施、人道终点和伦理申请要点进行方案设计。通过这一过程，使学生从古代案例的伦理缺陷中反思现代科研规范的重要性，逐步形成“先伦理、后实验；先设计、后实施”的科研意识。引导学生认识到，现代中医药研究必须依赖规范的伦理审查、麻醉镇痛和仁慈终点等制度保障。这种历史与现代的强烈对比，能够促使学生在未来的中药药效及安全性评价中，自发将伦理意识落实到方案设计的全过程，从而有效达成强化生命伦理感知的教学效果。

3.3 提升问题提炼与转化能力，引导传统理论向现代实践转化

中医理论具有整体性与抽象性，如何将证候、病机、药性、方效等传统理论转化为可观察、可测量的现代科学问题，是科研素养培养的关键。古代本草材料中记载的动物观察，往往提供了宝贵的经验线索，但缺乏现代科学假设与严谨转化。《北梦琐言》[15]载：“庄内有鼠狼穴，养四子，为蛇所吞。鼠狼雄雌情切，乃于穴外坋土，恰容蛇头，俟其出穴。果入所分处出头，度其回转不及，当腰啮断而劈蛇腹，衔出四子，尚有气，置于穴外，衔豆叶嚼而傅之，皆活。”。这一材料体现了古人通过观察动物自救现象获取药物应用线索的过程，提示大豆叶可能与解毒、抗炎、止血或促进创面修复等作用有关。但从现代科学研究角度看，该记载仍停留在经验叙事层面，缺乏明确的实验对象、模型条件、剂量设置、对照设计、评价指标和作用机制阐释。因此，该案例非常适合作为训练学生从传统经验到现代科研问题转化的教学素材。

在教学过程中，将该部分内容融入到第五章“实验动物的选择和应用”第二节“医学研究中实验动物的选择和应用”中。在讲授如何围绕特定科研目的选择和应用实验动物时，教师首先引导学生分析案例中的核心信息：动物损伤背景、干预材料、大豆叶外敷、创伤恢复现象等；随后进一步启发学生思考：大豆叶是否真正具有促进伤口愈合或抗炎作用？其作用是来源于抗蛇毒、抗炎、止血，还是促进组织修复？如果要用现代实验动物学方法验证这一经验，应如何设计研究方案？课堂活动可设置为小组式科研方案设计。学生需围绕“大豆叶提取物是否促进动物创面修复”这一科学问题，设计包括实验动物选择、创伤模型建立、给药方式、剂量分组、阳性对照、阴性对照、观察时间点和评价指标在内的完整实验方案。例如，可选择小鼠或大鼠皮肤创伤模型，设置空白对照组、模型组、阳性药物组和大豆叶提取物不同剂量组，观察创面愈合率、组织病理变化、炎症细胞浸润情况，并检测肿瘤坏死因子-α（tumor necrosis factor-α，TNF-α）、白细胞介素-6（interleukin-6，IL-6）、白细胞介素-1β（interleukin-1β，IL-1β）、血管内皮生长因子（vascular endothelial growth factor，VEGF）、I型胶原α1 链（collagen type I alpha 1 chain，COL1A1）等炎症和修复相关指标。通过这种训练，学生能够理解传统经验并不能直接等同于科学结论，必须经过规范化动物实验和多维度指标验证，才能形成可解释、可重复、可推广的现代科学证据。通过这种从传统经验叙事向现代实验指标的转化训练，重点培养学生将临床经验或本草材料凝练为具体、可操作的现代科学问题的能力，切实达成提升问题提炼与转化能力的教学效果。

3.4 培养审慎思辨思维，提高证候与病证结合模型评价能力

动物模型是对中医证候或人类疾病的有限模拟，中医药科研必须审慎评估模型表征与中医理论内涵之间的契合度。古代中医关于动物的观察多属于直观类比、经验归纳，严重缺乏对模型条件、干预因素和非实验因素的严格控制。《异苑》[10]载：“青州刘烋，宋元嘉中射一獐，剖五脏，以其草塞之，蹶然而起，烋怪而拔草，便倒，如此三度。烋密录此草种之，主伤折多愈”。这一记载虽有损伤-干预-功能恢复的链条，但缺乏可重复性与客观评价。又如《证类本草·羊踯躅》[16]引陶弘景语：“羊

误食其叶，踯躅而死”。此类材料能提示药物毒性，但绝不能直接等同于现代规范的毒理学动物模型。总体而言，古代中医动物观察受控性不足，多服务于单一的药效或毒性判断等实用目的[17, 18]。

在教学设计中，将这些古代案例融入到第六章“人类疾病动物模型”第五节《中医证候动物模型》与第六节《病证结合动物模型》的教学中。在讲授中医证候动物模型的构建原则与科学评价标准时，教师首先引导学生分析古代动物观察案例中的有效信息与不足之处，例如是否有明确的研究对象、是否存在对照、是否控制干预因素、是否有可量化指标、是否能够重复验证。随后，将其与现代动物模型构建原则进行对照，强调动物模型应具备理论依据明确、造模因素可控、表型稳定、评价指标客观、重复性良好和伦理合规等基本要求。课堂活动可设计为小组讨论或模型评价训练。教师可提出问题：如果要将“草塞獐伤而复起”的经验转化为现代创伤修复模型，应如何设计实验？学生需围绕动物种属选择、标准化创伤模型、药物提取物制备、剂量梯度、阳性对照、阴性对照、创面愈合率、组织病理学、炎症因子和胶原沉积等指标进行方案重构。对于“羊误食踯躅而死”的案例，则可引导学生思考如何建立规范的急性毒性或亚急性毒性评价体系，包括剂量设计、观察时间、临床症状记录、血液生化检测、脏器指数和组织病理学评价等内容。通过这种训练，学生能够认识到动物表面现象并不等同于科学模型，模型建立必须经过严谨设计和多维度评价。

3.5 掌握规范化实验设计，提升科学受控研究与规范表达能力

规范化实验设计（如随机、双盲、对照及样本量估算）是科研结果具备真实性与可重复性的基石。古代中医动物实验之所以未能形成系统的学科体系，核心原因之一便是受控实验意识不足。与西方古代动物实验侧重于比较解剖、血流探索等基础研究取向不同，我国古代的动物应用多停留在药效、毒性或验案验证层面，主要用于证明已知经验[17-19]。《小品方》[20]载：“凡五月六月，井中及深冢中皆有伏气，入中令人郁闷杀人……亦可内生六畜等置中，若有毒，其物即死”。这一记载虽具备利用动物检测危险环境的受控实验萌芽，但由于时代限制，未能说明毒气成分、暴露浓度阈值与判断标准。又如《本草拾遗》[21]载：“赤铜屑主伤折……六畜死后，取骨视之，犹有焊痕，可验”。这虽体现了通过动物损伤观察验证药效的意识，但完全缺乏分组对照、剂量控制、病理学与影像学的客观评价。

在教学过程中，将这些案例融入到第七章“动物实验设计与结果分析”第一节《动物实验设计》的课堂教学中。在系统讲授随机化、对照设置、盲法评价等实验设计核心要素时，教师首先引导学生分析古代经验验证方式中存在的问题，例如实验对象不明确、观察指标主观、缺少对照、样本量不足、变量不可控、结论外推过度等。随后，结合现代动物实验设计原则，系统讲授随机化、盲法、对照组设置、样本量估算、剂量反应关系、统计学分析以及 ARRIVE 2.0 动物实验报告规范[22]，使学生认识到规范设计是保证研究结果真实、可靠和可重复的基础。

课堂活动可设置为跨越时空的实验重构训练。针对“六畜验伏气”案例，学生可尝试将其转化为现代环境毒理学实验设计，明确研究目的、动物种类、暴露条件、毒性气体检测方法、行为学指标、生理生化指标和人道终点。针对“赤铜屑主伤折”案例，学生可重构为现代骨损伤修复实验方案，设计模型组、阳性药物组、材料干预组和空白对照组，并结合 X 线或 micro-CT 影像学、骨组织病理学、骨密度、骨痂形成和炎症因子等指标进行综合评价。通过这一过程，学生能够直观理解从古代经验验证到现代受控研究之间的关键差异。

为进一步检验课程思政与案例教学的实施效果，本课程建立了以能力培养为导向的多元化评价体系（表 2）。课程评价结果由教师依据评分量表进行量化，满分为 100 分，其中课堂参与占 20%，案例分析报告占 20%，实验方案设计占 30%，伦理审查模拟占 15%，小组答辩与反思报告占 15%。评价内容不再局限于学生对实验动物学基础知识的掌握情况，而是重点考察其在中医药文化认同、动物伦理意识、科学问题提炼、动物模型评价和规范化实验设计等方面的综合能力。

表2 实验动物学课程思政案例教学活动及能力评价指标

Table 2 Case-based ideological and political teaching activities and competency evaluation indicators for the Laboratory Animal Science Course

教学模块 Teaching module	主要教学活动 Main teaching activities	评价方式 Assessment method	重点评价能力 Key competencies assessed
文化自信与创新意识 Cultural confidence and innovation awareness	古代动物观察案例讨论 Discussion of ancient animal observation cases	课堂讨论、小组汇报 Class discussion, group presentation	中医药文化认同、科学问题意识 Cultural identity of TCM, scientific questioning awareness
生命伦理与动物福利 Life ethics and animal welfare	古代试毒案例重构 Reconstruction of ancient toxicity-testing cases	伦理申请书、案例分析报告 Ethics application form; case analysis report	3R 原则理解、伦理审查意识 Understanding of 3R, ethical review awareness
问题提炼与转化 Problem formulation and translation	案例实验设计 Experimental design	实验方案设计书 Experimental protocol design document	科学假设提出、指标设计能力 Hypothesis formulation; indicator design ability
模型评价与审慎思辨 Model evaluation and critical thinking	创伤修复与毒性案例分析 Analysis of wound healing and toxicity cases	模型评价报告 Model evaluation report	模型合理性判断、批判性思维 Model validity judgment, critical thinking
规范化实验设计 Standardized experimental design	跨时空实验重构训练 Cross-temporal experimental reconstruction training	小组答辩、方案评分 Group defense, protocol scoring	随机、对照、盲法、样本量估算能力 Randomization, control, blinding, sample size estimation ability

4　教学改革实践与科研素养评价体系的构建

4.1 基于教学不足的公共选修课实施

针对前文所述课程定位偏基础、中医药特色融入不足、实践教学与科研设计衔接不够、动物伦理教育偏重概念以及考核方式单一等问题，本研究于 2023 年首次以公共选修课形式面向不同专业本科生开设实验动物学课程。课程不以知识传授和单项操作训练为唯一目标，而以科研素养培养为主线，将中医药案例、动物模型选择与评价、规范化实验设计、动物伦理与 3R 原则及形成性评价融入教学，旨在为多专业学生建立实验动物研究所需的共同科研基础。

4.2 教学成效追踪与问卷设计

为了解课程学习离开课堂后的持续影响，2026 年，在首届学生完成课程学习 3 年后开展追踪调查，核心目标是评价学生三年后的科研素养状态，共获得有效学生问卷 41 份。受访者覆盖临床医学、中医学、中药学、针灸推拿、中西医结合、药学、制药工程、护理、信息管理与信息系统等培养方向。学生问卷重点调查三年后的科研能力、科研活动参与、承担角色、课程帮助和满意度，同时回顾修课前科研经历与能力，后者仅作为描述性参照，并非 2023 年独立采集的基线。矩阵题按 1～5 分赋值，依次对应最低至最高等级；以频数计算加权均值，并将第 4、5 等级合并为较高能力或积极评价。多选题以有效填写人数为分母，各选项比例之和可超过 100%。现有 Microsoft Excel 2019（版本号：16.0.19127.20800）为平台汇总数据，不含逐名答卷，故不进行个体配对检验、信效度分析或多变量分析。

为辅助解释学生追踪结果，同期主要面向多所中医药院校承担实验动物学课程的教师开展问卷，共获得有效问卷 19 份。教师问卷调查教龄、教学内容、课程对学生科研能力和科研参与的作用、改革措施及课程价值，用于提供中医药院校课程建设者的外部专业视角，不作为本校学生三年变化的对照证据。由于教师问卷未设置高校名称字段，本文不报告参与高校数量，也不进行校际比较。

4.3 教学改革后的科研素养评价

2026 年调查显示，修课 3 年后的学生已分布于医学、中医药、药学、护理和医药信息等不同专业培养方向，体现了公共选修课覆盖群体的多样性。学生回顾修课前科研经历时，33 名（80.49%）报告无科研经历或仅完成过课程实验、实验报告。以修课前能力的回顾性评价作为描述性参照，4 项共同科研能力在三年后均呈正向变化（表 3）：合计均值由 3.04 分升至 3.64 分，较高能力比例由 26.22%升至 63.41%，增加 37.20 个百分点。其中，数据整理、统计与结果解释的较高能力比例增加 43.90 个百分点，科学问题与实验设计增加 41.46 个百分点，科研写作增加 34.15 个百分点，创新选题与技术路线增加 29.27 个百分点。

修课 3 年后，28 名学生（68.29%）报告参加过至少一项科研或创新活动，其中数据整理、统计分析或图表制作占 41.46%，动物实验或其他科研实验占 36.59%。17 名学生（41.46%）已作为普通成员完成具体任务或作为核心成员独立承担研究环节。对课程帮助程度能够作出判断的 35 名学生中，23 名（65.71%）认为帮助较大或非常大；34 名学生（82.93%）对课程比较满意或非常满意。动物模型选择与评价被选为帮助最大的教学活动，占 41.46%。

表3 课程实施前与修课3年后学生科研能力评价结果比较（n = 41）

Table 3 Comparison of students' research competency ratings before course implementation and three years after course completion (n = 41)

能力维度 Competency dimension	修课前回顾均值 Retrospective pre-course mean	3 年后随访均值 Three-year follow-up mean	均值变化 Mean change	修课前较高评价比例/% Pre-course high-rating proportion /%	3 年后较高评价比例/% Three-year follow-up high-rating proportion /%	变化/百分点 Change/percentage points
科学问题提出与基础实验设计 Scientific question formulation and basic experimental design	3.02	3.63	+0.61	21.95	63.41	+41.46
数据整理、统计分析与结果解释 Data management, statistical analysis, and interpretation of results	3.10	3.73	+0.63	26.83	70.73	+43.90
文献检索与科研写作 Literature retrieval and scientific writing	3.17	3.68	+0.51	31.71	65.85	+34.15
研究选题与创新研究路径设计 Research topic selection and innovative research pathway design	2.88	3.51	+0.63	24.39	53.66	+29.27
四项综合均值 Overall mean across the four dimensions	3.04	3.64	+0.60	26.22	63.41	+37.20

4.4 中医药院校教师的辅助评价

教师问卷用于从中医药院校课程建设者视角辅助判断实验动物学与科研素养培养的契合度，不作为本校课程长期成效的直接验证。调查主要面向多所中医药院校承担实验动物学课程的教师。19 名教师中 12 名（63.16%）教龄超过 10 年，14 名（73.68%）教龄达到 6 年以上；任课内容覆盖基础理论、动物福利伦理、动物选择与模型、实验设计、数据分析、科研案例和实践训练。教师对课程促进六项科研能力的总体均值为 3.92 分，81.58%的评价为作用较大或明显（表 4）。实验设计和科研伦理规范的积极评价率均为 94.74%，数据整理与统计分析相对较低，为 63.16%。

16 名教师（84.21%）认为学生参与科研活动的积极性明显或显著提高，16 名（84.21%）认为参与科研训练的学生数量增加，或课程明显促进学生进入实验室和参与项目。全部教师均认同实验动物学是培养中医药院校本科生科研素养的重要课程，其中 73.68%非常认同。教师认为课程最突出的价值是提升实验设计能力和强化动物伦理与科研规范意识，两项均为 100%；帮助学生建立科研思维及促进中医药理论与现代科研方法结合均为 89.47%。

表4 中医药院校教师对课程促进学生科研能力的评价结果（n = 19）

Table 4 Faculty evaluations of the course's contribution to students' research competencies in universities of traditional Chinese medicine (n = 19)

能力维度 Competency dimension	促进作用评价均值 Mean rating of the course's contribution	认为促进作用较大或明显的教师比例/%Faculty reporting a substantial or marked contribution/%
科学问题发现能力 Ability to identify scientific questions	3.84	78.95
实验设计能力 Experimental design ability	4.11	94.74
数据整理与统计分析能力 Data management and statistical analysis ability	3.68	63.16
科研论文与报告撰写能力 Research paper and report writing ability	3.84	84.21
创新项目设计能力 Innovative research project design ability	3.74	73.68
科研伦理与规范意识 Awareness of research ethics and professional standards	4.32	94.74
六项综合均值 Overall mean across the six dimensions	3.92	81.58

4.5 研究边界

本研究的三年观察窗口有助于了解学生离开课堂后的持续状态，但不能视为严格的纵向前后对照。学习前能力由学生在三年后回顾，可能存在回忆偏倚；三年间其他课程、实验室训练和创新项目也可能影响能力。公共选修课存在自选择偏倚，且未获得原选课总人数和追访率。问卷为自编工具，现有数据仅为汇总频数，无法进行个体配对、信效度检验或专业分层分析。教师问卷虽主要面向多所中医药院校，但导出数据不含学校字段，不能量化校际异质性。综上，学生问卷反映的是首届学生修课 3 年后的科研素养状态及其与课程学习的初步关联，教师问卷仅提供外部专业视角，二者均不能支持因果推断。

5　教学成效追踪与中医药院校教师评价对课程改革的启示

5.1 公共选修课为多专业学生提供共同科研基础

三年后受访学生覆盖临床、中医、中药、针灸推拿、中西医结合、药学、制药、护理和医药信息等不同培养方向，说明实验动物学的价值并不限于动物实验操作。不同专业均需判断动物研究的设计质量、伦理合规性和证据适用范围。公共选修课能够以动物模型、实验设计和科研伦理为共同语言，连接中医药理论、现代生物医学研究与跨学科协作。既往研究也指出，实验动物学课程改革应坚持理论与实践并重，统筹动物福利教育、前沿知识更新、教学方法创新和师资队伍建设，并通过科教融合将课程教学与科研平台、创新项目及实践训练有机衔接，以增强学生的科研思维和创新能力[23-25]。

5.2 中医药院校资深教师评价增强课程价值判断的外部视角

教师问卷主要面向多所中医药院校，且 63.16%的教师教龄超过 10 年，使评价不局限于本研究所在的学校。全部教师均认同课程对本科生科研素养培养的重要性，实验设计和科研伦理获得最高评价。该结果与学生三年后的能力分布方向一致，支持将实验动物学从技术性知识课程提升为科研设计、证据评价和伦理规范并重的重要基础课程。相关教学实践还表明，将尊重生命、动物福利、科研诚信、责任意识等育人元素与实验动物学的专业章节、科研案例和实践活动有机融合，有助于强化价值引领与专业能力培养的协同作用，提升课程的综合育人效能[26, 27]。但由于未采集高校名称，不能将这一一致性解释为已验证的校际普遍性。

5.3 补强数据分析、科研写作与高阶科研参与

教师对数据整理与统计分析促进作用的积极评价率为 63.16%，低于实验设计和科研伦理。三年后仅 7.32%的学生作为核心成员独立承担研究环节，尚无学生报告担任项目负责人。课程应增加真实数据清理、统计方法选择、图表制作和结果解释任务，并将实验报告逐步转化为结构化摘要、研究方案和项目申请书。在实验条件、教学课时和伦理审批等因素限制实践教学的情况下，还可探索引入人工智能辅助虚拟仿真、实验动物监测分析和虚拟动物模型等教学资源，拓展学生对复杂实验过程和研究情境的认识[28]。同时，应明确人工智能仅作为辅助工具，由教师和学生对其生成内容、分析结果及参考信息进行核验，避免技术依赖和不规范使用。课程结束后还应建立与实验室、大学生创新项目和学科竞赛的衔接机制。

5.4 建立长期、客观且可比较的评价体系

后续评价应在开课前采集独立基线，设置匿名配对编码，并记录专业、学校和后续科研经历。条件允许时可采用分期实施或对照设计。除问卷外，还应依据表 5 评价实验方案、数据分析作业、科研写作文本、伦理审查材料及创新项目成果，从而形成“教学目标—教学活动—能力评价—长期追踪—反馈改进”的闭环。

表5 实验动物学课程建设成效评价体系

Table 5 Evaluation framework for laboratory animal science course development outcomes

一级评价指标 Primary evaluation indicators	分值 Score	二级评价内容 Secondary evaluation content	评价方式 Assessment method	对应预期成效 Expected outcomes
基础知识与实验技能 Basic knowledge and experimental skills	20 分 20 points	掌握实验动物种类、品系特点、饲养管理、质量控制、基本操作和实验安全要求 Master laboratory animal types, strains, husbandry, quality control, basic operations and safety requirements	理论测试、课堂提问、操作考核 Theory test, Q&A, practical assessment	提高基础知识掌握与实验技能 Improve mastery of basic knowledge and experimental skills
科研问题提炼与实验设计 Scientific problem formulation and experimental design	30 分 30 points	能够从中医药理论、古代案例或现代科研问题中凝练科学假设；合理设计动物实验方案，包括动物选择、模型建立、分组设计、剂量设置、检测指标和统计方法 Formulate hypotheses from TCM theory, ancient cases or modern research; design animal experiments including selection, modeling, grouping, dosing, indicators and statistics	实验方案设计书、案例重构、小组汇报 Experimental design report, case reconstruction, group presentation	增强科研思维和创新能力 Enhance scientific thinking and innovation ability
动物伦理与科研规范 Animal ethics and research standards	20 分 20 points	理解并应用 3R 原则、伦理审查、动物福利、麻醉镇痛、人道终点、样本量控制和 ARRIVE 2.0 报告规范 Understand and apply 3R principles, ethics review, welfare, anesthesia, humane endpoints, sample size control and ARRIVE 2.0	伦理模拟、案例分析报告 Ethics simulation, case analysis report	强化伦理与科研规范意识 Strengthen ethics and research compliance awareness
跨学科创新能力 Interdisciplinary innovation ability	15 分 15 points	能够将中医证候模型、中药药效评价、针灸机制研究与类器官、基因编辑动物、多组学、影像学等现代技术结合 Integrate TCM syndrome models, pharmacology, acupuncture mechanisms with organoids, gene editing, multi-omics, imaging	文献评述、创新设计、课堂讨论 Literature review, innovation design, discussion	提升跨学科视野与问题解决能力 Improve interdisciplinary vision and problem solving ability
学习反思与综合表达 Learning reflection and comprehensive expression	15 分 15 points	总结课程学习收获，反思传统经验与现代科学证据的关系，清晰表达实验设计思路和模型评价意见 Summarize learning outcomes; reflect on traditional vs modern evidence; clearly express design and evaluation	小组答辩、反思报告 Presentation, reflection report	培养独立科研和实践能力，提高综合评价能力 Develop independent research and comprehensive evaluation ability
合计 Total	100 分 100 points			

6 结语

本研究针对课程偏重知识与操作、中医药特色融入不足、科研训练衔接不紧及评价方式单一等问题，实施了以科研素养培养为导向的教学改革。开设的实验动物学公共选修课能够跨越专业边界，为

不同培养方向的本科生提供理解动物研究证据、评价模型、设计实验和遵守科研伦理的共同基础。2026 年开展的三年追踪调查显示，四项科研能力分布均呈正向变化，多数学生已参与科研或创新活动。来自多所中医药院校、以资深教师为主的评价进一步表明，课程在实验设计、科研伦理、科研思维及中医药与现代科研方法衔接方面具有重要价值。

本文的相关成果仍受回顾性前测、公共选修课自选择和小样本等限制。后续将采用前瞻性基线、个体配对、客观作品评分和跨校可比较设计，验证实验动物学课程的长期效果。

参考文献：

[1] 国务院．国务院关于印发中医药发展战略规划纲要（2016—2030 年）的通知：国发〔2016〕15 号[EB/OL]．（2016-02-22）[2026-10-12]．https：//www．gov．cn/zhengce/content/2016-02/26/content_5046678．htm
State Council of the People's Republic of China. Notice of the State Council on issuing the Outline of the Strategic Plan for the Development of Traditional Chinese Medicine (2016–2030): Guo Fa [2016] No. 15[EB/OL]. (2016-02-22)[2026-10-12]. https://www.gov.cn/zhengce/content/2016-02/26/content_5046678.htm

[2] 国务院办公厅．国务院办公厅关于加快医学教育创新发展的指导意见：国办发〔2020〕34 号[EB/OL]．（2020-09-23）[2026-10-12]．https：//www．gov．cn/zhengce/zhengceku/2020-09/23/content_5546373．htm
General Office of the State Council of the People's Republic of China. Guiding opinions of the General Office of the State Council on accelerating the innovative development of medical education: Guo Ban Fa [2020] No. 34[EB/OL]. (2020-09-23)[2026-10-12]. https://www.gov.cn/zhengce/zhengceku/2020-09/23/content_5546373.htm

[3] 程海波．新时代中医药人才自主培养体系构建与实践 [J]．南京中医药大学学报（社会科学版），2024，25（5）：293-299．
Cheng H B. Construction and practice of independent training system for traditional Chinese medicine talents in the New Era [J]. J Nanjing Univ Tradit Chin Med Soc Sci Ed, 2024, 25(5): 293-299.

[4] 李继平，金剑，秦川．实验动物在医学创新研究与发展中的作用 [J]．中国医药导报，2014，11（31）：152-155．
Li J P, Jin J, Qin C. Effect of aboratory animals in medical innovation research and development [J]. China Med Her, 2014, 11(31): 152-155.

[5] 秦川，魏泓．实验动物学 [M]．2 版．北京：人民卫生出版社，2015：157–170．
Qin C, Wei H. Laboratory animal science [M]. 2nd ed. Beijing: People’s Medical Publishing House, 2015: 157-170.

[6] 章敏，刘雁云，顾欣，等．中医药院校实验动物学的特色创新教育 [J]．中国比较医学杂志，2024，34（5）：100-105．
Zhang M, Liu Y Y, Gu X, et al. Characteristics and innovations in education of laboratory animal science in Traditional Chinese Medicine Colleges and Universities [J]. Chin J Comp Med, 2024, 34(5): 100-105.

[7] 孟寒，张兆南，杨子豪，等．基于“新三中心”的医学实验动物学教学模式创新 [J]．中国比较医学杂志，2023，33（6）：90-94．
Meng H, Zhang Z N, Yang Z H, et al. Teaching method innovations in medical laboratory animal science under the “new three centers” education concept [J]. Chin J Comp Med, 2023, 33(6): 90-94.

[8] 许东晖，麦智聪，高汶静，等．“教-学-用”模式探索实验动物学教学改革 [J]．生物学杂志，2025，42（5）：126-130．
Xu D H, Mai Z C, Gao W J, et al. Exploring the teaching reform in laboratory animal science through the “teaching-learning-application” model [J]. J Biol, 2025, 42(5): 126-130.

[9] 应颖，林桂淼，陈献雄，等．基于培育医学生科研素养的创新能力训练体系建立及实施 [J]．医学教育管理，2021，7（1）：11-15，25．
Ying Y, Lin G M, Chen X X, et al. Establishment and implementation of an innovative ability training system based on cultivating medical students' scientific research literacy [J]. Med Educ Manag, 2021, 7(1): 11-15, 25.

[10] 刘敬叔．异苑 [M]．北京：中华书局，1996：22．
Liu J S. Yiyuan [M]. Beijing: Zhonghua Book Company, 1996: 22.

[11]（魏）吴普等述，（清）孙星衍，（清）孙冯翼撰．神农本草经 [M]．戴铭，黄梓健，余知影，等，点校．南宁：广西科学技术出版社，2016：150．
Wu P (Wei Dynasty), et al., narrators; Sun X Y, Sun F Y (Qing Dynasty), compilers. Shennong Bencao Jing [M]. Dai M, Huang Z J, Yu Z Y, Cao Y, collators. Nanning: Guangxi Science and Technology Press, 2016: 150.

[12]（明）李时珍．本草纲目 [M]．张守康，校注．北京：中国中医药出版社，1999：887．
Li S Z (Ming Dynasty). Compendium of Materia Medica [M]. Zhang S K, collated and annotated. Beijing: China Press of Traditional Chinese Medicine, 1999: 887.

[13] 宋可汲．国语直解 [M]．上海：复旦大学出版社，2000：396．
Song K J. Direct Interpretation of Guoyu [M]. Shanghai: Fudan University Press, 2000: 396.

[14] 国家质量监督检验检疫总局，中国国家标准化管理委员会．实验动物 福利伦理审查指南：GB/T 35892—2018[S]．北京：中国标准出版社，2018．
State Administration for Market Regulation, National Standardization Administration. Laboratory animal-Guideline for ethical review of animal welfare: GB/T 35892-2018 [S]. Beijing: Standards Press of China, 2018.

[15]（宋）孙光宪．北梦琐言 [M]．北京：中华书局，1960：196．
Sun G X (Song Dynasty). Bei Meng Suo Yan [M]. Beijing: Zhonghua Book Company, 1960: 196.

[16]（宋）唐慎微．重修政和经史证类备用本草 [M]．北京：人民卫生出版社，1957：300．
Tang S W (Song Dynasty). Chongxiu Zhenghe Jingshi Zhenglei Beiyong Bencao [M]. Beijing: People’s Medical Publishing House, 1957: 300.

[17] 林新治．中医古代之动物实验 [J]．河南中医，1992，12（5）：205-206．
Lin X Z. Animal experiments in ancient Chinese medicine [J]. Henan Tradit Chin Med, 1992, 12(5): 205-206.

[18] 邹移海，黄韧，连至诚，等．中医实验动物学 [M]．广州：暨南大学出版社，1999：1-10．
Zou Y H, Huang R, Lian Z C, et al. Laboratory animal science in traditional chinese medicine [M]. Guangzhou: Jinan University Press, 1999: 1-10.

[19] Magner L N. 生命科学史 [M]. 李难, 崔极谦, 王水平, 译. 武汉: 华中工学院出版社, 1985: 35-45.
Magner L N. A History of the Life Sciences [M]. Li N, Cui J Q, Wang S P, translators. Wuhan: Huazhong Institute of Technology Press; 1985: 35-45.
[20] (南北朝) 陈延之, 撰; 高文铸, 辑注. 小品方·要方第十卷 [M]. 北京: 中国中医药出版社, 1995: 190.
Chen Y Z (Southern and Northern Dynasties), annotated by Gao W Z. Xiaopin Fang Yaofang, Volume 10 [M]. Beijing: China Press of Traditional Chinese Medicine, 1995: 190.
[21] (唐) 陈藏器. 本草拾遗辑释 [M]. 尚志钧, 辑释. 合肥: 安徽科学技术出版社, 2002: 327.
Chen C Q (Tang Dynasty). Bencao Shiyi Jishi [M]. Compiled and annotated by Shang Zhijun. Hefei: Anhui Science and Technology Press, 2002: 327.
[22] 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.
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.
[23] 李自发, 刘珊, 孙伟, 等. 高校实验动物学科教融合体系思考——以山东中医药大学为例 [J/OL]. 实验动物与比较医学, 1-11[2026-10-13]. https://link.cnki.net/urlid/31.1954.Q.20260424.1611.004.
Li Z F, Liu S, Sun W, et al. Reflections on the integration of education and scientific research in laboratory animal science in universities: A case study of Shandong University of Traditional Chinese Medicine [J/OL]. Lab Anim Comp Med, 1-11[2026-10-13]. https://link.cnki.net/urlid/31.1954.Q.20260424.1611.004.
[24] 肖春兰, 盛雅洁, 王禹斌, 等. 医学院校实验动物学课程改革的几点建议 [J]. 实验动物与比较医学, 2019, 39(6): 496-498, 504.
Xiao C L, Sheng Y J, Wang Y B, et al. Some suggestions on the curriculum reform of laboratory animal science in medical colleges [J]. Lab Anim Comp Med, 2019, 39(6): 496-498, 504.
[25] 王蓉, 赵四海, 白亮, 等. 实验动物学教学科研助力新质创新人才培养的探讨 [J]. 中国比较医学杂志, 2025, 35(6): 93-98.
Wang R, Zhao S H, Bai L, et al. Teaching and research of laboratory animal science support the cultivation of new quality and innovative talents [J]. Chin J Comp Med, 2025, 35(6): 93-98.
[26] 赵亚, 张彩勤, 孟寒, 等. 课程思政视域下实验动物学教学实践探索 [J]. 实验动物与比较医学, 2023, 43(6): 641-646.
Zhao Y, Zhang C Q, Meng H, et al. Exploration of laboratory animal science teaching practice from perspectives of curriculum ideology and politics [J]. Lab Anim Comp Med, 2023, 43(6): 641-646.
[27] 朱翔, 吴延军, 董元秋, 等. 《实验动物学》课程思政建设与实践——以贵州中医药大学本科生选修课教学为例 [J/OL]. 实验动物与比较医学, 1-9 [2026-10-12]. https://link.cnki.net/urlid/31.1954.Q.20260622.0926.002.
ZHU X, WU Y J, DONG Y Q, *et al*. Construction and practice of curriculum ideology and politics in Laboratory Animal Science: A case study of an undergraduate elective course at Guizhou University of Traditional Chinese Medicine [J/OL]. Lab Anim Comp Med, 1-9 [2026-10-12]. https://link.cnki.net/urlid/31.1954.Q.20260622.0926.002.
[28] 袁晓龙, 邵嘉豪, 王添添, 等. 人工智能在实验动物科学教学的运用进展 [J]. 中国比较医学杂志, 2025, 35(12): 103-112.
Yuan X L, Shao J H, Wang T T, et al. Advances in the application of artificial intelligence in laboratory animal science education [J]. Chin J Comp Med, 2025, 35(12): 103-112.