

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 SH, 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.

doi: 10.3969/j.issn.1671-7856.2025.06.010

实验动物学教学科研助力新质创新人才培养的探讨

王蓉,赵四海,白亮,王维蓉,屈鹏祥,郭龙,刘恩岐*

(西安交通大学基础医学院实验动物学系,西安交通大学医学实验动物中心,西安 710061)

【摘要】 新质生产力是新时代推动我国高质量发展的战略引擎,是增强发展新动能和构筑国家新优势的内在需求和重要着力点。发展新质生产力关键在于创新人才的培养和创新科技的产生。实验动物学作为一门集成了生物学、医学、药学、生物医学工程等多学科的综合型交叉基础学科,不仅能够培养创新意识、创新思维、创新精神和创新操作能力等方面推动新质创新人才队伍建设,而且在生物医药的基础研究和临床转化领域大力推进了前沿技术的发展及颠覆性研究成果的转化,为我国的科技进步与创新发展提供重要保障。

【关键词】 创新人才培养;实验动物学;实验动物;教学;科研

【中图分类号】 R-33 **【文献标识码】** A **【文章编号】** 1671-7856 (2025) 06-0093-06

Teaching and research of laboratory animal science support the cultivation of new quality and innovative talents

WANG Rong, ZHAO Sihai, BAI Liang, WANG Weirong, QU Pengxiang, GUO Long, LIU Enqi*

(Department of Laboratory Animal Science, School of Basic Medical Sciences, Xi'an Jiaotong University and Laboratory Animal Center, Xi'an Jiaotong University, Xi'an 710061, China)

【Abstract】 New quality productivity is a strategic engine for promoting high-quality development and is an inherent requirement and important focus for enhancing new driving forces and building national advantages. The cultivation of innovative talents and technological innovation are key to the development of new quality productivity. Laboratory animal science is a comprehensive interdisciplinary subject that integrates multiple disciplines including biology, medicine, pharmacy, and biomedical engineering. Teaching and research of laboratory animal science not only promotes the creation of innovative talent teams by cultivating innovative consciousness, thinking, spirit, and operational abilities, but also promotes the development of cutting-edge technologies and the transformation of disruptive research result in the fields of basic research and clinical translation of biomedicine, thus providing important guarantees for China's scientific and technological progress and innovative development.

【Keywords】 cultivation of innovative talents; laboratory animal science; laboratory animals; teaching; scientific research

Conflicts of Interest: The authors declare no conflict of interest.

[基金项目]陕西省创新能力支撑计划项目(2023-CX-PT-01)。

[作者简介]王蓉(1986—),女,博士,副教授,研究方向:实验动物学及心血管病动物模型的研发与应用。

E-mail:rongw1986@xjtu.edu.cn

[通信作者]刘恩岐(1965—),男,博士,教授,研究方向:实验动物模型研发及心血管病防治。E-mail:liuenqi@mail.xjtu.edu.cn

2023 年 9 月,习近平总书记在黑龙江考察调研期间首次提出“新质生产力”这一原创性概念,为我国新时代新征程进一步推进科技创新和高质量发展指明了前进方向^[1]。有别于传统生产力,新质生产力是以创新为主导,以高科技、高效能和高质量为特征,因此,创新驱动是发展新质生产力的关键^[2]。

实验动物是促进生命科学创新发展、新药研发和精准化医疗不可或缺的重要支撑^[3-4]。迄今为止,约 70% 以上的诺贝尔生理学或医学奖研究成果离不开实验动物的贡献。实验动物学作为一门系统研究实验动物和动物实验的基础综合性学科,是生物医学研究和创新型人才培养的重要基础支撑^[5-6]。其一方面为基础研究提供创新资源和技术,另一方面为研究成果的应用转化提供有力的评价工具。鉴于实验动物学在创新研究和成果转化方面的突出作用,众多生物医学类高校已将实验动物学纳入人才培养课程体系,助力新质创新人才的全面培养^[7-8]。同时,实验动物学科研成果的应用也从推进生物医药领域新型成果的产出与转化方面加速新质生产力的发展、稳步发展。

1 实验动物学教学助力新质创新人才培养

习近平总书记指出,人才是实现民族振兴、赢得国际竞争主动权的战略资源。创新是 21 世纪的时代精神,更是 21 世纪人才最重要的属性和特质。具备创新意识、创新思维、创新能力和创新精神的创新型人才将成为推动新质生产力发展的“主力军”。

1.1 以实例启发,培养学生创新意识

实验动物学作为一门理论与实践相结合的综合型基础课程,其授课内容涵盖实验动物介绍、实验动物标准化、基因修饰动物技术、人类疾病动物模型、人源化动物模型、动物实验设计及相关检测技术、实验动物福利伦理等众多方面^[9]。随着科学技术的发展,实验动物的种类、模型制作的方法、动物实验的检测分析技术等都在不断革新,这使得实验动物学授课内容也不断更新,做到“与时俱进”。

借助生物医学领域的突破性成果实例,教师

们将实验动物相关前沿技术方法、新型研究成果及应用转化等引入课堂教学,带给学生“新鲜感”,培养其创新意识。例如,在“基因修饰动物技术”章节,教师会先启发学生们思考“为什么需要制作基因编辑动物”,然后举例人脊髓灰质炎病毒受体转基因小鼠的出现解决了人们研究脊髓灰质炎疾病模型短缺的问题、转基因家兔乳腺作为生物反应器用于生产第八凝血因子治疗人类甲型血友病、基因编辑猪作为异种器官移植供体治疗临床病人器官功能衰竭等,使学生们感受到制作基因修饰动物的意义和迫切性,从而激发学生想要进一步了解如何制作基因修饰动物的兴趣。随后,教师着重对诺贝尔奖级别的 CRISPR/Cas9 基因编辑系统进行介绍,讲解制作基因修饰动物的方法和步骤,并以敲除免疫应答相关基因的 NOG/NSG 小鼠、敲除脂代谢相关基因的 ApoE 和 LDLr 基因敲除小鼠,以及转基因表达人新冠病毒受体的 hACE2 转基因小鼠为例,介绍基因修饰动物在肿瘤、心血管和感染性疾病研究中的最新应用。通过实例分析,使学生们在系统了解基因编辑动物的制作意义、构建方法及应用领域的基础上,开拓科研思路和视野,启迪创新意识。

1.2 将科研融入教学,激发学生创新思维

在教学过程中,组织和鼓励学生参加科研活动,开展科研训练对于其创新思维能力的培养尤为重要。笔者所在医学实验动物学教研室近三年共指导本科生创新训练项目 45 项(包括国家级 15 项、省部级 25 项),指导大学生科研竞赛获奖 18 项(包括国家级铜奖 1 项、省部级一等奖和三等奖 2 项),培养学生 230 余人。学生们利用课堂所学知识,借助动物模型开展了心血管和脂代谢相关疾病的多项科研实践。实践性科研活动融入教学,一方面有助于学生加深对知识的理解,形成知识网格;另一方面锻炼了学生独立思考、理性质疑和科学表达的能力。在对未知领域的科研探索过程中,他们大胆想象、质疑和求异,不断激发创新思维。

例如,笔者曾指导本科生开展了关于信号通路调控因子 PIAS3 在动脉粥样硬化过程中调控巨噬细胞极化的课题研究。在项目设计之初,笔者以自己主持的科研项目为例,结合自身经验为

学生讲解如何针对科研问题提出科研假设、根据研究目的选择合适的实验动物、设立合理的对照和重复、准备实验所需的场地和物料以及进行实验数据的整理和分析。然后,鼓励同学们利用所学知识并通过查阅文献自主设计研究方案,同时积极融入科研小组学习和熟练实验技术,逐步完成课题研究。经过一年多的努力,同学们的科研实践成果获得了“全国大学生基础医学创新研究大赛”全国总决赛铜奖及西部赛区一等奖。通过科研与教学相融合,笔者所在教研室已指导本科生在 *Journal of Advanced Science*、*Redox Biology* 和 *Atherosclerosis* 等国际权威学术期刊以第一作者发表学术论文 3 篇,展示了他们优秀的科研能力。科研训练不仅使学生们的基础知识得到了巩固,同时也锻炼了他们的科研思路和创新思维能力,实现了学生对科研的早接触、早锻炼,有益于创新人才培养。除了指导学生开展科研项目和参加科研竞赛外,我们还为学生们组织了多种科研专题讲座。例如,举办实验动物科研模型讲座和动物实验组织样本采集分析讲座来介绍现阶段科研前沿用到的新模型、新技术和新方法,并与学生展开讨论,鼓励他们提出自己的见解、观点和感悟。将科研融入实验动物学教学,在浓厚的学术氛围中,使学生变被动为主动,学会如何发现问题、思考问题和解决问题,在参与科研实践的过程激发和锻炼创新思维。

1.3 “身临其境”式教学,培养创新操作能力

实验课是实验动物学教学的重要环节。实验课上,学生们会接触到目前生物医学研究中常用的实验动物,如小鼠、大鼠、家兔等。通过近距离观察实验动物,并亲手开展动物实验相关操作,让学生“身临其境”的感受科研乐趣,并学会如何分析和解决实际实验操作过程中遇到的问题,进而培养学生的科研兴趣及创新操作能力。例如,在“常规实验动物操作技术”实验课上,学生们会亲手触摸并抓取实验用小鼠、大鼠和家兔;练习对实验动物的抓取、固定、编号、取材、注射给药、麻醉、安乐死和解剖等各项操作。在熟练实验操作的同时,对课本上描述的实验动物特性进行近距离观察,并对课本上枯燥的文字描述有了实际的感受和生动的理解。另外,在“转基因动物制作”的实验课上,精密复杂的显微操作

仪器设备近在咫尺,学生们会亲自尝试显微注射针的制作、亲手操作显微注射仪完成外源 DNA 向受精卵内的注射等,对陌生的转基因动物制作过程产生更深刻的理解。这些亲身经历在很大程度上激发了他们的科研兴趣,同时也加强了学生的实验操作技能。“身临其境”式的实验教学激发了学生主动参与和探索的兴趣,在加深对实验技术认识、理解和应用的基础上更进一步加强了对学生们创新操作能力的培养。

除此之外,为了使 学生感受主持/参与完整科研项目的过程,培养学生的自主创新能力,笔者所在高校每年会开展多种形式的创新训练科研项目和比赛,例如,大学生开放实验项目、大学生创新实验项目、“腾飞杯”创新创业大赛、“挑战杯”科技大赛和基础医学创新研究实验设计大赛等。本校医学部每年有上千名本科生参加各类科研项目训练活动,其中约 95% 以上的课题采用实验动物作为研究工具。学生们利用课堂所学的实验动物和动物实验相关知识和技能自主设计并开展实验研究。一方面通过查阅文献、提出创新性研究假设、设计研究方案、开展实验操作、分析实验结果、撰写实验报告等一系列锻炼将实验动物学课程所学理论知识灵活应用;另一方面通过实验动物抓取、固定、给药、麻醉、手术、解剖和样本采集等操作切身感受科研实验过程。通过“身临其境”的实践教学和科研训练,学生们的科研兴趣、创新思维、创新操作能力及团队协作能力都得到了明显提高。

1.4 以前人为楷模,培养创新精神

习近平总书记强调:“要增强创新自信,坚持以我为主,从实际出发,大力推进自主创新、原始创新,打造新质生产力和新质战斗力增长极。”生物医学研究中,许多颠覆性创新研究成果都离不开实验动物的支撑。在实验动物学教学中,教师通过分享我国科学家在实验动物模型研发和应用中取得的突破性科研成果,不断增强学生们的民族自信、创新自信,培养学生的创新使命感。

在讲授“常用实验动物”章节时,教师会向学生介绍由我国科学家于 2018 年通过体细胞克隆技术成功克隆出世界首例灵长类动物——食蟹猴的过程,该克隆猴的出现对于构建非人灵长类动物模型、研究人类疾病等具有重要意义;在“基

因修饰动物技术”章节的讲授过程中,教师会以我国科学家成功制作出的亨廷顿舞蹈病基因敲入猪为例,介绍基因编辑 CRISPR/Cas9 技术的应用,这是国际上首次精准地将人突变的亨廷顿基因插入猪的内源性基因中,建立起模拟人类神经退行性疾病的大动物模型,为人类研究和治疗亨廷顿疾病提供了重要的研究材料。另外,教师还会对我国利用基因编辑猪在异种器官移植领域取得的重要成果进行介绍。比如,我国科学家于 2024 年 3 月和 5 月先后完成了全球首例基因编辑猪向人体的肝异种器官移植和肝-肾联合异种移植,这是异种器官移植领域的重大突破,标志着我国在异种移植方面的领先地位^[10-11]。在“人类疾病动物模型”章节的讲解中,教师会举例 2020 年新冠肺炎疫情暴发初期,我国科学家通过人源化转基因小鼠率先建立了新型冠状病毒感染肺炎的转基因小鼠模型,使疫苗和药物的临床转化取得突破性进展^[12]。同时介绍近年在“脑机接口”技术研究的前沿领域,我国科学家通过犬类运动解码实验和恒河猴游戏解码实验对我国自主研发的脑机接口设备的安全性和有效性进行验证,促进我国“脑机接口”研究位居国际领先地位,也为后续产品推入国际市场打下坚实的基础和保障。

教师们讲授实验动物学基本理论知识的同时,通过分享我国科学家在实验动物模型制作和应用中取得的一个个伟大成就,借助鲜活的事例激发同学们强烈的民族自豪感和专业自信心,激励他们向先辈学习,培养卓越的创新精神。

2 实验动物学科研成果的应用助力新型成果的产出与转化

人类疾病动物模型的构建、基因修饰动物的制作及动物实验的设计和开展是实验动物学科研关注的焦点。近年来,随着实验动物学科研应用的不断发展,新型基因工程动物及人类疾病动物模型不断涌现,为科学研究和药物研发提供了丰富的实验材料,大力推动了生命科学领域的发展和新型成果的转化。

2.1 助力功能基因组学研究

基因功能是理解生命奥秘、筛选药物靶点等的核心基础。通过观察基因敲除后动物表型的

变化研究基因功能是目前生物医学研究常用的方法。特别是,一些基因敲除小鼠表现出与人类相似的疾病特点,成为人们研究疾病发病机理和药物筛选研究的有力工具。因此,基因敲除小鼠模型是当今功能基因组学和生物医药研发的基础。2018 年,“斑点鼠计划”的实施建立了小鼠全部蛋白编码基因的敲除模型资源库,现已获得接近 22 000 品系资源,覆盖不同研究领域,是基因功能研究的重要工具。这种组学规模的资源库是生命科学研究基础性设施,将加速世界功能基因组学研究。

2.2 助力生物医药研发

实验动物是生物医药研发的核心工具,是保障医学研究和药物开发的战略科技资源,在培育新质生产力的道路上发挥着至关重要的作用^[13-15]。借助动物克隆和基因编辑技术平台,我国现已开发构建出小鼠、大鼠、兔、犬、猪等多个物种的基因编辑动物模型,服务于心脑血管疾病、神经系统疾病、代谢疾病、眼科疾病、罕见病、恶性肿瘤及免疫缺陷等多个领域的研究,大力推动基因治疗、细胞治疗等创新药研发的产业化转化与应用。除此之外,“千鼠万抗”全人抗体小鼠平台的搭建为抗体药物的研发和规模化筛选提供了基因编辑、动物生产、抗体开发和体内外药理药效评价的一站式服务,大力推进了药物研发进程。

2.3 助力异种器官移植

根据世界卫生组织统计,全球每年只有不到 10% 的器官移植需求能得到满足。我国每年有约 30 万末期器官功能衰竭患者需要移植,但器官供需比仅为 1:30。异种器官移植被认为是解决人类器官移植供体短缺问题的重要策略。近年来,人们借助基因编辑技术将猪体内导致人强烈免疫系统排斥反应的基因敲除,并对猪的基因进行人源化修饰,使其更好地适应人的体内环境,进而实现了猪心脏、肝、肾向人体移植的临床成功案例^[10-11,16-17]。基因编辑供体猪现已被应用于我国临床上人类多种器官的异种移植。基因编辑动物的研发和使用将为我国实现医学领域异种脏器移植提供了可靠保障,使我国异种器官移植技术达到国际领先水平。

2.4 助力精准医疗

由于动物和人类属于不同物种,这导致许多科研结果的临床转化效果欠佳。为了解决用实验动物研究人类疾病的“跨界”问题,携带人类信息的“精准化动物模型”成为解析人类疾病发病机制、药物筛选与评价、疫苗开发等的有力工具^[18]。例如,将人源肿瘤细胞/肿瘤组织、人外周血单核细胞或造血干细胞等移植到重度免疫缺陷动物体内,使其携带人的肿瘤细胞/组织、或具备人的部分免疫功能,从而将其应用于肿瘤免疫相关药物的筛选和临床前研究,为患者提供精准化的医疗服务,大大提升治疗的成功率^[19-20]。由此可见,“精准化动物模型”资源将成为日后临床精准化治疗、新药创新行业发展的核心支撑资源。

实验动物学科研成果的应用在功能基因组学研究、生物医药研发、异种器官移植和精准医疗等多方面助力生物医药领域新型成果的产出与转化,为新质生产力的发展提供动能。

3 结语

我国中央经济工作会议于 2023 年年底明确提出,要以科技创新推动产业创新,大力发展新质生产力。作为新发展阶段激发新动能的决定力量,新质生产力成为我国重塑全球竞争新优势的关键。实验动物学作为重要的复合型交叉基础学科为我国创新人才培养和科技进步创新提供重要保障。通过实验动物学课程教学促进了学生创新意识、创新思维、创新能力和创新精神的培养,有效推进创新型人才队伍的建设,以满足发展新质生产力对高素质创新技术技能人才的需求。同时,实验动物学的科研进步为我国前沿科技的发展和颠覆性研究成果的转化提供有力支撑,大力提升了我国生物医药产业的创新能力与核心竞争力。因此,实验动物学教学科研将从创新人才培养和新型成果产出与转化方面赋能我国新质生产力更加快速、高效的发展。

参考文献:

[1] 习近平在黑龙江考察时强调牢牢把握在国家发展中的战略定位奋力开创黑龙江高质量发展新局面 [N]. 人民日报, 2023-9-9(1).

During inspection in Heilongjiang, Xi Jinping emphasized firmly grasping the strategic positioning in national development and striving to create a new situation of high-quality development in Heilongjiang [N]. People's Daily, 2023-9-9(1).

- [2] 姜长云. 新质生产力的内涵要义、发展要求和发展重点 [J]. 西部论坛, 2024, 34(2): 9-21.
JIANG C Y. The connotation, development requirements, and development priorities of new quality productive forces [J]. West Forum, 2024, 34(2): 9-21.
- [3] 秦川. 中国实验动物学科发展 40 年 [J]. 科技导报, 2017, 35(24): 20-26.
QIN C. Laboratory animal science in China during the past 40 years [J]. Sci Technol Rev, 2017, 35(24): 20-26.
- [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 laboratory animals in medical innovation research and development [J]. China Med Her, 2014, 11(31): 152-155.
- [5] 吴艳玲, 张先, 崔振宇, 等. “双一流”模式下高校研究生实验动物学课程教学模式探索 [J]. 中国比较医学杂志, 2018, 28(11): 111-114.
WU Y L, ZHANG X, CUI Z Y, et al. Exploration of a teaching model of laboratory animal science for postgraduates under the “Double First Class” [J]. Chin J Comp Med, 2018, 28(11): 111-114.
- [6] 杨国淋, 魏玲, 任洪, 等. 医学实验动物学教学设计探讨 [J]. 中华医学教育探索杂志, 2019, 18(8): 818-821.
YANG G L, WEI L, REN H, et al. Discussion on Teaching Design of Medical laboratory animal science [J]. Chin J Med Educ Res, 2019, 18(8): 818-821.
- [7] 苗晋鑫, 曹利华, 苗明三. 医学研究生动物实验课教学改革: 培养学生主动学习和创新思维的能力 [J]. 中国比较医学杂志, 2024, 34(6): 100-105.
MIAO J X, CAO L H, MIAO M S. Educational reform of animal experiment courses for medical graduate students: cultivating students' active learning and innovative thinking abilities [J]. Chin J Comp Med, 2024, 34(6): 100-105.
- [8] 赵善民, 李煜, 冯延, 等. 医科院校开展实验动物学第二课堂教学探讨 [J]. 基础医学教育, 2022, 24(2): 113-117.
ZHAO S M, LI Y, FENG Y, et al. Exploration on the second classroom teaching in the course of laboratory animal science [J]. Basic Med Educ, 2022, 24(2): 113-117.
- [9] 刘恩岐, 师长宏, 谭冬梅. 医学实验动物学 [M]. 2 版. 北京: 科学出版社, 2024.
LIU E Q, SHI C H, TAN D M. Medical laboratory zoology [M]. 2nd ed. Beijing: Science Press, 2024.
- [10] 严涛, 张行勇. “基因编辑猪-人”肝脏异种移植取得重

- 大突破 [N]. 中国科学报, 2024-3-18(1).
- YAN T, ZHANG X Y. A major breakthrough has been made in "gene-edited pig-human" liver xenotransplantation [N]. China Science Daily, 2024-3-18(1).
- [11] 杨婧. 昆明医科大学第一附属医院 清华大学附属北京清华长庚医院完成首例猪-人肝肾联合异种移植手术 [N]. 中华医学信息导报, 2024-6-12(9).
- YANG J. The First Affiliated Hospital of Kunming Medical University and Beijing Tsinghua Changgung Hospital affiliated to Tsinghua University completed the first pig-human liver and kidney combined xenograft surgery [N]. China Med News, 2024-6-12(9).
- [12] BAO L, DENG W, HUANG B, et al. The pathogenicity of SARS-CoV-2 in hACE2 transgenic mice [J]. Nature, 2020, 583(7818): 830-833.
- [13] 孔琪, 李继平, 赵永坤. 实验动物资源是生物医药产业创新的重要支撑条件 [J]. 科技导报, 2016, 34(11): 12-13.
- KONG Q, LI J P, ZHAO Y K. Experimental animal resources are an important supporting condition for the innovation of biomedical industry [J]. Sci Technol Rev, 2016, 34(11): 12-13.
- [14] ABBASNEZHAD A, SALAMI F, MOHEBBATI R. A review; Systematic research approach on toxicity model of liver and kidney in laboratory animals [J]. Anim Model Exp Med, 2022, 5(5): 436-444.
- [15] HOU N, DU X, WU S. Advances in pig models of human diseases [J]. Anim Model Exp Med, 2022, 5(2): 141-152.
- [16] HAWTHORNE W J. World first pig-to-human cardiac xenotransplantation [J]. Xenotransplantation, 2022, 29(1): e12733.
- [17] MONTGOMERY R A, STERN J M, LONZE B E, et al. Results of two cases of pig-to-human kidney xenotransplantation [J]. N Engl J Med, 2022, 386(20): 1889-1898.
- [18] 张妙红, 曾贵荣, 姜德建. 人源化实验动物模型在生物医药领域的应用及质量控制 [J]. 中南药学, 2022, 20(8): 1747-1750.
- ZHANG M H, ZENG G R, JIANG D J. Application and quality control of humanized experimental animal models in the biomedical field [J]. Cent South Pharm, 2022, 20(8): 1747-1750.
- [19] 刘张驰, 王娟, 陈旭. 人源肿瘤异种移植小鼠模型研究进展 [J]. 中国实验动物学报, 2023, 31(3): 374-381.
- LIU Z C, WANG J, CHEN X. Establishment and application of human tumor xenograft models in cancer research [J]. Acta Lab Anim Sci Sin, 2023, 31(3): 374-381.
- [20] 马双平, 马静, 张洁, 等. PDX 模型在肿瘤医学中的应用进展 [J]. 中国实验动物学报, 2023, 31(2): 245-250.
- MA S P, MA J, ZHANG J, et al. Progress of PDX model application in oncology medicine [J]. Acta Lab Anim Sci Sin, 2023, 31(2): 245-250.

[收稿日期]2024-09-19