屈鹏祥,夏聪聪,王蓉,等. 新方法对动物实验及其教学影响的思考［J］. 中国比较医学杂志, 2026, 36(19): 65-71.
Qu PX, Xia CC, Wang R, et al. Reflections on the impact of New Approach Methodologies (NAMs) on laboratory animal research and education［J］. Chin J Comp Med, 2026, 36(19): 65-71.
doi: 10.3969/j.issn.1671-7856.2026.19.006

新方法对动物实验及其教学影响的思考

屈鹏祥,夏聪聪,王　蓉,白　亮,赵四海,郭　龙,武　一,
王维蓉,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】 近期国际监管机构密集出台新方法(NAMs)相关政策,引发“实验动物学科是否将被取代”的认知困惑。本文从教学视角论证动物模型在跨器官通讯、全局免疫应答、全程毒代动力学及生殖发育过程的不可替代性,指出 NAMs 体外预测存在盲区,动物模型的安全守门与系统性科研思维培养功能不可绕过;新政策实质是针对特定药物品类和测试类型的有条件优化。据此,NAMs 应定位为辅助工具,建议在保持动物模型核心课程基础上,以扩充形式融入已验证 NAMs 工具,形成虚拟演示、动物实验、数据分析相结合的教学框架。

【关键词】 实验动物学;动物模型;新替代方法;教学改革
【中图分类号】 Q95-33;R-332;G642　**【文献标识码】** A　**【文章编号】** 1671-7856 (2026) 19-0065-07

Reflections on the impact of New Approach Methodologies (NAMs) on laboratory animal research and education

QU Pengxiang, XIA Congcong, WANG Rong, BAI Liang, ZHAO Sihai, GUO Long, WU Yi, WANG Weirong, LIU Enqi*
(Department of Laboratory Animal Science, School of Basic Medical Sciences, Xi'an Jiaotong University, Laboratory Animal Center, Xi'an Jiaotong University, Xi'an 710061, China)

【Abstract】 The recent introduction of policies promoting New Approach Methodologies (NAMs) by international regulatory agencies has engendered considerable uncertainty regarding the future role of laboratory animal science. From an educational perspective, this article highlights the irreplaceability of intact animal models in recapitulating inter-organ crosstalk, systemic immune responses, comprehensive toxicokinetic profiling, and reproductive and developmental processes. It also identifies the inherent predictive blind spots of current *in vitro* NAMs systems and emphasizes that the role of animal models in safety assessment and in developing systematic scientific reasoning cannot yet be replaced. These new policies primarily represent conditional refinements for specific pharmaceutical categories and testing modalities. Consequently, we recommend that NAMs be positioned as

[**基金项目**]国家自然科学基金(32670718);中国科学技术协会青年人才托举工程项目(YESS20210359);唐仲英基金会“仲英青年学者”项目。
[**作者简介**]屈鹏祥(1990—),男,博士,副教授,研究方向:实验动物学。E-mail:qupengxiang@xjtu.edu.cn
[**通信作者**]刘恩岐(1965—),男,博士,教授,研究方向:实验动物学。E-mail:liuenqi@mail.xjtu.edu.cn

complementary tools. Furthermore, core curricula centered on animal models should be retained, while validated NAMs tools are more extensively integrated to establish a teaching framework combining virtual demonstrations, live-animal experiments, and computational data analysis.

【Keywords】 laboratory animal science; animal models; New Approach Methodologies; curriculum reform
Conflicts of Interest: The authors declare no conflict of interest.

实验动物学教学是生命科学人才培养的重要基础,其核心任务不仅是传授实验操作技能,更在于培养学生运用活体模型研究生命活动规律、验证科学假说、评估药物安全性的系统性科研思维[1,2]。新方法(New Approach Methodologies, NAMs)的发展代表了生命科学研究方法学的重要进步,其积极意义集中体现在以 3R(Replacement、Reduction、Refinement)原则为核心的动物福利与伦理提升、以高通量低成本为优势的研发效率突破、以多学科交叉融合为特征的技术平台创新。围绕实验动物模型是否将被 NAMs 取代的争论,因近期密集出台的国际监管新政而显著升温。以 NAMs 取代动物实验有望开发出更便宜、更安全的药物,且无需让动物遭受痛苦。然而,这种方法必须谨慎实施,切不可操之过急[3-6]。

美国食品药品监督管理局(Food and Drug Administration,FDA)于 2025 年 4 月宣布逐步取消单克隆抗体等部分药物研发的动物实验要求,鼓励器官芯片、类器官、人工智能(artificial intelligence,AI)模型等 NAMs 纳入药品审评并提供优先激励[7];美国国立卫生研究院(National Institutes of Health,NIH)于同年 7 月明确不再资助纯动物实验提案[8];FDA 路线图指出,力争 3~5 年内使动物研究成为“例外而非常规”[9]。经济合作与发展组织(Organisation for Economic Co-operation and Development,OECD)于同年 6 月发布 56 项更新测试准则,新增测试与评估综合方法框架(integrated approaches to testing and assessment,IATA)及多项非动物方法的补充与更新[10];欧洲药品管理局(European Medicines Agency,EMA)发布 NAMs 监管接受概念文件[11];英国政府路线图设定 2026~2030 年分步削减特定动物测试的具体时间表,并建立英国替代方法验证中心(UK Centre for the Validation of Alternative Methods, UKCVAM)[12]。自 2021 年起,中国国家药品监督管理局药品审评中心发布了一系列技术指导原则,鼓励在基因治疗、细胞治疗等领域使用类器官、器官芯片等 NAMs[13-15]。上述政策的密集出台,引发了“实验动物学科是否即将被取代”的认知困惑,并在一定程度上影响着教学改革的方向判断。厘清这一命题,既是对师生合理关切的回应,也是实验动物学学科建设的现实需要。

本文立足教学研究视角,以“NAMs 背景下实验动物教学”为主线,分别从生物学机制局限、安全伦理底线、教学培养目标与政策解读方面展开论证;继而审慎考量 NAMs 进入教学场景的适用范围,并结合实验动物学教育的现状,就教学改革方向提出想法和倡议。

1 NAMs 的生物学局限与实验动物模型的整合性优势

要回答 NAMs 能否在教学中取代动物模型这一问题,需首先审视两者在生物学层面的本质差异。现阶段 NAMs 体系在复刻活体系统性、复杂性方面仍存在局限,这种局限并非单纯的技术发展问题,而是受生命系统固有特征的制约。以下从器官通讯、免疫应答、药物代谢和生殖毒性 4 个方面,分析这一生物学差距对教学的实际影响。

活体动物作为一个完整的生物学系统,各器官间存在复杂的交互作用关系。以肝脏功能为例,肝脏的代谢功能与机体免疫状态受到多个器官的协同调控。脾脏经门静脉持续输送免疫细胞与促炎因子,直接调节肝脏免疫细胞的激活;肠道通过门静脉传递短链脂肪酸与内毒素信号,参与肝脏炎症的启动与放大;脂肪组织分泌的脂肪因子则介入肝脏脂代谢的远程调节。上述信号并非顺序发生,而是在同一时间窗口内交汇整合于肝脏这一代谢枢纽。器官芯片因缺乏真实的体循环、淋巴回流与免疫细胞定向迁移,难以复现这一系统整合过程[16]。教学中理解药物或毒物体内的代谢活动,即从吸收、分布、代谢到排

泄的完整过程及其继发效应,不仅需要观测单一靶器官的变化,更需在系统层面把握器官间的交互作用,而这恰是现阶段 NAMs 尚不具备的教学承载能力。

免疫系统涵盖细胞类型的多样性(T 细胞、B 细胞、自然杀伤细胞、树突状细胞等)、组织分布的广泛性(胸腺、脾脏、淋巴结、黏膜免疫等)以及应答过程的动态性(初次应答、记忆应答、耐受与自身免疫的平衡)。现有类器官和器官芯片系统虽可引入部分免疫细胞,但由于缺乏完整的淋巴循环,免疫细胞的动态归巢与组织浸润无从实现,细胞因子风暴、补体级联激活等全身性免疫事件亦无从复现[17]。疫苗效果评估、免疫调节药物安全性验证、自身免疫性疾病机制等核心教学内容所依赖的整体免疫环境,目前仍只能由动物模型提供。过敏反应的系统性级联在体外模型中无法得到完整模拟,印证了 NAMs 在模拟全身性免疫应答全局性与异质性的局限。

药物进入活体后,其毒代动力学过程不仅涉及肝脏首过效应,还涵盖肾脏清除、胆汁排泄与肠肝循环、血脑屏障通透性、蛋白结合与游离药物浓度的动态变化,以及代谢产物的二次毒性效应。肝脏芯片虽能模拟药物诱导的肝损伤初级代谢事件,但难以反映药物在全身分布后的系统性毒代动力学特征,对代谢产物在肝外靶器官所引发的继发毒性亦无从评估[18,19]。教学中,若以器官芯片替代动物模型开展毒性评估教学,学生对药物安全性评估的认知将止于局部代谢层面,而难以建立贯穿吸收、分布、代谢、排泄全程的毒理学思维。

生殖毒性与发育毒性的评估,是药物安全性评价的核心组成部分。受精、着床、胎盘形成、胚胎器官发生、发育窗口期毒物暴露的跨代效应以及跨代遗传毒性,涵盖母胎界面的多种细胞类型、激素信号与免疫豁免机制,是一个高度动态的多器官系统性过程。目前,NAMs 体系难以模拟完整的母胎界面,亦无从评估跨代毒性效应[20]。也正因如此,生殖毒性评估领域的动物实验要求在各主要国际监管框架中均未获豁免。在生殖与发育毒理学的教学中,动物模型的核心地位根植于上述生物学复杂性,现阶段尚无 NAMs 体系能够提供等效的替代。

2　体外预测的安全风险与动物模型的验证作用

体外预测系统的系统性盲区,在历史上曾酿成不可逆的后果。沙利度胺(反应停)于 20 世纪 50 年代末以“安全镇静止吐药”上市,在细胞毒性体外检测中表现为低毒,却因未经系统性动物致畸试验,导致逾万名新生儿出现先天性肢体缺陷(海豹肢畸形)。这一悲剧直接促成了美国 1962 年《基恩-哈里斯修正案》的立法,将动物致畸试验纳入药物上市前的强制性监管要求。保障安全性是一切发展的前提,反应停事件的教训至今仍未过时。这并非对技术进步的抵制,而是基于认识论层面的审慎判断:当一种检测方法对某类毒性存在系统性盲区时,其高通量与低成本的优势不足以成为绕过活体验证的理由[6]。

除历史案例外,当前快速发展的 NAMs 同样面临方法学局限。包括深度学习病理图像识别、定量构效关系毒性预测等,在特定任务上已展现出较强的性能,但其本质是从训练数据中提取统计规律,输出的是相关性结论而非因果推断。对于训练数据中覆盖不足的新型化学结构、新作用机制或低发生率毒性,AI 模型的外推能力有限。就教学而言,若学生形成“AI 预测可靠、动物验证可省”的认知,将在日后科研与药物研发实践中留下安全隐患。实验动物学教学在讲授 AI 辅助工具的同时,须系统阐明其方法学制约,明确 AI 与动物模型之间是“筛查与验证”的互补关系,而非替代关系。无论前期体外筛选结果多么乐观,动物模型仍是发现系统性毒性、评估靶器官损伤、确定人体安全暴露窗口的主要手段。目前 NAMs 体系在系统性毒性发现与安全评估方面尚不具备与动物模型等效的承载能力。在实验动物学授课过程中需要让学生认识到体外系统的预测盲区,更需要讲明在特定研发阶段使用动物模型的科学依据。

3　动物模型教学的人才培养功能

实验动物学教学的目标,不仅是传授特定的实验操作技能,更是培养学生在复杂生物学系统中提出假说、设计实验、解读结果的系统性科研能力。动物模型在这一培养过程中承担着 NAMs

难以替代的教育功能。

以动物模型为对象的实验教学,要求学生综合考量实验设计的合理性(对照设置、样本量估算、终点指标选择)、动物福利的伦理要求、多指标联合解读的整合能力,以及实验变量对整体生物学系统的影响逻辑[21]。这种系统性思维的养成,是单纯的体外实验或虚拟仿真难以提供的。虚拟仿真可以训练操作流程,却难以培养学生在面对活体生物的不确定性时进行实时判断与调整的能力。就教学而言,以动物为对象的课题研究,是学生理解生理学、药理学、免疫学、遗传学之间系统关联的有效学习场景,其教育效果非单一体外操作训练可比拟。

除科研能力外,专业伦理意识的培育同样依赖真实的动物实验教学。对 3R 原则的深刻理解,须建立在与活体动物真实接触的基础之上:只有亲历动物实验的全过程,学生才能切实体会“为何要精简实验设计”“为何要保障动物福利”“替代方法的适用边界在哪里”。若将动物实验教学全面替换为虚拟仿真,学生对实验动物的认知将趋于抽象,专业伦理意识的培育也将因此失去赖以依托的真实场景。NAMs 可在特定阶段减少不必要的动物使用,但不能替代学生与真实生命系统的直接接触。

从学科建设层面看,实验动物学是生物医药领域自主可控的核心基础之一。我国近年来在非人灵长类动物模型、基因修饰小鼠品系及无菌动物平台方面的系统性建设,构成了生命科学领域创新的重要基础。这一领域的能力积累不宜因国际政策的短期调整而中断。实验动物学教学不仅要培养能够使用现有工具的研究者,更要培养具备动物模型创制能力、能够建立新型疾病模型的专业人才。NAMs 的发展并未减少这一人才需求,在未来的生命科学领域中,具备把握动物模型方法学边界、合理设计 NAMs 与动物模型协同研究方案能力的研究者,将拥有持续广阔的需求空间。

4 新政策的条件性豁免与教学启示

主要监管机构的 NAMs 相关政策均着眼于在特定场景中以 NAMs 补充或优化动物实验,而非在整体上宣布动物实验的终结。以 FDA 为例,其在 2025 年的政策调整,针对的是单克隆抗体类药物的部分临床前动物实验要求。单抗类药物具有高度靶向性和物种特异性,其在啮齿类动物中的安全性数据往往与人体相关性较差,加之该类药物积累了大量历史安全数据,为风险评估提供了可借鉴的基础。因此,FDA 此次政策调整的逻辑是“在证据充分、风险可控的特定品类中减少重复性动物实验”,而非“动物实验在药物研发中不再必要”[6]。

从方法学层面看,OECD 新增的 IATA,旨在将多种信息来源(包括 NAMs 数据、计算预测、体外数据及动物实验数据)进行系统性权重整合,以支持化学品安全评估。该框架的内在逻辑是证据整合而非动物数据的废除,在证据不充分时,动物实验仍是补充证据的必要手段。因此,IATA 在教学中的定位应是“扩展”而非“替换”,学生需要掌握的是如何在综合评估框架中合理调用动物模型与 NAMs 各自的优势。横向比较各国 NAMs 可以发现临床前安全性评估的最终验证环节仍依赖动物实验。EMA 明确表示,NAMs 须经充分验证方可用于监管决策,在验证数据不足时,动物实验数据仍为参照基准。英国路线图明确豁免的范围仅限于皮肤及眼部刺激性等已有成熟替代方法认证的特定测试类型。在生殖毒性等领域,NAMs 的方法学局限已被各主要监管机构所认可,并体现在其政策的实际取向之中。在教学中,理解监管豁免的条件性,是学生形成“何时可减少动物实验、何时不可缺少”这一专业判断的前提。

5 NAMs 在实验动物学教学中的辅助功能

在明确动物模型不可替代性的前提下,客观认识 NAMs 在教学中的辅助价值,NAMs 的引入是对教学工具的重要补充。实践应用层面,NAMs 可在以下几个方面发挥教学辅助作用。在操作技能的前置训练方面,虚拟现实及增强现实仿真平台可帮助学生在接触活体动物之前,完成对实验操作流程的熟悉与技能预演,减少因操作不熟练对动物造成的不必要痛苦。英国国家研究用动物替代、优化与减少中心(National Centre for the Replacement, Refinement and Reduction of

Animals in Research, NC3Rs)推出的虚拟仿真动物处理模块已被多所高校纳入认证前培训课程,其定位是“前置辅助训练”而非“替代正式实验”。在毒性初筛和疾病模型教学中,类器官和器官芯片提供了低成本、高通量的体外演示平台。学生可通过肝脏芯片直观理解药物诱导肝损伤的细胞机制,通过类器官观察神经发育的基本过程,在局部机制层面建立形象认知,为后续动物模型实验的深度理解奠定基础。在数据处理能力培养方面,AI 辅助病理分析工具可作为教学平台,帮助学生掌握大规模病理数据的分析方法,培养对机器学习辅助判读结果的批判性评估能力。这类训练有助于学生形成数字科研素养,但教学中须明确 AI 分析的辅助性质,避免对其判读结论的过度依赖。

尽管 NAMs 具有上述教学辅助价值,但其在教学中的应用须明确各自定位:类器官和器官芯片适用于局部机制演示,而非系统评估的终验手段;AI 适用于假说生成的辅助,而非因果验证的替代;虚拟仿真适用于操作前置训练,而非真实实验的替代。就课程设计而言,NAMs 模块比重的增加,应以动物模型核心内容的完整保留为前提,两者是并行扩充而非此消彼长的关系。

6　展望与结论

实验动物学教学改革需在明确动物模型不可替代的核心地位的基础上,在积极对接国际 NAMs 发展动态的同时,紧密结合我国生物医药产业发展需求和高等医学教育实际,有序、稳妥地推进 NAMs 内容的融入。NAMs 相关内容的引入,应以扩充形式叠加于现有课程体系。对于已有充分方法学验证的 NAMs 工具,可适当减少对应的传统动物实验课时;对于尚处于验证阶段或特定适用范围的 NAMs 工具,则需在教学中重点阐明其方法学局限及适用边界,并通过与动物模型的对照教学,帮助学生建立科学、理性的工具选择能力。学生还需深刻理解 NAMs 的局限性,这有助于培养其对各种研究方法的独立判断和批判性思维。

为有效实施教学改革,建议采取以下具体措施:(1)优化课程体系设计,构建“理论基础—NAMs 技术模块—动物模型核心实践—多方法综合应用”的教学框架。将 NAMs 内容有机融入实验动物学、药理毒理学、免疫学等课程,通过真实科研案例(如器官芯片初筛结合小鼠模型验证),提升学生对方法互补性的理解。(2)通过专项培训、国际交流和校企合作,提升教师对 NAMs 技术的掌握能力与教学整合应用水平。(3)开发高质量教学资源,包括虚拟仿真平台、NAMs 实验演示系统、数据分析案例库等,确保软、硬件条件支撑。(4)建立教学改革评估与反馈机制,定期收集学生、教师和用人单位意见,动态调整课程内容和比例,实现教学效果的持续优化。

展望未来,实验动物学教学将向更加智能化、多元化的方向发展。培养的学生将不仅熟练掌握动物模型技术,还能灵活运用 NAMs 开展创新研究,成为具备系统思维、伦理素养和跨学科能力的复合型人才,从而为生物医药自主创新和“健康中国”战略提供有力的人才支撑。在这一过程中,强化动物模型教学与推进 NAMs 融入的目标高度一致,应并行推进、协同发展。综上,NAMs 的引入是对实验动物学教学手段的补充与优化。当前 NAMs 相关新政针对的是特定药物品类和测试类型,并非全面取消动物实验。实验动物学教学改革应在保留动物模型核心课程的基础上,引入已验证的 NAMs 工具作为补充,形成符合教学实际的改革方案。

参考文献:

[1] 秦川, 孔琪, 钱军, 等. 实验动物科学技术是生命科学和健康中国建设的基础支撑条件[J]. 科技导报, 2017, 35(11): 10-14.
Qin C, Kong Q, Qian J, et al. Laboratory animal science and technology is strategically important to life science and health China Construction[J]. Sci Technol Rev, 2017, 35(11): 10-14.

[2] 贺争鸣, 陈洪岩, 陈振文, 等. 基于科研范式变革的实验动物资源创新发展[J]. 实验动物科学, 2024, 41(1): 84-88.
He Z M, Chen H Y, Chen Z W, et al. Reflection on the innovation and development of laboratory animal resources based on the transformation of scientific research paradigm[J]. Lab Anim Sci, 2024, 41(1): 84-88.

[3] Gerke S, Balamut J, Wagner J K. The FDA's plan to phase out animal testing[J]. Trends Biotechnol, 2026, 44(8): 2178-2181.

[4] 《中国实验动物学报》编辑部,《中国比较医学杂志》编辑部,《动物模型与实验医学(英文)》编辑部. 科学看待实验动物价值,稳步推进替代技术发展 [EB/OL]. (2025-12-17)[2026-08-23]. https://mp.weixin.qq.com/s/hJH0KwFZL1--z71Gm8rIUg.
Editorial Boards of *Acta Laboratorium Animalis Scientia Sinica*, *Chinese Journal of Comparative Medicine*, *Animal Models and Experimental Medicine*. Scientific understanding of the value of laboratory animals and steady advancement of alternative technologies [EB/OL]. (2025-12-17)[2026-08-23]. https://mp.weixin.qq.com/s/hJH0KwFZL1--z71Gm8rIUg.

[5] 孙强. FDA 新政下减少非人灵长类实验动物使用量的可行路径 [J]. 实验动物与比较医学, 2026, 46(1): 149-152.
Sun Q. Feasible ways to reduce the use of non-human primate experimental animals under the new FDA policy [J]. Lab Anim Comp Med, 2026, 46(1): 149-152.

[6] 秦川. FDA 新政宣称“以新方法(NAMs)替代动物实验”,这是否意味实验动物学科将被取代 [J]. 中国比较医学杂志, 2026, 36(1): F0003.
Qin C. The FDA's New Deal declared that "animal experiments will be replaced by new methods (NAMs)". Does this mean that the subject of experimental animals will be replaced [J]. Chin J Comp Med, 2026, 36(1): F0003.

[7] Administration U.S. Food and Drug. FDA announces plan to phase out animal testing requirement for monoclonal antibodies and other drugs [EB/OL]. (2025-04-20)[2026-08-23]. https://www.fda.gov/news-events/press-announcements/fda-announces-plan-phase-out-animal-testing-requirement-monoclonal-antibodies-and-other-drugs.

[8] Russo M, Wosen J. NIH, FDA plan to reduce animal testing draws mixed reactions among scientists [EB/OL]. (2025-07-25)[2026-08-23]. https://www.statnews.com/2025/07/25/nih-fda-alternatives-to-animal-testing-new-rules-breakdown.

[9] Administration U.S. Food and Drug. Roadmap to reducing animal testing in preclinical safety studies [EB/OL]. (2025-04-10)[2026-08-23]. https://www.fda.gov/files/newsroom/published/roadmap_to_reducing_animal_testing_in_preclinical_safety_studies.pdf.

[10] OECD. Guidelines for the testing of chemicals [EB/OL]. (2025-12-04)[2026-08-23]. https://www.oecd.org/en/topics/sub-issues/testing-of-chemicals/test-guidelines.html.

[11] EMA. Concept paper on the revision of the guideline on the principles of regulatory acceptance of 3Rs (Replacement, Reduction, Refinement) testing approaches [EB/OL]. (2023-11-23)[2026-08-23]. https://www.ema.europa.eu/en/documents/scientific-guideline/concept-paper-revision-guideline-principles-regulatory-acceptance-3rs-replacement-reduction-refinement-testing-approaches_en.pdf.

[12] Kingdom Government of the United. Animal testing to be phased out faster as UK unveils roadmap for alternative methods [EB/OL]. (2025-11-11)[2026-08-23]. https://www.gov.uk/government/news/animal-testing-to-be-phased-out-faster-as-uk-unveils-roadmap-for-alternative-methods.

[13] 国家药品监督管理局药品审评中心. 基因修饰细胞治疗产品非临床研究与评价技术指导原则(试行)[EB/OL]. (2021-12-03)[2026-08-23]. https://www.cde.org.cn/main/news/viewInfoCommon/41bc557bec23a6ebfb0e148cc989f041.
National Medical Products Administration Center for Drug Evaluation. Technical guideline for non-clinical research and evaluation of genetically modified cell therapy products (trial implementation) [EB/OL]. (2021-12-03)[2026-08-23]. https://www.cde.org.cn/main/news/viewInfoCommon/41bc557bec23a6ebfb0e148cc989f041.

[14] 国家药品监督管理局药品审评中心. 基因治疗产品非临床研究与评价技术指导原则(试行)[EB/OL]. (2021-12-03)[2026-08-23]. https://www.cde.org.cn/main/news/viewInfoCommon/41bc557bec23a6ebfb0e148cc989f041.
National Medical Products Administration Center for Drug Evaluation. Technical guideline for non-clinical research and evaluation of gene therapy products (trial implementation) [EB/OL]. (2021-12-03)[2026-08-23]. https://www.cde.org.cn/main/news/viewInfoCommon/41bc557bec23a6ebfb0e148cc989f041.

[15] 国家药品监督管理局药品审评中心. 模型引导的罕见疾病药物研发技术指导原则 [EB/OL]. (2025-07-30)[2026-08-23]. https://www.cde.org.cn/main/news/viewInfoCommon/6af9e335e63bbcfc762a3d191ff8b719.
National Medical Products Administration Center for Drug Evaluation. Technical guideline for model-informed drug development in rare diseases [EB/OL]. (2025-07-30)[2026-08-23]. https://www.cde.org.cn/main/news/viewInfoCommon/6af9e335e63bbcfc762a3d191ff8b719.

[16] 张冰也, 吴羿霏, 杜新. 类器官技术在新药研发中的应用 [J]. 药学进展, 2023, 47(11): 849-863.
Zhang B Y, Wu Y F, Du X. Application of organoid technology in new drug research and development [J]. Prog Pharm Sci, 2023, 47(11): 849-863.

[17] Ingber D E. Human organs-on-chips for disease modelling, drug development and personalized medicine [J]. Nat Rev Genet, 2022, 23(8): 467-491.

[18] Picollet-D'hahan N, Zuchowska A, Lemeunier I, et al. Multiorgan-on-a-chip: a systemic approach to model and

decipher inter-organ communication [J]. Trends Biotechnol, 2021, 39(8): 788-810.

[19] 贾栗, 范瑞棋, 张婉君, 等. 化学品风险评估新技术方法的发展及应用 [J]. 中国药理学与毒理学杂志, 2022, 36(10): 793-800.
Jia L, Fan R Q, Zhang W J, et al. Development and application of new approach methodologies in chemical risk assessment [J]. Chin J Pharmacol Toxicol, 2022, 36(10): 793-800.

[20] Radziun K, D'Angelo I, El Haj S, et al. Bridging the exposure-safety gap in the assessment of fetal exposure to maternal drugs [J]. Expert Opin Drug Metab Toxicol, 2025, 21(11/12): 1273-1285.

[21] 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.

〔收稿日期〕2026-03-25

编者·读者·作者

勘误声明

本刊对下述论文进行勘误：

出版信息	2026 年 36 卷 13 期, 页码为 43-61 页
论文标题	鹿茸对氢化可的松及腺嘌呤诱导肾阳虚证大鼠 HPG/ HPA 轴的差异性调控研究
稿次	□录用定稿　□排版定稿　□整期定稿　☑印刷版　□其它
作者	许宁, 白钰, 郑梁, 常鹤通, 杨研, 于洋, 靳艳
DOI	10. 3969/j. issn. 1671-7856. 2026. 13. 004
勘误内容	作者投稿时未核对准确 图 5D 中的模型组 I 图片原为： 更正为：
其他说明	

特此告知并诚挚地向读者致歉。

《中国比较医学杂志》编辑部
日期：2026 年 9 月 24 日