

亚洲首个合成细胞技术路线图发布

● 本报记者 刁雯蕙

近日,由中国科学院深圳先进研究院(以下简称深圳先进院)研究员刘陈立领衔,来自中国、日本、韩国、新加坡、马来西亚、泰国等亚洲 6 国的 100 多个实验室,在《自然-生物技术》上联合发表最新文章,并发布亚洲首个合成细胞 10 年技术路线图。

文章聚焦“人工合成单细胞生命”这一世界科学前沿问题,规划了亚洲未来 10 年攻关合成细胞的发展方向,系统梳理了构建合成细胞面临的四大核心挑战,并提出分阶段目标。

通讯作者刘陈立表示,该技术路线图将推动合成细胞研究从模块化探索迈向系统化整合,并作为理论基石,促进定量合成生物学、人工智能(AI)与生物制造等领域的深度融合,为合成生物学与未来生物技术的发展开辟全新路径。

直面基础研究“无人区”

从零开始,利用磷脂、蛋白质、DNA 等生物大分子“自下而上”人工构建单细胞生命,是生命科学最具挑战的科学目标之一,也是人类掌握生命底层设计法则的重要检验。

过去几十年间,全球合成细胞研究格局逐步形成。欧洲的 MaxSynBio、BaSyC、EVOLF,美国的 Build-a-Cell 等项目在合成细胞各功能模块的研发中均取得进展,然而如何将各功能模

块整合为完整细胞,仍是全球尚未突破的重要瓶颈。在亚洲,尽管中国、日本、韩国及新加坡等国在合成细胞研究方面各具优势,但长期缺乏有效协同,未能形成合力。

在攻克这一瓶颈时,定量合成生物学提供了重要的理论指导。刘陈立告诉《中国科学报》,简单来说,它把生命科学从“大致差不多”的定性描述,升级为像物理和化学那样“能算、能量、能预测”的定量科学,不仅能调控细胞内的基因表达与蛋白质合成等,还能用数学模型推演这些过程如何共同决定细胞的行为。正是依托这一理论支撑,该技术路线图系统规划了从零散功能模块到合成细胞的理性构建路径。

为汇聚亚洲优势力量开展协同攻关,2023 年,由刘陈立倡议并牵头,亚洲 6 国科学家联合正式成立“亚洲合成细胞联盟”。联盟成员在凝聚共识、明晰路径的背景下首次绘制出该技术路线图。“具体而言,我们在技术路线图中提出了构建合成细胞所面临的四大核心挑战,分别是代谢连续性、核糖体自主再生、模块设计规则缺失,以及时空协调机制复杂。”文章第一作者、深圳先进院研究员戴卓君介绍。

为应对这些挑战,技术路线图提出了一种以跨境协作、基础设施共享与开放标准为特征的新型研究范式,

构建起以 AI 驱动的生物铸造厂为核心、采用“中央工厂+分布式工作站”跨国协作模式的研究架构。

据戴卓君介绍,该架构包含统一制备标准化底盘与试剂,形成闭环的“设计-合成-测试-学习”循环,并依托“单合成细胞组学”为机器学习提供高维数据支撑。在理论方法层面,技术路线图主张融合基于机制理解的“白箱模型”与数据驱动的“黑箱模型”,以系统揭示合成细胞的设计约束。同时,针对模块间互作的不可预测性,提出通过对跨尺度涌现功能进行高通量人工选择,为构建复杂细胞开辟了全新的方法论路径。

基于以上思路,技术路线图进一步提出跨度为 10 年的“原始细胞到自主细胞”两阶段推进路径。

第一阶段的目标是构建“原始细胞”,确立稳定的磷脂囊泡结构、含至少 200 个基因的最小基因组、≥90% 的蛋白质由无细胞转录翻译系统表达,并具备关键代谢物的内源合成能力,同时构建其“数字孪生”模型,探索力学信号与生化信号如何协同调控细胞分裂。

第二阶段迈向“自主细胞”,核心是实现内源性、基因组编码的核糖体再生系统,使合成细胞摆脱外源表达依赖,具备真正的自我复制能力。自主细胞需完成 10 次以上连续、协调的生

长-分裂周期,具备在环境选择压力下的演化能力,并能涌现出群体行为。

集合力量构建国际合作网络

2023 年,依托中国科学院建制化优势,刘陈立团队聚焦“人工合成单细胞生命”这一重大科学问题展开有组织攻坚。团队注意到,亚洲各国在合成细胞研究领域展现出高度互补的技术优势。

刘陈立表示,中国建立了大规模生物铸造厂和合成生物学定量建模框架;日本在重构中心法则系统方面处于国际领先地位,开发了 PURE 系统及核糖体组装技术;韩国与新加坡则在 AI 驱动的代谢原型构建和自动化 DNA 合成方面具有突出优势。然而,区域内相关力量长期缺乏有效、系统的整合与协同。

基于此,亚洲合成细胞联盟于 2024 年 4 月在深圳举办首届合成细胞亚洲研讨会并签署合作备忘录,标志着亚洲合成细胞研究合作网络的正式建立。2025 年,合成细胞亚洲研讨会再次于深圳召开,联盟成员围绕模块构建、整合与标准化接口等关键议题达成多项实质性共识,推动技术路线图向具体实施方案加速落地。

相关论文信息:

<https://doi.org/10.1038/s41587-026-03153-w>

尿路上皮癌迎来中国原创方案

本报讯 近日,记者从在京举行的 2026 中国临床肿瘤学会(CSCO)尿路上皮癌创新诊疗学术会议上获悉,中国尿路上皮癌诊疗领域近期接连取得两项突破,标志着这一领域正式完成从“跟跑”到“领跑”的跨越。中国方案开启精准治疗的新时代。

尿路上皮癌是泌尿系统最常见的恶性肿瘤之一,主要包括膀胱癌、肾盂癌和输尿管癌。长期以来,以顺铂为基

础的联合化疗是局部晚期或转移性尿路上皮癌一线治疗的标准方案。然而,传统化疗中位生存期仅约 14 至 15 个月,并且血液学毒性、肾毒性等严重不良反应使大量患者,尤其是肾功能不全或体能状态较差者无法耐受标准治疗,错失有效机会。突破这一“天花板”,是国内外泌尿肿瘤学界共同的迫切需求。

中国诊疗方案 RC48-C016 相关

成果发表于《新英格兰医学杂志》。该研究由北京大学肿瘤医院教授郭军牵头发起、盛锡楠教授团队具体实施,在全国 74 家临床中心开展,是全球首个在 HER2 表达人群一线治疗中头对头证实“免疫+ADC”联合方案显著优于传统含铂化疗的Ⅲ期随机对照试验。

《新英格兰医学杂志》副主编、北京大学未来技术学院创始院长肖瑞平现场评价,该方案是中国临床研究从

量变到质变的标志性成果,以扎实的循证证据、明确的临床价值赢得了国际学术界的认可。

新版《CSCO 尿路上皮癌诊疗指南》也于今年 4 月正式发布。郭军表示:“和传统化疗相比,该方案可以将患者的总生存期、无进展生存期、客观缓解率都提升一倍,切实改变中国晚期尿路上皮癌的治疗格局。”

(高雅丽)