



CMAC 大会主席谷成明： 计算医学是大势所趋

医学正经历一场从“经验主义”向“算法驱动”的跃迁。如今，大语言模型和合成生物学的发展为医学带来了新机遇。用大语言模型训练私域数据，能够更方便地训练垂直领域模型。同时，合成生物学领域已能合成新蛋白。一旦掌握生物学背后的逻辑，药物研发过程将大大加快。当前的临床研究成本依旧非常高，动辄成百上千万美元，而很多人排标准是“拍

脑袋”决定的。以抑郁症诊断为例，一项覆盖 12 万人的研究表明，传统 9 项量表被算法解构后，仅保留“兴趣缺失”“失败感”“疲劳”3 项核心指标，就能覆盖 90% 的诊断结果。当 AI 能处理万维数据，临床决策不应再受限于肉眼可见的指标。借助 AI 的力量，数字孪生技术能够为患者建立虚拟模型，勾勒患者的未来画像。美国相关研究表明，数字孪生可提升治疗效果，减少实验组和对照组人数，降低临床试验成本

并加快研究进程。未来的世界一定是计算驱动的世界，我们现在看到的只是冰山一角。临床上还有大量的数据，比如基因数据、组学数据、酶学数据、蛋白数据、电子病历数据、医保数据甚至社交媒体数据等。利用这些数据，我们就能得到更多的证据支持科研、临床和各种各样的决策。或许到 2030 年，更多的数据不是真实数据，而是合成数据。而面对海量的数据库，我们必须人机协作。



图灵·达尔文实验室主任牛钢： 数字孪生已从科幻走进现实

过去，我们或许只在科幻小说中看到这样的场景：在多重“虚拟宇宙”中，科学家们为患者的数字孪生体尝试各种治疗方案，观察疗效，然后将最优的治疗条件应用于现实中的患者。然而，今天数字孪生技术已经不再是遥不可及的幻想。它的核心在于将一个人转化为一个数学向量，这个向量由细胞功能、信号通路等关键生物学特征组成。我们在临床实践中发现，通过这种方式对个体进行编码，向量中的特征与患者的临床表型呈现出显著的回归关系。

一张“疾病地图”。这张地图包含约 150 万个节点，每一个节点代表一种独特的疾病状态。我们的目标是将不同个体的不同问题抽象为一类问题。关键在于识别药物的响应适应证和不响应适应证，通过患者的多组学数据库，筛选出药物适用的真实人群，并为每个人构建数字孪生模型。同时，我们还开发了评分模型，通过分数高低精准筛选适用药物，明确哪些人群能从中获益、哪些人群不适合使用。数字孪生模型还能帮助我们区分特定药物的原发性耐药和继发性耐药。研究发现，这两种耐药机制存在一定的共性，例如免疫抑制性细胞浸润增加、T 细胞功能受抑、促炎信号与免疫抑制并存、调节性 T 细胞数量可

能上升、抗原提呈受损，以及血管异常和缺氧等。理解这些机制后，我们可以通过联合使用机制增强药物来提升治疗反应。这种策略为克服耐药性提供了新的可能性。其实，做芯片和做药片的底层逻辑有着惊人的相似之处。在针对某一疾病开发药物时，我们需要利用类似 EDA（电子设计自动化）的平台流程，对数据进行充分挖掘和验证。只有这样，到了临床试验阶段，我们才能更接近成功。总而言之，数字孪生技术的进步不仅让我们能够更精准地理解疾病和药物作用机制，也为个性化医疗开拓了广阔的前景。未来，随着技术的不断完善，我们有理由相信，它将在生命科学领域发挥更大的作用。



中科计算技术西部研究院研究员、图灵·达尔文实验室副主任赵宇： 计算医学用数字描述生命、理解生命

现在一些医疗领域 AI 大模型实际上是对人类已有知识的机器化，是基于信息化工作以及统计对人类既往临床治疗方案的汇总。AI 作出的判断都是基于人的标注，它不会产生任何新知识。但计算医学不同，如何用数学、数字化模型描述生命，是计算医学的底层逻辑。它用 AI 或数学方法解读数据、加工数据，产生新洞见。从宏观角度而言，数字孪生改变了药物研发“带着答案找问题（先做出分子，再去试新适应证）”的范式，先理解生命，再进行药物研发或临床治疗。换句话说，就是

先在计算机上构建模拟生命机制运行的高维模型 - 数字孪生人，在数字孪生人群上进行大规模的试错，试到穷尽为止，再用有限的资金验真，把药物研发工作变成一根线，变成一个工程化的事情，谋定后动、循序渐进。从微观角度而言，促进全新靶点发现，老药新用，挽救临床失败药物。过去我们有个口号——没有失败的三期试验，现在有了数字孪生技术，更能印证这句口号的真实性，失败是因为药物机制与病人个体疾病不匹配。用数字仿真的方法把失败的三期试验模拟一遍，找出失败的原因，重新设计入排条件、建立新适应证，就能极大降低

药物研发的成本、时间、失败率。无论是数字孪生还是计算医学，都属于颠覆性非共识技术，正在给这个行业带来翻天覆地的变化。未来，随着生物技术 + 数字化技术的深度融合，以及数据成本的不断降低，医药行业对新技术认知不断趋向共识，计算医学将为药物研发、疾病诊断新工具和新疗法的诞生提供更多可能性。随着这项新技术体系的自我迭代和“数字孪生体”的建立，个性化医疗照进现实，医学研究、生物医药产业的发展将引入新范式。技术的发展不以个体的认知为转移，但个体的发展因认知而改变！



本报记者 张思琦 陈伟琪

编者按：

近日，中国（苏州）创新药物医学大会暨 2025 中国医学发展促进委员会（CMAC）年会在苏州召开。“与 AI 共生、在临床研发及适应证探索中落地案例”子论坛特别邀请了政策、技术和药物研发领域的专家学者，交流分享计算医学这部“连续剧”的最新进展。

延伸阅读

国内外 AI+ 医疗相关政策梳理

随着 AI 在医疗领域的快速发展，各国纷纷出台相关政策以推动其应用和规范发展。总体而言，各国政策虽有差异，但均强调 AI 在医疗领域的技术创新、伦理规范和数据隐私保护。中国在推动 AI 技术普及和医保支付、伦理规范方面处于领先地位。

中国

2017 年，《新一代人工智能发展规划》发布，提出推广 AI 治疗新模式。

2021 年《数据安全法》和《个人信息

保护法》发布并实施。

2022 年，科技部等部门发布《关于加快场景创新以人工智能高水平应用促进经济高质量发展的指导意见》。

2024 年，国家将 AI 辅助诊疗纳入医保支付，推动其在基层医疗机构的普及。

美国

2017 年，美国食品药品监督管理局（FDA）发布了数字健康创新行动计划，为 AI 医疗器械软件提供新的审核标准，简化审批流程。

2019 年，FDA 提出“预定变更控制计划”概念，允许 AI 医疗器械预先批准。

2023 年，美国 28 家医疗服务提供商和支付方宣布自愿承诺在医疗领域安全、有保障地使用 AI 技术。

2025 年，FDA 发布指南，强调 AI 在药品和生物制品监管中的应用。

欧洲

2018 年，英国建立“数据伦理和创新中心”，关注 AI 应用中的伦理和数据

安全问题。

2019 年，《可信 AI 的伦理指南》发布，为 AI 系统的开发和使用提供了基本的伦理框架。

2024 年，《欧洲人工智能法》发布并实施，为 AI 在医疗领域的应用设定标准。

2025 年，《欧洲健康数据空间条例》发布，确保 AI 系统的开发和应用符合伦理标准。

日本

2017 年，日本在《人工智能技术

战略》中明确了 AI 在医疗领域的应用场景。

2021 年，《第六期科学技术创新基本计划》明确提出加速数据开放与人工智能应用，实现个性化医疗。

2024 年，日本在第三健康医疗战略草案中提出，通过跨部门合作构建生态系统，推动 AI 在医疗领域应用。

2024 年，日本政府继续推动 AI 技术在药物研发中的应用，利用 AI 技术进行高精度的疾病检测。



北京大学肿瘤医院药物临床试验机构办公室主任江昱： 虚拟临床研究是未来的大方向

随着全球政策与行业共识持续更新，虚拟临床试验已经被纳入我国产业发展政策。《上海市发展医学人工智能工作方案（2025—2027 年）》《北京市加快推动“人工智能 + 医药健康”创新发展行动计划（2025—2027 年）（征求意见稿）》等文件中均提及数字孪生、人工智能等技术。今年全国两会期间，有人大代表建议深度融合 AI+ 制药，建立计算医学发展应用的“中国方案”。

我们主导的 Principal-001 研究于去年正式收尾。团队利用患者个体的数字孪生进行前瞻性预测疗效的虚拟临床研究，目的是验证模型预测的可靠性。同时，我们选择了一个未上市靶向药的一期单臂注册类

单药临床试验。两项研究同时做疗效评估，评估分为两部分——验证和预测。该研究共入组 12 例患者，7 例患者采集的是外周血，其中 6 例达到了评估结果，进入模型验证流程。结果显示，验证结果、预测结果都和注册结果完全一致。但我们的工作不仅停留在对模型的验证，更希望从部分缓解人群中提取出响应人群的克隆画像，从而把人群精准地分配到不同的响应药物中，以缩短临床试验周期，减少无效入组，降低临床试验成本，提高临床试验的效率和成功率，尤其是对以总生存期为指标的长周期肿瘤研究而言。可以肯定的是，虚拟临床研究必定是未来的大方向。过去研发一些药物时，由



中国信通院医疗健康大数据与网络中心副主任连云波： 数字孪生推动医学研究范式转变

人体是一个跨尺度的复杂系统，从纳米级分子到细胞层面，再到组织、器官，传统科学研究方法已陷入瓶颈，传统数学模型因复杂系统行为的计算不可约性难以有效描述。这迫使我们重新回到归纳科学的路径，即从海量数据中寻找和归纳出规律，这正是发展数字孪生技术的重要原因。AI 技术作为一种出色的复杂系统，带来的影响最为深远，将推动整个科学研究范式的转变。

我们主导的 Principal-001 研究于去年正式收尾。团队利用患者个体的数字孪生进行前瞻性预测疗效的虚拟临床研究，目的是验证模型预测的可靠性。同时，我们选择了一个未上市靶向药的一期单臂注册类

考模型，尚未建立起真实世界的物理模型；其次，AI 推理模型尚缺乏有效的分层规划能力；此外，AI 决策过程中尚缺少成本预算和与外部环境的实时反馈机制。实现通用人工智能（AGI）仍需较长时间。如果这些问题能够解决，AI 将具备改变社会的巨大潜力，尤其是在生命科学领域。生命信息分三个层次：一是 DNA 编码层面；二是细胞内要素的结构与功能；三是细胞间互动形成的系统。如何从 RNA 表型或 DNA 序列准确映射细胞功能及细胞间相互作用，是构建虚拟细胞的核心目标。而构建虚拟细胞及跨尺度

但目前 AI 仍存在一些不足。首先，AI 主要在语言和抽象符号层面构建人类思

数字孪生体，将极大推动生命科学、医疗与制药产业的创新发展。

当前 AI 在医疗领域快速发展，例如清华大学团队仅用 7 天训练出呼吸科虚拟医生，现已扩展至 22 个专科医生，诊断准确率超过 80% 的医生。未来，通过强化学习或智能体实现医疗流程自动化与内化，将进一步提升医疗服务效率。生物医学正迎来前所未有的发展机遇，AI 技术也日益成为产业创新的核心驱动力。我们期待社会各界共同努力，推动中国“AI+ 生物医药”领域的发展迈向新的高度，取得更广泛、更深入的成果。