

# 治疗性疫苗可彻底“猎杀”肿瘤干细胞

■本报记者 张双虎

“这是可针对多种癌症类型的治疗性疫苗。”国家纳米科学中心研究员杨延莲告诉《中国科学报》,“动物实验表明,它可将肿瘤细胞抑制效果提升5至7倍。”

癌症治疗一直面临术后复发转移的巨大挑战。在导致肿瘤复发转移的诸多因素中,肿瘤干细胞(CSCs)起着举足轻重的作用。因此,清除肿瘤干细胞对阻断肿瘤复发至关重要,但目前仍缺乏有效的干预策略。

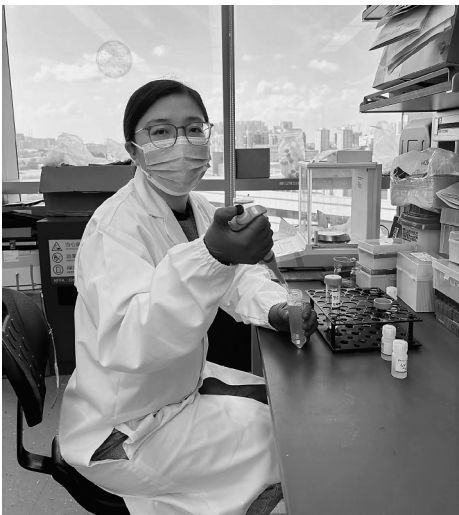
杨延莲团队联合新加坡国立大学教授陈小元团队,成功构建出一种表观遗传调控抗原集成仿生纳米疫苗,破解了抗原交叉提呈效率的关键难题,为清除肿瘤干细胞、抑制肿瘤复发转移提供了新策略。近日,相关研究成果发表于《自然-纳米技术》。

## 歼灭肿瘤“精锐部队”

干细胞是一类具备自我更新和无限增殖能力的细胞。它拥有两项特殊能力:一是可以不断自我复制,产生更多相同的细胞;二是能够分化成不同类型的细胞。因此,其在人体生长发育、组织损伤修复过程中发挥着关键作用。

遗憾的是,人类的“劲敌”肿瘤也有自己的“干细胞”。

“肿瘤干细胞具备自我更新和分化能力,不仅能增殖生成肿瘤细胞,还可分化出异质性肿瘤细胞群体,加速肿瘤复发转移。”杨延莲说,如果把肿瘤看作“敌军”,肿瘤干细胞就是它们的“特种兵”“精锐部队”。它像一粒种子,在药物浓度高时会休眠一段时间,从而逃避药物“猎杀”;一旦条件适宜,它就会在不同的器官和组织处种植、增殖。只有彻底消灭肿瘤干细胞,才有可能抑制肿瘤的复发转移。



杨延莲在做实验。受访者供图

目前,人们掌握了多种治疗方法,其中靶向化疗、抗体治疗能有效杀死肿瘤细胞,且对人体伤害较小。但这些疗法很难对付肿瘤干细胞,如果这些“种子”尚在,它很可能会“卷土重来”。

“即使花了很大力气,杀死95%至99%的肿瘤细胞,残留的1%至5%的肿瘤干细胞仍会形成‘燎原之势’。”杨延莲补充说,“因此,我们必须堵住这个漏洞,彻底杀死肿瘤干细胞,从而抑制复发转移。”

## 验证集成化纳米疫苗

2021年,杨延莲团队开始针对表观遗传调控进行研究。很快,研究团队便发现了基于肿瘤相关抗原和肿瘤干细胞特异性抗原集成

化表达的肿瘤细胞纳米囊泡,能同时对肿瘤细胞和肿瘤干细胞进行免疫清除。

这让团队非常激动,但真正的挑战也随之而来。研究人员要弄清楚,在这个过程中集成化纳米疫苗到底通过什么样的免疫反应抑制肿瘤干细胞。“要阐明抗原递呈途径和相关机制,以及是否引起肿瘤干细胞特异性免疫反应等问题。”杨延莲说,“这就要通过充分的实验来验证,因此也是真正的挑战。”

杨延莲和该论文第一作者、国家纳米科学中心毕业博士生游青(现在新加坡国立大学从事博士后研究)的学术背景为化学、药学和纳米科技专业。她们与陈小元合作,同时在研究过程中得到中国科学院生物物理研究所相关研究人员的帮助,使该研究工作中的机制验证更加严谨、扎实。

当前,“动物福利”广受关注,进行动物实验往往需要相关机构审批。作为国家纳米科学中心伦理委员会成员和曾经的实验动物管理委员会成员,杨延莲更加注重保护动物福利。她认为,一方面,要尽量减少实验动物数量;另一方面,免疫机理验证必须有严谨、扎实的实验支撑,一定要保证足够的统计量。

“通过优化实验设计,在确保实验效果的基础上,最大限度减少动物用量,同时降低了实验成本。”杨延莲说。

最终,研究人员发现通过靶向树突状细胞(DCs)的甲基化识别蛋白,可以有效降低树突状细胞的溶酶体蛋白酶表达,降低集成化抗原的降解,提高了抗原交叉提呈效率。

“与无疫苗治疗组相比,抗原交叉提呈效率提高近两倍,增强了纳米疫苗的免疫效力。”游青说,“该疫苗显著抑制肿瘤增殖及肿瘤干细胞介导的肿瘤复发与转移,与无疫苗治疗组相比,肿瘤抑制率显著提高。”

## 具有临床转化前景

“简单来说,这是一种治疗性疫苗。”杨延莲说。

疫苗通常面向健康人群,起到预防作用。这款疫苗虽然能像药物一样具有治疗作用,但作用机制却和疫苗相似。

“把它叫作疫苗是因为它的作用机制和预防类疫苗相似,能通过激发人体自身免疫功能达到治疗目的。”杨延莲说,“常规药物治疗时,一旦药物浓度降低,疗效就可能打折扣,而这种治疗性纳米疫苗集成了针对普通肿瘤细胞和肿瘤干细胞的抗原,通过激活免疫发挥治疗作用,因此能够长期有效。”

研究团队利用自身的纳米技术优势,把核酸和蛋白制成一种纳米结构,再把它载入纳米囊泡中,提高了载带效率。这种通过工程化改造来源细胞,并利用纳米囊泡外壳载体集成两种抗原的策略,显著提升了抗肿瘤治疗效果。

前期实验中,研究团队选择了发病率较高的乳腺癌和相对凶险的黑色素瘤。这两种肿瘤一种发生在内部腺体,一种发生在皮肤表层,因此更具代表性。

“这项研究中,不管是集成化抗原靶向肿瘤干细胞、载带小核酸的纳米囊泡技术,还是靶向调控树突状细胞溶酶体、提高抗原提呈效率等方面都非常有创意。”杨延莲说,“这是一套‘通用型’的治疗思路,对大多数肿瘤都有效,疫苗的治疗效果非常理想,因此具有良好的临床转化前景。”研究团队的下一步目标是将其做成注射类针剂,以治疗性疫苗策略惠及患者。

相关论文信息:  
<https://doi.org/10.1038/s41565-025-01952-x>

## 按图索技

# 用“膜”法破解极端环境取水难题

本报讯(见习记者江庆龄)近日,东华大学材料科学与工程学院由硕士研究生姚家傲等组成的学生团队开发的三类多孔有机聚合物(POPs)功能膜产品——大气集水膜、海水蒸发器、抗菌纳滤膜,已完成中试测试,并与数家企业和国际水务机构达成合作意向。

在地球上最干旱的地方之一、智利阿塔卡马沙漠,居民在风口山坡上架起一排排“雾网”,待空气中飘来的水蒸气在网面凝结成滴,小心地用管子接入生活用水槽……姚家傲在纪录片中看到这一幕后,产生了一个大胆的想法:“有没有可能做出一种比雾网更轻、更小、更高效的材料,让人类从空气中直接取出净水?”

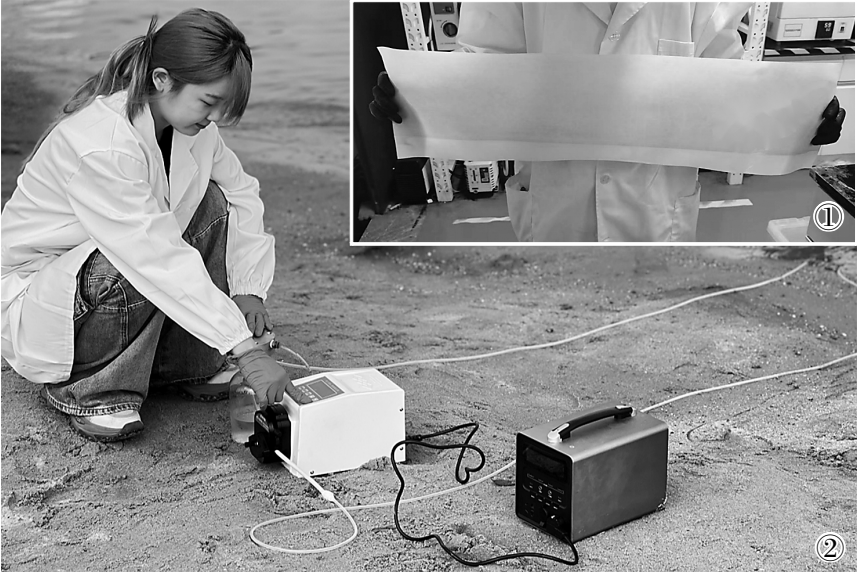
基于“空气草”能在干旱气候中吸收雾气存活的特性,姚家傲和团队成员通过模仿其叶片的非对称结构,开发出一种“双面性”POPs膜材料,其中一面粗糙亲水,负责集水,另一面光滑疏水,用于保水。当膜材

料放置一段时间后,能够在表面凝结“雾水”,再将这些水收集起来,便实现了“喝空气”的功能。

随后,团队将光热吸收材料与压电材料组合,开发出一种能在阳光和波浪双重作用下工作的“复合蒸发膜”。测试结果显示,这套设备能够在自然能驱动下稳定产出可饮用的水,拓展了空气膜的应用。

此外,针对高盐、高污染的盐湖地区,团队将具有光敏抗菌特性的卟啉基团引入POPs膜材料中,使其在光照条件下自动释放活性氧,持续杀灭膜面细菌,且膜体具备良好的孔隙结构,能够确保盐分拦截和水通量的平衡。

最终,团队设计出一款适用于高污染源头的抗菌复合膜,具备高通量、高过滤率与抗菌性,能够实现稳定的水质净化。后续,团队还计划将膜材料应用拓展到灾区应急供水、野外作业装备等领域。



①极端环境大气集水“POPs”膜实物。②团队成员在户外实地场景做测试。 东华大学供图

# 观棋学下棋,AI棋手击败人类对手

■本报记者 温才妃 通讯员 王瑞霞

在围棋的黑白世界里,一场极具颠覆性的较量正在北京交通大学计算机科学与技术学院实验室上演。屏幕上,黑白棋子交替落子,执黑的人工智能(AI)棋手全程未借助任何语言指令,仅凭观看数万局高手对战视频,便自主领悟了围棋规则,最终以职业5段的实力击败人类对手。

这场令人惊叹的“胜利”,也是北京交通大学与豆包大模型团队联合研发的视频生成实验模型VideoWorld的一次精彩亮相。

## 灵感源于自然界

传统AI模型如同依赖词典学步的孩童,必须借助语言标签或奖励机制才能理解世界。以教会AI打领结为例,研究人员需要将这一动作细致拆解为“左手持左边,右手持右边”等文字指令。面对复杂任务时,语言描述的局限性往往成为难以逾越的障碍,导致AI在执行任务时力不从心。

VideoWorld的出现为视觉智能推理研究带来了新思路。该模型仅依靠视频数据,就能让机器自主学习并掌握推理、规划和决策等复杂能力。不同于传统方式,它无需依赖强化学习中常见的搜索算法或奖励机制,在业内首次实现了不依赖语言模型的世界认知。

“我们的灵感源于自然界。”VideoWorld项目负责人、北京交通大学计算机科学与技术学院教授魏云超介绍,“大猩猩等灵长类动物通过观察成年同类觅食,以及模仿社交行为获取生存技能,可见视觉才是生物认知世界的核心。”

基于上述理念,团队开发出潜在动态模型,将视频帧间的动态变化压缩为高效特征。这使得AI能够如同人类婴儿一般,通过“观

察、模仿、实践”的循环过程,掌握复杂技能,大幅提升学习知识的效率与效果。

实验结果显示,仅有300MB参数的VideoWorld,在围棋任务中达到职业5段水平;在机器人控制场景里,VideoWorld成功完成机械臂操作、物品分拣等任务,展现出良好的泛化能力。

## 一场“逆向突围”

在大语言模型主导的AI领域,VideoWorld的诞生有点“逆向突围”。魏云超解释:“当多数团队在语言模型的赛道上奋力疾驰时,我们选择回归视觉本质,探索视频生成模型处理复杂推理任务的可能性。”

这一选择源于团队对行业痛点的深刻洞察——语言难以涵盖现实世界的海量信息,而视频作为人类获取信息的主要载体,蕴含着更为丰富的知识。

研发之路并不平坦。魏云超表示,首先,视频生成模型处理复杂推理任务的可行性尚无先例,缺乏可借鉴的方法;其次,基线模型的性能缺陷难以精准归因;此外,目标场景缺乏公开可用的实验数据,团队需要从无标签视频中提取有效特征,同时防止过度拟合。

确定实验环境是第一步。团队经过深入讨论,最终选择棋类游戏作为实验场景,因为其在AI领域已有广泛应用基础。

随后,团队开始着手制定技术方案——首要工作是选择严谨的基线方法,并确定合适的性能评估指标。受大语言模型成功经验启发,项目组决定采用类似语言模型的“下一标记预测”方式训练模型。

然而,在基线模型训练和评估过程中,团队发现了很多堵点,项目一度陷入停滞状态。

在接下来的几个月里,团队提出了多种改进方案。经过反复尝试与总结,他们发现有效压缩视频中的动态变化是提升生成模型推理能力的关键。这一发现最终确立了VideoWorld的技术路线:潜在动态模型通过动态特征压缩与时空关系建模,将视频学习效率提高40%,并为模型可解释性开辟了新路径。

“从2024年2月项目启动到2025年2月论文被电气与电子工程师学会(IEEE)国际计算机视觉与模式识别会议CVPR接收,这一年里,我们的研究产生了约10TB的工作数据与模型文件,验证实验次数超1000次,仅围棋实验就迭代了上百种模型架构,论文从初稿到定稿修改了几十个版本。”VideoWorld论文第一作者、北京交通大学计算机学院博士生任中伟回忆说。

在一次次失败与尝试中,任中伟深刻认识到:“科研突破源于持续迭代,前沿领域探索无现成路径。每一次失败都是成功的基石,需保持耐心与韧性,培养独立思考与自主验证能力,学会系统性分析问题本质。”这些宝贵经验成为他未来科研生涯的重要财富。

## 拥有“视觉之眼”

在AI学习的广阔疆域中,VideoWorld正开辟着独特的探索路径。魏云超介绍说,该模型致力于从无标签视频中挖掘知识,实现从特定任务规则到高级推理、规划能力的跨越性学习。

与强化学习、监督学习和基于文本的学习等传统方法相比,VideoWorld展现出三大

优势:一是凭借统一的视觉表示,它对各类任务和交互界面展现出更强的泛化能力,能够在不同场景中灵活应用所学知识;二是摒弃了烦琐的手动标注过程,极大减轻了数据预处理的负担,让研究人员得以将更多精力聚焦于核心算法研发;三是相较于依赖文本描述的学习方式,VideoWorld能够捕捉到更为丰富、立体的现实世界信息,让AI认知更贴近人类感知世界的真实维度。

目前,VideoWorld的代码、数据与模型已在IEEE国际计算机视觉与模式识别会议CVPR 2025上发布并全部开源,在学界引发热烈讨论。

“虽然VideoWorld证明了纯视觉认知的可行性,但它目前仍处于概念验证阶段。”魏云超指出,“论文被接收后,我们已经开始下一阶段的研究。我们正在探索如何利用VideoWorld的思路解决更加实际且复杂的问题,比如通过视频学习烹饪、维修,甚至理解幽默或隐喻等。”

从依赖“文字拐杖”到拥有“视觉之眼”,VideoWorld在AI认知范式注入了新动力。正如团队在论文中所写:“当机器学会用眼睛‘阅读’世界,或许离真正的通用智能又近了一步。”

## 集装箱

## 全国首个AI医学院成立

本报讯(记者朱汉斌 通讯员王丽君)6月29日,全国首个人工智能(AI)医学院——广东医科大学AI医学院(以下简称AI医学院)正式启动成立。记者获悉,AI医学院是首个在网络空间中构建的、基于鸿蒙生态的医学智算中心和AI底座上的“虚实融合、软硬一体”数智医学院,是与真实世界医学教育并行的AI医学教育空间。

中国科学院院士、南方医科大学南方医院肾内科主任侯凡凡表示,AI医学院的建设有助于培养未来医生的AI素养,并能通过AI提高医学教育质量,对大模型自身的训练和成长也极具价值。

记者了解到,以“智肾”慢性肾脏病大模型、“福星”儿童肥胖大模型、“同济·木兰”女性肿瘤大模型等为代表的首批30多个人工智能通用大模型已入驻AI医学院。

广东医科大学党委书记、校长卢景辉表示,广东医科大学主动拥抱AI时代下医学教育模式的创新变革,努力为全国医学AI大模型打造友好、开源的医学教育应用场景,提供从校园到医院全成长周期的知识学习、临床研究、诊疗服务AI素养的评估和支持,以AI赋能学生适应未来医学、智慧医疗必备的职业能力。

## 以玄武岩为主材的非织造布亮相

本报讯(记者李思辉 通讯员姜胜来)近日,2025年非织造产业链发展大会在湖北省仙桃市举行。一款以玄武岩为主材的非织造布在会上亮相。该产品可耐受高温1300℃,有望应用于国产消防服等特种设备生产领域。

据了解,这款非织造布与月球背面的五星红旗有着相同的原材料。2024年6月4日,嫦娥六号着陆器携带的一面五星红旗在月球背面的南极-艾特肯盆地成功展开。这面五星红旗就是由玄武岩纤维制成的。

“从玄武岩在纺织上的应用获得启示,我们希望将它拓展到非织造布领域。”相关企业负责人介绍,企业携手武汉纺织大学在结构、工艺、设备等方面进行改进、调整及优化,最终通过非织造布技术在新材料上实现突破。

据了解,现在生产消防服的主要原料是芳纶纤维材料,但其成本高昂,每吨卖到20万元。而玄武岩是火山岩的一种,是地球陆壳的重要组成部分,广泛存在于地表。玄武岩非织造布成本约为芳纶的三分之一。

## 新华医院联合商汤医疗发布AI儿童全科医生

本报讯(记者赵广立)6月28日,上海交通大学医学院附属新华医院奉贤院区正式启用。在开业仪式上,新华医院联合商汤医疗发布基于商汤“深思考”大医·医疗大模型的“AI儿童全科医生”,为基层儿科医生诊疗与儿童居家养护赋能,将高水平医院的儿科临床诊治经验转化为交互式“AI向导”。

据介绍,AI儿童全科医生覆盖通识性儿科健康及科普知识、指南及专家共识、儿科教材及专业书籍,实现了对胎儿期、新生儿期、婴儿期、学龄前期、学龄期和青春期的不同年龄阶段的儿童医疗知识和健康养护的全覆盖与深层次挖掘。

该系统可根据基层医生在诊疗过程中的描述并针对其提问进行回答,提供从日常养育指导到疾病诊疗的建议服务,核心功能覆盖儿童生长及心理发育评估、儿童保健照护、常见疾病预防及处置和合理用药指导。同时,系统专门设计了年龄自适应交互模块,可根据使用者的不同发育阶段特点为其提供个性化服务。

新华医院院长孙毓分享说,经过多轮院内专家论证与行业顶尖大模型的横向对比,新华医院与商汤医疗达成深度合作。此次AI儿童全科医生的诞生,是双方以数字化手段推动优质医疗资源普惠化、构建儿童健康管理新范式的关键里程碑。

## 无人机开辟 应急医疗器械配送“空中高速路”

本报讯(见习记者江庆龄)日前,复旦大学附属肿瘤医院手术室向洁诺医疗管理集团浦东生产运营管理部发出了一份特殊的“订单”——安排配送胸腰椎工具包1份。

接到订单后,浦东生产运营管理部快速响应,配齐应急医疗器械,申请飞行航线。很快,一架搭载胸腰椎工具包的无人机从仓库出发,10分钟后缓缓降落在复旦大学附属肿瘤医院浦东院区1号楼的5楼平台,工具包经扫描确认、收货入库后,快速投入医疗一线服务保障。

这是复旦大学附属肿瘤医院与洁诺医疗管理集团合作,正式启动无人机配送应急医疗器械保障航线的首航试飞仪式。此次首航试飞采用了八旋翼无人机的导航系统与配备紧急迫降系统,通过机载视觉模块、毫米波雷达模块和实时差分定位(RTK)模块,确保飞行安全稳定、精准高效,与陆路运输相比,单程运输时间大幅缩短近50%。

在平台等待接收应急医疗器械的医务人员介绍,借助无人机运输技术,应急医疗器械配送在及时性、运送频次等方面均得到显著提升,有效攻克地形限制、交通拥堵、时间紧迫等传统难题,实现“快速响应、精准配送、安全可靠”的运输目标。

复旦大学附属肿瘤医院院长虞先濬表示:“高精尖器械的稳定供应直接关系到患者生命健康,此次医院与洁诺医疗管理集团共建的应急保障体系,通过‘专机速达的低空物流’模式,可实现关键器械1小时内跨区域调配,急救物资直达手术室,为危重症患者抢出‘黄金救治时间’。”

据了解,双方计划探索建设长三角应急器械联盟,将这套模式推广至长三角乃至全国医疗机构。



医务人员正在从无人机上取工具包。 复旦大学附属肿瘤医院供图