

“美丽的意外”为不孕症研究开拓新天地

■本报记者 赵宇彤

0.1至0.2毫米,只有针尖大小,这是一枚受精卵刚着床时的尺寸,也是生命的起点。然而,在受精后的几天内,胚胎的合子基因组尚未启动,只能依靠母亲提前储备在卵子里的“生命启动包”——母源核糖核酸(RNA)和母源蛋白质,支撑最初的细胞分裂、分化和发育。

在这场生命的接力赛中,怎样保证胚胎的正常发育?西湖大学遗传物质表达与重构国家重点实验室特聘研究员申恩志团队首次揭示了非编码小RNA和细胞质晶格(CPL)在生命启程中的关键作用,为理解女性不孕等临床问题提供了新视角。近日,相关研究成果相继发表于《生命》和《自然》。

揭秘生命起源

这场生命接力赛,始于卵母细胞的精心筹备。“卵母细胞是人体体积最为庞大、生命周期最漫长的细胞之一。”申恩志告诉《中国科学报》,尽管其孕育了无数新生命,却存在许多未解之谜。

“我们发现卵细胞内高度富集着内源性siRNA。”申恩志介绍,这是一类非编码小RNA,像一把“分子剪刀”,能精准识别并切割特定的RNA,抑制对应蛋白质的表达,进而关闭或调节特定基因的功能。

一旦卵母细胞的内源性siRNA受损,早期胚胎就会死亡,这背后的逻辑是什么?内源性siRNA在调控什么,又是如何变化的?2019年加入西湖大学后,申恩志下定决心要探索生命起源的奥秘,“这是生物学中最迷人,却也最脆弱的问题”。

然而,由于卵母细胞样本量极少,传统测序技术很难捕捉到内源性siRNA到底切割了哪些靶标。“只有真正看清它们在卵母细胞中‘切’了什么,才能理解为何对生命起始如此重要。”申恩志说。这是一道无法逃避的难题。他回忆起

了在诺贝尔生理学或医学奖获得者克雷格·梅洛实验室做博士后的日子,当时申恩志接触了一种名为CLASH的前沿技术,能够捕捉小RNA的相互作用。

在组建非编码核糖生物学实验室后,申恩志带领团队系统改造了切割文库构建技术,并首次绘制了小鼠卵母细胞中内源性siRNA的靶向切割图谱,直接锁定了蛋白酶体的关键靶标。

“蛋白酶体专门负责降解不需要的蛋白质,但在卵母细胞内,如果太活跃,也会伤及无辜,破坏生命启动必需的核糖体,导致胚胎在生命最初的阶段陷入不可逆的停滞。”申恩志告诉记者。

而卵母细胞内的siRNA在AGO2蛋白的护送下,能够精准识别、切割制造蛋白酶体的关键零件——转录本,进而抑制蛋白酶体的活性,避免关键蛋白质被过度降解。

“值得一提的是,这套机制也存在于线虫这类低等生物中。”申恩志表示,这意味着,小RNA对蛋白质降解系统的精准调控并非特定物种的偶然所得,而是经过漫长进化被保留的生命策略。

“美丽的意外”

申恩志从没想到,一个“美丽的意外”为这项研究开拓了新天地。

对此,西湖实验室助理研究员薛均超至今仍记忆犹新。当时,他还在申恩志团队做博士后。在一次普通的siRNA功能实验中,他像往常一样利用透射电镜观测核糖体数量,突然发现卵母细胞中的一种特殊纤维状网络结构几乎完全消失不见。

“这正是此前神秘莫测的CPL,就像一个巨大的、坚固的‘生命货架’。”申恩志告诉记者,事实上,早在60年前,这张占据卵母细胞质体积近10%的“巨网”就已被发现。然而,它就像“房间里的大象”,长期以来,科学家认为CPL只是一个静态的骨

架,从未发现它的存在竟依赖于siRNA通路的动态调控。

这个意外的发现点燃了申恩志心底的火苗:“动态的RNA调控和静态的结构组装之间一定存在内在联系。因此,我们决定要把这个消失的结构‘抓’回来看看长什么样。”然而,要想真正看清其原子结构,并不是件容易事。“由于CPL结构极度不稳定,对环境极其敏感,温度、pH值、离子浓度的微小变化,甚至操作时间的稍微延长,都会让它瞬间解体。”申恩志表示,此外,尽管其在细胞内含量高,但提取难度极大,“就像在流沙里找金子”。

为此,申恩志又组建了一支新队伍,重新设计了全套纯化流程,把每一步的时间都压缩到秒级。“我的学生刘淑贤、李珍珍搭档,练就了‘快手’绝活,一人负责纯化,一人负责立刻上机制样,中间几乎没有停顿。”申恩志回忆道。

然而,当终于纯化出微量CPL样品时,冷冻电镜下的图像却给了他们当头一棒。“结构全是碎的,像一团理不清的乱麻。”申恩志印象深刻,那是一个寒冬,但团队成员失落的情绪却持续了很久。“大家迅速调整状态,一边优化、纯化缓冲液的每个成分,一边调整冷冻制样的条件。”

失败、失败、再失败,直到捕捉到第一张清晰的二维分类图时,压在所有人头上的巨石才终于落下。“那一刻,整个团队都沸腾了,那种绝处逢生的喜悦,我终身难忘。”申恩志说。

经过不懈努力,申恩志团队建立了高效的CPL纯化体系,利用冷冻电镜技术,第一次在原子分辨率下看清了CPL的真面目。

摸着“不存在的石子”过河

首次成功绘制卵母细胞中内源性siRNA的靶向切割图谱、首次在原子尺度

上看清了CPL的真面目、首次明确CPL由哪些分子组成……回望这一个个开创性的成果,团队成员、西湖大学博士生刘淑贤无比感慨:“回想当初,这简直是一个摸着‘不存在的石子’过河的课题。”

尽管举步维艰,但他们仍有不少同伴。在解析CPL结构时,申恩志与西湖大学生命科学学院于洪涛实验室的研究员高海山开展合作。二人的实验室就在楼上楼下,随时就能围绕纯化条件、样品状态进行面对面的高频讨论。

“在别处可能需要长时间协调的跨团队合作,在这里只是下楼喝杯咖啡的距离。”申恩志笑道,“真正打破了学科壁垒,实现了‘湿实验’与‘干分析’的无缝融合。”

申恩志介绍,这一研究为理解女性不孕、反复胚胎停育等临床问题提供了全新视角。“现在我们明确了,基因突变将导致‘生命货架’CPL崩塌,使得卵母细胞中的母源蛋白失去庇护而流失,最终导致胚胎因缺乏‘生命启动包’而死亡。”他进一步解释,“这让致病机理从抽象的基因序列变成了可视化的结构崩塌。”

在临床转化上,这一发现也为精确遗传诊断提供参考。医生能更准确地判断某个基因突变是否会破坏蛋白间的结合界面,从而在孕前或胚胎植入前更可靠地评估风险。同时,这一研究还为未来设计稳定CPL结构、保护母源因子的干预手段提供了全新靶点和希望。

然而,尽管取得了一系列亮眼成果,但在申恩志心里还有不少问题有待探讨。“看清只是第一步,真正的挑战才刚刚开始。小RNA如何调控如此庞大的生命物质?孕育生命的意义何在?这些是我们正在深入探索的问题。”申恩志说。

相关论文信息: <https://doi.org/10.1038/s41586-026-10360-7>
<https://doi.org/10.15302/vita.2026.02.0012>

专家讲坛

3月18日,国家卫生健康委员会在北京举行新闻发布会。有专家在会上指出,全球多个国家出现了麻疹疫情反弹或者暴发。2025年麻疹报告病例数居前10位的国家中,有6个与中国接壤,中国面临较大疫情输入风险。

对此,中国疾病预防控制中心主任医师余文周在发布会上提醒儿童家长们,面对世界麻疹疫情的风险不断增加,要认真核对儿童麻疹疫苗接种史,未接种或者未全程接种的儿童需要及时到接种单位补种麻疹疫苗。同时提醒公众在前往境外旅行时,要密切关注目的地的疫情并加强防护,前往疫情严重的流行地区时,可在必要时于出境前21天接种含麻疹成分的疫苗。

那么,麻疹到底会给我们带来哪些健康威胁?世界范围内的麻疹疫情现在是什么情况,我们又有哪些应对措施呢?

麻疹对人类的健康威胁

麻疹是我国法定的乙类传染病,其病原体是麻疹病毒。儿童容易感染麻疹病毒,一般潜伏期约为10至14天,通常表现出发热、出疹等症状,隐性感染者较为少见。

麻疹可引起患者出现肺炎、心肌炎和脑炎等并发症,严重时可能导致患者死亡。麻疹病毒的早期,在患者的口腔颊黏膜会出现针尖大小灰白色突起,即柯氏斑(麻疹黏膜斑),这是鉴别麻疹与其他传染病的重要标志。

麻疹病毒主要通过空气飞沫传播,传染期较长。患者从出疹前4天到出疹后体内均含有大量的病毒,病毒可随着感染者咳嗽、打喷嚏等行为产生的飞沫而传播,飞沫中的麻疹病毒可在空气中悬浮2个小时以上,甚至形成气溶胶进一步传播。

麻疹病毒在外界环境中的抵抗力较弱,不耐干燥、日光照射和高温,甲醛、乙醚、紫外线、过氧乙酸等常见消毒方法对麻疹病毒都有杀灭作用,但病毒在低温中能长期存活。有研究表明,接触被麻疹病毒污染的物体表面也有可能引发感染。

麻疹是已知传染能力最强的人类传染病之一,其基本传染指数(R0值)高达12至18。也就是说,在自然状态没有人工干预防控措施的情况下,一名麻疹病毒感染者(含无症状感染者和隐性感染者)可以传染12至18个人。这导致麻疹疫情一旦暴发,可能会以指数级别进行传播。

由于麻疹的高度传播能力,传统的佩戴口罩和消毒措施虽然能够在一定程度上降低麻疹疫情的传播和扩散,但要有效地控制和阻止疫情发展,保护人群预防麻疹的发生,除了及时发现、报告和管理麻疹患者及其密切接触者,主要靠疫苗接种提升群体免疫水平,形成免疫屏障,才能斩断麻疹的传播链条。因为麻疹的R0值高达12以上,所以要形成有效的免疫屏障,就需要人群的群体免疫覆盖范围大于95%。这也是比较困难的,也是麻疹目前还在世界各地存在而没有被完全消灭的一个重要原因。

相对于易突变的流感病毒,麻疹的抗原性是比较稳定的,其只有一个血清型,而且在接触后引起的保护性免疫维持时间较长,一生中多次感染而罹患麻疹的患者较为少见。随着全球公共卫生条件的进步和发展,自然感染麻疹并建立保护性免疫的人越来越少,绝大多数人获得抗麻疹病毒的保护性免疫是通过接种麻疹疫苗而得到的。

接种疫苗是预防的有效手段

目前,人们使用的麻疹疫苗主要是减毒活疫苗。该疫苗是由美国科学家1954年诺贝尔生理学或医学奖获得者约翰·富兰克林·恩德斯于1963年研发成功的,1971年由著名疫苗学家希勒曼进一步开发成为麻疹-风疹-腮腺炎三联疫苗(MMR)。麻疹疫苗的广泛接种,显著地控制了世界范围内的麻疹发病和疫情暴发。仅在2000至2018年间,由于麻疹疫苗的接种,在世界范围内避免了2300万人的死亡。1965年,我国科研人员利用自主分离的麻疹病毒减毒株成功研制了鸡胚细胞培养的麻疹疫苗,开始进行人群普遍的麻疹减毒活疫苗接种,使麻疹的发病率显著下降。

全球麻疹疫情反弹 我们如何应对?

■王月丹

麻疹疫苗接种在防控麻疹疫情中,具有十分重要的作用。由于麻疹的潜伏期通常为10至14天,最长可达21天,而接种疫苗后可快速产生免疫保护,7至12天即可产生抗体等保护性免疫应答反应产物,因此对于接触过传染源尚在潜伏期的人,紧急接种麻疹疫苗可阻止或者减少病毒血症的发生,从而减轻患者的临床症状。对于不宜接种麻疹疫苗的接触者,可通过注射丙种球蛋白的方式进行紧急预防,但这种被动免疫方式获得的保护只能维持2至3周,此后再次接触麻疹病毒则无保护力。

我国对于麻疹的预防工作非常重视,目前包括麻疹疫苗在内的规划疫苗接种覆盖率已经超过90%。2022年,我国全年麻疹发病的病例数仅为552例,且无死亡病例。

由于世界范围内的麻疹疫情还在一些国家发生,给我们的麻疹防控工作带来了一定的压力。受输入性疫情等因素影响,中国疾病预防控制中心发布的全国法定传染病统计数据显示,2023年我国麻疹全年报告的病例数为621例,2024年达到了1458例,2025年则达到了2029例,两年增加了227%。

由于我国的易感人群麻疹疫苗接种覆盖率已经超过90%,同时两剂疫苗接种后的保护率可达97%以上,我国并未出现其他国家那样的麻疹疫情反弹或者暴发。为了进一步应对全球其他国家疫情对我国输入输入风险,我国还在2024年12月6日颁布了《麻疹风疹防控方案(2024年版)》,进一步规范了麻疹与风疹病例的发现、报告、管理、治疗以及防控措施,以降低麻疹疫情输入压力和防控麻疹疫情建立了双重的保险。该防控方案颁布后,我国的麻疹报告病例很快见顶并开始显著下降。2026年1月和2月的麻疹报告病例数分别为138例和131例,比1年前分别下降了60%和58%。这充分表明,我国麻疹防控工作具有非常坚实的疫苗接种基础,还有灵活应对的有效手段。这是我国保持麻疹报告发病率持续较低水平的底气。

此外,对于曾经在麻疹疫情流行地区旅行或者工作回国的人员,如果有与麻疹患者密切接触或者出现麻疹症状的,应该在入境时及时如实向海关检验检疫机构报告,必要时应该在家自主隔离至观察期满后自行自由活动。

(作者系北京大学基础医学院教授)

集装箱

甲苯-甲基环己烷 储氢脱氢技术通过鉴定

本报讯(见习记者江庆龄)近日,“甲苯-甲基环己烷有机液体储氢体系关键技术”科技成果评价会在陕西榆林举行。经中国石油和化学工业联合会组织的专家委员会鉴定,该技术成果总体达到国际先进水平,标志着我国在氢能储运领域取得了关键技术突破,为绿氢大规模、长距离、安全储运提供了切实可行的解决方案。

氢能作为国家能源结构绿色转型的核心方向,其储运瓶颈一直制约着产业发展。甲苯-甲基环己烷有机液体储氢技术储氢密度高、储运安全便捷、可适配现有石化物流体系,全流程储氢脱氢过程测算每千克氢气成本低于8元,达到产业化应用的成本要求,成为破解氢气大规模长距离储运这一难题的重要路径。

此次通过鉴定的技术成功建成了国内首套日产氢气200千克甲基环己烷脱氢中试装置。该装置由陕西理谷新能源有限公司与华东理工大学教授郭勇团队携手打造。示范装置采用的新型催化性能优异,装置整体运行稳定可靠,示范装置开车及考核期间,催化剂活性稳定,甲基环己烷转化率、甲苯选择性等关键指标均优于设计值,直接产出氢气纯度达99.9%。

北部湾首个220千伏 跨海联网工程投运

本报讯(记者朱汉斌 通讯员李刚)3月20日,南方电网220千伏涠洲岛跨海联网工程成功投运。作为北部湾首个220千伏跨海联网工程,这条总长44.8公里的海底能源大动脉让广西北海涠洲岛彻底结束“孤网运行”的历史,与南方电网主网实现跨海联通。

涠洲岛是我国知名生态旅游海岛,近年来年均接待游客超300万人次,但长期依靠燃气、柴油机组供电,供电能力仅3.5万千瓦,制约民生改善与产业发展。南方电网220千伏涠洲岛跨海联网工程总投资8.58亿元,投运后涠洲岛供电能力跃升至16.1万千瓦,供电可靠性大幅提升。



工程作业现场。 梁磊/摄

按图索技

生成式人工智能提升“透视”障碍物精度

本报讯(记者张晴丹)美国麻省理工学院(MIT)研究人员花费十余年时间研究相关技术,使机器人能够通过“透视”障碍物发现并操控隐藏物体。这些方法利用了可穿透障碍物并反射自隐藏物品表面的无线信号。

目前,研究人员正借助生成式人工智能(AI)模型,攻克此前限制该方法精度的瓶颈。这项新技术能根据反射的无线信号构建隐藏物体的局部模型,并利用经过特殊训练的生成式AI模型补全其缺失的形态部分。近日,相关研究成果公布于预印本arXiv,论文将在电气与电子工程师协会(IEEE)国际计算机视觉与模式识别会议上展示。

研究人员还引入了一套扩展系统,利用生成式AI精准重构包含所有家具的完整室内场景。该系统利用固定雷达发射的无线信号,这些信号在空间中移动的人体表面发生反射。

这克服了现有主流方法的关键难点。与某些基于摄像头的技术不同,该方法能保护环境中人员的隐私。

这些创新可帮助仓库机器人在发货前核验包装物品,减少退货造成的浪费;亦可使智能家居机器人感知人员在



借助这项新技术,机器人可利用反射的Wi-Fi信号更精准地探测隐藏物体或了解室内场景。 图片来源:MIT

房间中的位置,提升人机交互的安全性及效率。

未来,研究人员希望提升重构的颗粒度与细节丰富度。他们还计划构建无线信号领域的大型基础模型,这将开启

全新的应用可能。

相关论文信息: <https://doi.org/10.48550/arXiv.2511.14152>
<https://doi.org/10.48550/arXiv.2511.141019>

首款面向6G的基带ASIC芯片入选半导体十大研究进展

本报讯(记者陈彬 通讯员吴涵玉)日前,东南大学信息科学与工程学院张川教授、尤肖虎院士团队正式收到由《半导体学报》评选的2025年度“半导体十大研究进展”获奖证书。团队联合紫金山实验室研发的全球首款面向6G的全消信息传递动态可配置基带ASIC芯片(BayesBB)凭借在6G核心硬件领域的突破性创新获此殊荣。

据介绍,在6G未来产业成为国家前瞻布局重点的背景下,基带芯片作为通信系统的核心硬件,承载着信号处理、协议解析与多业务适配等关键功能,其技术突破直接决定着6G研发的推进节奏。面对传统ASIC基带电路灵活性不足,数字信号处理器(DSP)功耗大、成本高的痛点,以及6G场景复杂度差异化、物理层传输格式繁多的挑战,研究团队首创贝叶斯推理基带统一算法与架构,研制出该款全消信息传递动态可配置基带ASIC芯片,成功破解了“场景多样化”与“芯片专用化”的矛盾。

与已有文献报道的基带ASIC芯片

相比,BayesBB芯片在关键指标上实现了量级提升:吞吐率提升24.2倍,面积效率提升9.4倍,能效提升10.9倍。

该成果标志着我国在面向6G的基带ASIC芯片设计领域取得了重要突破,不仅为6G系统的商用部署提供了高吞吐、低时延、可配置的硬件基石,其“算法统一、架构可配、系统扩展”的设计理念也赋能基带ASIC芯片“平滑式代际演进”,为通信基带芯片开辟了一种全新的设计路径。

报告预测,未来10年,中国地热供暖制冷面积增速将保持在7%左右,到2035年累计达到30亿平方米,地热能发电装机容量累计将达到500兆瓦。同时,地热科技将向更深资源、更高温进军,支撑地热发电项目开发,为地产业高质量发展注入新动能。

据介绍,深层地热富集机理与高效开发全国重点实验室是我国地热领域唯一的全国重点实验室,于2024年获批准建设。

《中国地热产业发展报告2025》发布

本报(记者计红梅)近日,深层地热富集机理与高效开发全国重点实验室管理委员会、学术委员会暨战略咨询委员会联席会在北京召开,会上发布了《中国地热产业发展报告2025》。

报告显示,在地热供暖发展带动下,我国地热产业规模长期稳居世界第一。“十四五”期间,地热供暖制冷面积年均增长6.5%,2025年达到16.5亿平方米。

报告指出,地热农业利用初具规模,地热工业利用开始兴起,温泉康养和地

热发电有序推进,地热的能源、资源、矿产属性得到充分开发,已深入国民经济一、二、三产业,产业呈现规模化、专业化、可持续发展的特点。

报告表明,我国在长期地热开发实践中逐步构建了较为完整的探测、开发与利用技术体系,近年来围绕关键核心技术持续攻关创新,中低温及中深层水热型地热技术达到国际领先水平,并加快向深部干热岩开发拓展,在深部地热探测与评价、高温钻井、规模化压裂造储及长期稳定取热运行等方面取得