

用真菌“织”裙子，可编程活体纺织材料来了

■本报记者 刁雯慧



利用可编程真菌平台制成的裙装(左图)和艺术纺织品。受访者供图

蛹虫草是一种麦角菌科虫草属真菌,俗称“虫草花”,是生活中常见的食材和药材。神奇的是,虫草花除了具有食用和药用价值外,其菌丝还能应用在材料制造中。

中国科学院深圳先进技术研究院(以下简称深圳先进院)研究员钟超团队以蛹虫草菌丝为结构底盘,建立了一个可成形、可加工、可功能化,且能保留生物响应能力的活体纺织材料平台,并利用该平台成功“织”出裙装。

这项近日发表于《科学进展》的研究成果,有望为设计自适应、可持续的活体材料提供新思路。

活的菌丝材料

传统纺织面料主要包括棉、麻、丝、毛等天然纤维,以及涤纶、锦纶等合成纤维。尽管天然纤维亲肤舒适,但生产往往受限于种植物、土地和水等自然资源,而合成纤维则依赖不可再生的化石资源,在自然环境中难以降解。

随着生物合成与工程技术的发展,目前不少菌丝材料可以被加工成片材布料、皮革材料甚至服装原型。但传统工艺,如高温干燥、压制或化学交联等,会导致真菌失去活性,在材料成形后不能继续生长,损失了微生物原本的生物功能。另外,目前菌丝面料摸起来普遍较脆、

容易坏,存在厚度和结构不均、不同批次生产质量不稳定等问题。

为找到理想的菌丝材料制造方式,团队在实验观察中发现,蛹虫草在液体培养中可以形成相对均一、富含纤维状菌丝的菌丝球。这些小球在过滤和干燥后能自然连接成片。

“蛹虫草并非在所有方面都优于其他真菌,但特别适合我们设想的材料制造方式,因为它不需要外部支架就能自形成一个结构单元,且材料成形后还能保留生物活性。”论文第一作者、深圳先进院助理研究员李柯解释。团队将蛹虫草作为材料底盘,再将这些菌丝球构建成形状可控的二维、三维材料。为避免蛹虫草菌丝制成的片材干燥后变脆,团队还通过增塑处理使其变得柔软,可折叠、裁剪和缝制。

研究显示,用蛹虫草菌丝制成的4条窄片扭成的细绳,可承载1千克重物,兼具柔韧性和结构强度;处理后的材料触感更接近柔软的无纺布或轻薄的类皮革材料,也没有以往菌丝面料常有的“蘑菇气味”。

实现多种生物功能

将蛹虫草菌丝稳定地连接成片后,如何借助其生物活性,让材料具备更多功能?团队按

照“结构底盘+功能模块”的设计思路,对蛹虫草菌丝制成的片材进行了“深加工”。

他们引入工程酿酒酵母,使其稳定附着于菌丝网络,并产生浅蓝、红、橙、深紫等颜色,同时不会明显削弱材料的力学性能。

在定制化生长方面,借助蛹虫草菌丝自身的活性,在适宜的营养和湿度条件下,研究人员在菌丝片材的局部添加营养液,可引导菌丝按照预设区域生长并形成图案;当材料出现较大缺损时,向受损区域填入新鲜菌丝球,可以让菌丝再次生长,恢复其结构及表面功能。

在自清洁方面,在空气中生成菌丝(气生菌丝)的微观结构,还可使材料表面呈现约145度的水接触角,可使水滴快速滚落,无需合成涂层即可实现疏水和自清洁。

在抗紫外线和可降解方面,团队还开发出全新的功能模块,使片材表面形成富含黑色素的气生菌丝层,从而增强材料的紫外吸收和抗氧化能力。这表明,同一材料底盘可以通过组合不同微生物模块,获得可替换、可拓展的功能。更重要的是,材料在土壤中堆肥40余天后可接近完全降解,显示了在可持续材料方向上的应用潜力。

菌丝“织”裙子,活体材料设计新思路

团队将不同颜色、不同表面功能的菌丝片材裁剪并缝制成一条连衣裙。这条裙装的主体由工程酵母参与着色的蓝色菌丝片材组成,领部包含了营养诱导形成的菌丝图案,裙摆则覆盖气生菌丝,以呈现特殊纹理和自清洁表面。

“这项研究的重点并不是为了做出一件裙装,而是验证一种活体材料的设计思路。”钟超表示,“以菌丝承担结构功能,再将不同微生物作为可替换的功能模块,可使材料在成形后继续获得环境响应、损伤修复和功能拓展能力。”

在应用层面,该材料适用于可降解包装、艺术纺织品和临时展示材料等使用周期可控的场景,有望拓展至响应性纺织品、功能防护表面、环境材料以及部分生物医学材料。

尽管团队验证了活体材料在多种使用场景下的可行性,但使用该材料制作的服装尚无法直接穿着。未来,团队将进一步探索活体材料的可持续性应用、人体接触安全性、耐湿性、耐磨性、耐洗性、透气性、长期储存稳定性等,并推动该材料的放大与标准化,优化和改造真菌底盘,使色素、抗菌分子或酶等功能由菌丝自身按需产生。

相关论文信息:
<https://doi.org/10.1126/sciadv.aed6937>

发现·进展

中国科学院西安光学精密机械研究所

光学成像新技术 低成本看清细胞微观三维结构

本报讯(记者李媛)中国科学院西安光学精密机械研究所瞬态光学研究室研究员姚保利团队在无标记三维显微成像领域取得新进展。近日,该研究成果发表于《物理光子学杂志》。

光学衍射层析(ODT)是一种无标记、非侵入、定量化的三维显微成像技术,能够重建透明或半透明样品内部的三维折射率分布,在细胞生物学、组织病理学、微生物学和材料科学等领域具有重要应用价值。然而,传统ODT系统通常依赖马赫-泽德干涉仪结构、高相干激光光源及机械扫描装置,对系统稳定性要求较高。近年兴起的基于LED阵列的强度型ODT方法虽然简化了硬件结构,但通常需要多幅强度图像和复杂迭代算法恢复相位,影响了成像速度和重建效率。

对此,研究团队提出了一种基于可编程LED阵列照明和定量相位相机的光学衍射层析成像方法(LED-ODT)。该方法在普通商业显微镜基础上进行改造,通过可编程LED阵列实现快速、非机械的多角度照明。依托团队自主研发的定量相位相机Q-camera,单次曝光即可获得

单角度照明下样品的复振幅信息。团队后续结合Rytov近似与傅里叶衍射定理,将多角度复振幅数据映射至三维频域,最终重构出样品的三维折射率分布。

实验验证结果显示,该方法对未染色COS-7细胞与浸水胖大海种子的三维折射率成像效果优异。该方法不仅能够清晰分辨COS-7细胞内脂滴等亚细胞结构,还能够揭示浸水胖大海种子内部三维折射率分布的空间异质性,为天然生物材料的结构与功能研究提供了新的定量三维成像手段。

研究人员表示,LED-ODT结构紧凑、成本较低、操作方便,可直接与普通光学显微镜平台结合,在保持成像质量的同时大幅提升ODT技术的实用性,为透明生物样品观测、细胞代谢分析、组织病理研究和天然聚合物材料表征提供了一种快速、无标记、高质量的三维定量显微成像新工具。

相关论文信息:
<https://doi.org/10.1088/2515-7647/ae82d2>



近日,中国广核集团有限公司(以下简称中广核)宁德200兆瓦海上光伏项目实现全容量并网发电。该项目位于福建省福鼎市太姥山镇备湾村宁德核电站场区水域范围内,是福建省首批海上光伏项目之一,也是中广核首个“核光同场”海上光伏项目。

该项目场区总面积约3020亩,装机容量200兆瓦,配套建设20兆瓦/40兆瓦时储能系统。运营期25年内,预计年均上网电量约3亿千瓦时,相当于每年节约标准煤约9.13万吨,减排二氧化碳约19.8万吨。项目配套的220千伏送出线路全长12公里,其中跨海段铁塔高138米,为闽东地区最高输电铁塔,成为当地绿色能源的标志性设施。

图为中广核宁德200兆瓦海上光伏项目。

本报记者朱汉斌 通讯员朱丹报道 中广核供图

前沿生命医学探索必须有伦理刹车

(上接第1版)

耐人寻味的是,前述《自然》论文承认:“碱基编辑已在修复多种器官基因缺陷的临床试验中取得成功。但由于中枢神经系统的复杂性和干预相关的大脑,将这项技术应用于中枢神经系统特别是大脑,面临着独特的挑战。尽管碱基编辑在非人灵长类动物模型中已显示出在非中枢神经系统应用方面的潜力,但其中枢神经系统中的应用目前仅限于小鼠模型。这些模型对于评估表型改善具有价值,但不足以指导临床剂量或人体应用。弥合临床前研究与临床转化之间的差距仍然是一项重大挑战。”这表明,研究者在明知未完成非人灵长类(猕猴)模型验证的情况下,仍然直接启动了临床研究。

在《自然》同期评论中,同行专家凯文·本德(Kevin J. Bender)明确指出,尽管这种碱基编辑方法展现出研究前景,但仍存在诸多挑战。要使此类基因编辑方法进入临床使用,必须开发一种将碱基编辑器安全递送到大脑的合适方法。他强调,清除这些遗留障碍将对罕见病治疗具有变革性价值,而技术推进不能操之过急。对前沿生命科技而言,强调“不能太快”不是希望同行慢点,而是科学理性的表现。

科学家应真正接受伦理约束

生物医学创新最容易产生一种伦理风险——部分科学家将自身定位为“希望的制造者”。面对罕见病患者和家庭的巨大痛苦,突破性技术确实带来新的治疗可能性。然而,科学家的社会角色并不是无限提供希望。在知识传播中,科学家不应借患者及其家人的期待与感动煽情,而应保持客观严谨的科学态度,在希望与风险之间建立起负责任的边界,要防止放大的希望给受试者带来不确定的风险和不必要的伤害。

尤其是在基因编辑等高风险生命医学新技术领域,前沿研究者往往兼具知识、资源、话语三重优势。当研究者表示相信某项技术可能改变患者命运时,容易产生自负的技术使命感,甚至声称基因治疗等可以使患者“逆天改命”。然而,生命医学创新的本质并不是创造希望的神话,而是在不确定性中降低风险、积累证据的长期探索过程。

需要警醒的是,无论“希望制造者”背后是一

种科技救世主的心态,还是在科学传播策略中掺杂了现实利益,都违背科学传播的基本伦理,不仅会产生舆论误导,还可能潜藏利益冲突,使研究偏离应有的伦理约束。

此次事件最值得反思的问题是,科学家是否真正将伦理要求作为科研决策的内在约束,而非技术突破中被动应付的程序性要求。

按照临床研究管理相关要求,干预性研究必须具备扎实的前期研究基础,经过科学性审查和伦理审查,并完成全面风险评估。伦理审查的核心是判断其风险是否与预期收益相匹配。对于危及生命、缺乏有效治疗方案的疾病,医学界可以接受较高风险的探索性治疗。但如果患儿的疾病本身并不属于短期致命疾病,治疗目标仅为消除长期发育障碍,在科学尚未形成闭环、技术远未成熟的情况下,是否值得承担可能导致死亡的基因治疗风险,必须经过更加严格的必要性论证。

事实上,经过相关主管部门的多年努力,我国在生命医学领域已构建起系统的科技伦理规范体系,出台了一系列规范性的伦理原则、标准和指南。这一事件暴露出,部分生命医学领域的科学家并未对此予以足够的重视。

以控制风险为例,由国家科技伦理委员会审议通过、国家卫生健康委员会等四部门印发的《涉及人的生命科学和医学研究伦理审查办法》在论及控制风险时明确指出:“研究的科学和社会利益不得超越对研究参与者人身安全与健康权益的考虑。研究风险受益比应当合理,使研究参与者的风险最小化。”

需要追问的是,研究团队是否充分证明该治疗方案是不可替代的,是否存在风险更低的干预路径,现有动物实验和临床前研究是否已经达到人体应用的最低安全标准,如果前期证据仍不足,那么患者承担的风险究竟是在推动医学进步,还是在替科研究破承担试错成本。

伦理约束不能停留在伦理委员会批准这一形式层面。《涉及人的生命科学和医学研究伦理审查办法》要求伦理委员会独立判断风险收益比,确保研究不会使参与者置于不合理风险之中,并要求研究机构防止利益冲突影响伦理判断。但在实践中,受研究机构的评审委员会制约,顶尖研究者又该如何取舍。

因此,真正的挑战是科学家如何面对与自身利益相关的科技伦理抉择。特别是那些前沿科学

家在可能接近技术突破、最容易产生技术乐观主义的时候,如何始终保持必要的伦理克制。

要应对这一挑战,抑制少数“科学狂人”的失控行为,首先要直面并破除3种常见的错误认知或障眼法。这些表现虽不直接构成科研不端,但在很大程度上违背了科学所坚持的客观态度和理性精神。

一是最常见的谬论,即伦理约束会妨碍研究、削弱科技竞争力。这种观点将伦理与创新简单对立,忽视了生命医学新技术等前沿科技的特殊性。以基因编辑、细胞治疗等为例,它们直接作用于人的生命过程,其风险可能具有不可逆性和长期性。过往一些教训表明,没有严格伦理审查和风险控制快速突破,并不意味着真正的科技领先,反而可能因社会信任危机和监管反弹阻碍技术发展,损害我国科技发展与治理的国家形象以及在国际科学界的公信力。

二是在评价他人研究时强调伦理原则,而面对自身研究时只强调科技愿景和探索精神。科学伦理落地的关键是科学家对科技伦理原则和精神的认知与接受。在不涉及自身和利益冲突的时候,谈论伦理原则、批评他人对伦理底线的突破和宣讲科技向上向善并不难,难的是在研究资源、学术声望、创新突破机会乃至商业利益面前,仍能接受科技伦理的约束。

三是过于注重成果研究与应用价值的传播宣传效果,为工作贴上热门标签,打情怀牌以便为高风险研究寻求道德豁免。正如相关科技争议所揭示的,尽管2013年以后,《精神疾病诊断与统计手册》(DSM)已将雷特综合征从自闭症谱系障碍乃至精神障碍分类中移除,但仍有研究者在成果宣传中将其归为自闭症谱系中极为罕见的一种脑发育疾病,背后的原因可能是社会大众和管理者对自闭症更容易理解。本次事件中的Snijders Blok-Campeau综合征研究,同样被贴上了“自闭症研究最新突破”的标签。但大众不了解的是,目前这一综合征全球已知患者有237人,其中仅约1/3表现出自闭症及类似症状。在这类话术包装下,从科普书到微信群已经分不清知识传播和治疗推广的边界,高风险的基因治疗被塑造成逆转基因、改变患儿命运的征程。当宏大叙事占据舆论主导,外界便很难追问专利布局、关联企业等是否存在复杂的利益纠葛,以及由此导致的利益冲突会不会影响研究和治疗的科学性与伦理合规性。

弘扬科学家精神,科技伦理意识不能缺席。

如果科学家对科技伦理不走心,控制风险、伦理审查、知情同意都流于形式,结果必然为技术滥用、恶用开绿灯,甚至让整个科技界为科技伦理事件买单。

从这一事件中应该汲取的重要教训是,在涉及患儿等弱势群体的高风险研究中,如果研究资金来自患者家庭,而研究者同时承担治疗提供者、技术开发者和产业利益相关方的角色,就可能形成严重的利益冲突。患者家庭在疾病压力下做出的选择,是否真正建立在充分、完整的知情同意之上,尤其需要复盘。特别是如果研究者选择性披露风险、淡化失败的可能性,知情同意就可能沦为形式程序。

科技快车急需制度性方向盘和高度灵巧刹车系统

个性化基因编辑治疗事件引发的讨论,再次凸显了科技伦理与安全治理在生命科技创新中的重要性。越是具有突破性意义的技术,越不能仅凭技术乐观主义的想象和“改变生命”的使命感推动其临床转化。生命科技面对的不只是技术能否实现的问题,更要从风险控制和伦理规范的维度系统回应:技术能否在当前条件下实施,谁又应当承担其未知风险。

今年5月1日施行的《生物医学新技术临床研究和临床转化应用管理条例》(以下简称条例)明确提出,开展生物医学新技术临床研究和临床转化应用应当坚持以人民健康为中心,坚持创新引领发展,坚持发展和安全并重。同时,技术应用必须“具有科学依据”“不得危害人体健康,不得违反伦理原则”。条例采用清单式准入管理,进一步凸显了“统筹发展和安全”的总体思路,既支持生物医学新技术创新发展,又通过明确纳入原则守住安全和伦理底线。

这一治理理念回应了生命科技进入深度干预生命过程时代后出现的新挑战。生命科技创新如果是一列高速前进的火车,就不能只有新技术驱动力的引擎,还必须拥有确保其向上向善发展的制度性方向盘,以及能够在风险出现时及时制动的高度灵巧的刹车系统。

首先,风险评估和伦理审查应贯穿研究方案动态调整全过程。条例规定,临床研究必须按照备案方案实施,涉及研究目的、研究方法、主要研究终点、统计方法、受试者等关键要素的实质性

变化,必须重新经过临床研究学术委员会和伦理委员会审查通过,并办理变更备案。这意味着,伦理审查并非只是判断研究能否启动的前置程序,而应持续关注技术发展过程中风险结构的变化并及时应对。对于基因编辑等高风险技术而言,随着实验数据积累和科学认知深化,原有风险评估可能需要修正,新的未知风险也可能出现。因此,伦理审批不应是一次性永久授权,而必须伴随知识更新不断调整。

其次,应强化实质性的知情同意过程,切实保护研究参与者的权益,避免将其简化为签署知情同意书的形式化程序。条例要求,临床研究机构应当以受试者或者其监护人容易理解的方式告知临床研究的目的、方案,披露可能产生的风险,并告知受试者享有的权益。临床研究机构不得以欺骗、胁迫或者利诱方式取得受试者或者其监护人的同意。这一要求回应了生命科技研究中的核心伦理难题,即在高度专业化的信息不对称环境中,患者及其家属是否具备实质性的自主决策能力。尤其在罕见病领域,患者家庭往往因缺乏治疗选择而处于脆弱状态,研究者更有责任避免选择性呈现技术优势、弱化风险信息等误导性行为。

最后,应系统构建风险管理和安全控制机制。条例要求临床研究机构应当采取措施,预防、控制和处置生物医学新技术临床研究实施中的风险。生物医学新技术临床研究过程中发生严重不良反应的,临床研究机构应当暂停临床研究。此外,条例还提出通过研究记录保存、信息报告与合作透明等要求,建立全过程可追溯机制。这有助于防止高风险研究因竞争压力、利益驱动或技术乐观主义而偏离伦理边界和突破可接受的风险限度。

总而言之,生命医学新技术的风险管理和伦理治理不能停留于抽象的价值判断层面,必须转化为可执行、可监督、可追责的制度安排,成为动态灵巧的制度刹车。生命医学新技术应用中的风险管理和伦理规范,其真正意义并非限制创新,而是为生命科技创新提供责任边界。

我们必须从相关事件中汲取深刻教训,倒逼在前沿科技创新领域扮演关键角色的科学家不断提升科技伦理素养。国家要进一步通过切实落地的科技伦理治理,促使一线科学家尽快补上科技伦理这一必修课,让科技工作者深刻理解伦理优先对科技强国建设和全球科技竞争的深远意义,自觉成为科技发展与管理协同推进的践行者,争做未来科技文明的引领者。