



眼睛装上太阳能, 复旦团队让盲人重见光明



十大科技进展

“我看到了!”一名年逾六旬的患者复诊时高兴跳了起来。由于原发性视网膜色素变性,他的视野此前日益萎缩,直到完全失明。

为帮助失明者重见光明,复旦大学脑科学研究院张嘉漪研究员联合附属眼耳鼻喉科医院姜春晖教授、附属中山医院袁源智教授、先进材料实验室郑耿锋教授在国际上首次基于纳米材料成功开发新一代人工光感受器,能够有效修复人体视觉功能。相关成果发表于《自然·生物医学工程》,获发明专利2项,日前入选2023年度复旦大学“十大科技进展”。

不用电线穿过眼球

光感受器退化是一个非常严重的致盲原因。多发于青少年的遗传性光感受器退化,叫视网膜色素变性,患者确诊后,视力往往会在十几年间逐渐衰弱直至失明;而多发于老年人的进行性光感受器退化,叫黄斑变性。黄斑是视网膜中光感受器密度最高的区域,当它退化后,人就会逐渐看不清东西。

“如何使视网膜恢复视觉功能,是一个明确而迫切的研究方向。”在复旦大学脑科学研究院研究员、脑功能与脑疾病全国重点实验室副主任张嘉漪看来,把研究焦点放在视觉通路的最前端,关注感觉信息的初始转化与重建,在需求度和可行性上都更为乐观。

实际上,为了让失明者重见光明,科学家们已进行长期



▲ 第一例临床实验的手术情况

探索。起初,研究人员试图将特制电线穿过眼球,通过外部供电刺激视网膜细胞的方式来恢复视觉。显然,这种方式存在创伤较大、患者生活便利度低的弊端,可以实现的视觉时空分辨率也很低。

有没有一种办法,让失明者既恢复视觉,又尽可能像正常人一样生活?张嘉漪团队致力于研发新一代的人工光感受器,具体而言就是制作一种通过太阳能自主发电的人工感光材料,将其植入眼底。

“你可以把它看作是一个小型的太阳能电池,它能在光线照射下直接将光能转换为电能,从而激活视网膜神经细胞,并通过神经网络将视觉信息传递至大脑,帮助恢复患者的视觉功能。”团队成员、脑科学研究院副研究员颜彪介绍。

不同于第一代视觉恢复技术,新一代人工光感受器是一种无源医疗器械,无需任何供电设备,只要有光就能自动运行。在无光环境中,使用者可借助外部发光设备“看见”外界,比如佩戴VR眼镜。其内置的摄像头可捕捉周围景象,实时转换并在用户

眼前的微型屏幕上展示,图像光线直接投射至眼部的接收芯片上。

实验数据显示,贴合人工光感受器的离体小鼠视网膜具有77.5微米的空间分辨率和3.92赫兹的时间分辨率。这一结果虽和正常人的视觉功能相比存在一定差距,但在目前国内外同类产品中已处于领先水平。

成果走向临床一线

新一代人工光感受器的研究,跨越光电材料科学、神经科学和临床应用三大领域,需要构建从基础研究到成果转化的完整链条。

“我们团队的核心成员,就是由这三个关键领域的专家组成。”张嘉漪说,视觉修复是团队的目标,持续激发大家跨越学科界限的热情与决心。

如何制作出满足需求的感光材料?一次学术会议的契机,让张嘉漪与先进材料实验室教授郑耿锋结识并萌生了合作想法。双方一拍即合——先进材料实验室团队负责材料研发,脑科学研究院团队负责生物实验,共同努力让研究成果走向临床应用。

研制过程中,团队遇到的关键难题,在于光电材料的低效转换率。初期,尽管光线刺激已相当强烈,但材料只能产生微弱电流,远不足以激活目标细胞。历经约两年不懈努力,团队不断优化材料工艺与结构,终于成功将光电转换效率提升了8至10倍。

与复旦大学附属眼耳鼻喉科医院姜春晖主任的合作则为项目注入另一维度的动力。姜主任直接面对病人,深刻理解失明者的医疗需求,不仅为材料研制提供关键建议,也乐于探索疑难疾病的全新疗法,将前沿成果应用于诊疗一线。

为确保从动物实验到人体应用的安全性与稳定性,团队向伦理委员会提交了详实的前期研究数据,其中包括在7只猕猴眼内植入人工光感受器超过一年的观察记录。这些猴眼实验表明,植入物位置稳定,未引发任何不良反应,为研究提供了人体临床前的证据支持。

为模拟并评估材料的长期性能,团队还实施了加速老化实验。在高温、高压、高湿度及高强度光照等极端环境条件下,材料的稳定性和耐用性均达到临床应用的要求。

通过联系患者社群、举办科普讲座、发布招聘公告等方式,团队寻找并筛选到了合适的受试者。2023年5月,在复旦大学附属眼耳鼻喉科医院,姜春晖率先在一名光感受器变性患者身上实施了纳米线人工光感受器植入手术。

这名受试者患有原发性视网膜色素变性,随着年龄增长,视力逐渐减退,在55至57岁期间完全失去视力。而当团队回访时,患者不仅能说出自己在地上看到的颜色,还能沿着地面白色导引线完成行走任务,并正确说出地面光导引的数量。

视觉修复研究在路上

早在研究发表之初,就有很多病人家属给张嘉漪团队发来邮件,他们最关心的就是这个材料是不是能够被应用到人类身上。

“有一对印度夫妇,女儿也是视网膜色素变性的患者,他们专程来中国,到我们的实验室来和我们交流,想要了解能够帮助他们的女儿恢复视觉的一切可能。”张嘉漪记得。

如今,研究进展已证实两个关键点:其一,该装置在人体内的安全性得到充分验证;其二,它能显著促进光感的恢复,并在一定程度上实现视觉功能的恢复。

“我们的研究仍处于早期阶段,仅仅是漫漫征途的起点。”在张嘉漪看来,要将这项技术发展成标准化医疗器械,用来广泛治疗视障患者,无疑还有相当长的路要走。

近期,团队计划完成7例病人的临床实验,获得更加令人信服的结果。但目前,临床实验结果距离完全恢复复杂视觉仍有较大空间,团队将持续研发,实现技术和材料的迭代,逐步缩小与正常视觉功能的差距。

人眼每秒能接收10亿比特信息,为人工视觉修复研究的交叉合作带来了无限可能。张嘉漪认为,未来还需深入理解视网膜与视觉系统的处理机制,尤其是在病变状态下的运作,从而精准定位科学问题;同时推动与光电转换、成像技术、信息科学、微电子、人工智能算法等领域的交叉融合,探索智能化感光元件的临床应用。

“希望人工视觉修复技术的革新与应用,让更多视障患者迎来重见光明的那一天。”她充满期待地说。

实习记者 丁超逸
本报记者 殷梦昊

联合提出抗疲劳铁电系统

近日,复旦大学材料科学系/光电研究院李文武教授团队、电子科技大学刘富才教授团队以及中国科学院宁波材料所钟志诚研究员团队基于二维3R-MoS₂滑移铁电材料,联合提出一种性能优异的抗疲劳铁电系统。2024年6月7日,相关研

究成果以《抗疲劳滑移铁电体的发现》为题于《科学》(Science)主刊在线发表。该研究为解决铁电材料领域长期存在的疲劳问题提供了一种全新途径,有望推动该材料在铁电存储器及类脑智能芯片等方面应用。

该研究集合了半导体材料

制备、材料物理、原子级模拟计算、半导体器件物理等多领域知识成果,为解决铁电材料疲劳问题提供了理想解决方案,也为铁电材料在非易失性存储器、存算一体器件及类脑计算芯片等新颖器件中的应用提供了具有价值的选择。来源:材料科学系

研制新的神经元电路

本报讯 日前,复旦大学芯片与系统前沿技术研究院、集成电路与系统全国重点实验室刘明院士团队研制了基于NbO₂忆阻器的紧凑 Hodgkin-Huxley (H-H) 神经元电路,成功实现了生物神经元中已报道的23种放

电行为,此外还发展了基于器件本征随机性的 tonic-bursting 概率性转变放电行为,丰富了电路的放电模式。相关成果发表于 Nature Communications。

来源:芯片与系统前沿技术研究院

语用学研究新书出版

本报讯 5月,中国语言文学系陈振宇教授等的《言语行为的逻辑:汉语语义和语用接口研究》一书由复旦大学出版社出版。本书是国家社会科学基金后期资助项目的最终成果,深入探讨了言语行为中影响说话者认识、行动、情感及其与他人的互动关系的语义语用

机制。全书系统研究汉语中的各种言语行为及其功能迁移,厘定了400余条语用推理原则,构建了汉语语用逻辑推理的“分布式网络”,揭示了汉语言语行为的独特逻辑和规律,为语用学研究提供了重要的理论支持和实用案例。

来源:文科科研处

化学系学科周活动亮点纷呈

5月6日至24日,以“化学创新生活”为主题的化学系学科周举行。学科周包括学术前沿报告、科普报告、新元素节等丰富多彩、亮点纷呈的活动,全面展现了化学学科深厚的学科文化

和在育人方面的卓越成果。

学科周邀请美国圣母大学 Gregory Hartland 教授,加拿大渥太华大学 R. Tom Baker 教授,中国科学院院士、清华大学化学系教授程津培等作学术报告。

化学系第十九届“新元素节”于5月7-12日顺利举行。活动分为探索化学的奥秘、体验化学的乐趣、引领我们的未来、感受化学系的生活四个板块。

来源:化学系