

完成脑机接口应用突破后,他们想从“1”回到“0”

●本报记者 陈彬 通讯员 陶天野 苑洁

近日,国家药监局批准全球首款侵入式脑机接口医疗器械上市。这标志着国际首个侵入式脑机接口医疗器械进入临床应用阶段。

该产品为植入式脑机接口手部运动功能代偿系统(以下简称NEO系统)。该系统采用硬脑膜外微创植入与无线供能通信技术,通过解读脑信号,帮助脊髓损伤截瘫患者实现手部运动功能的代偿与修复。在软件算法、核心硬件及关键原材料上,NEO系统均已实现国产化。

获批上市前,NEO系统已在全国11家医院开展了多中心确证性临床试验,并完成了32例颈段脊髓损伤患者的临床植入,临床试验人数全球领先。试验结果表明,全部患者在植入脑机接口后都实现了脑控抓握,脑机接口辅助下的手部运动功能评分显著提升。

这一成果的背后,是清华大学生物医学工程学院教授洪波团队在脑机接口领域20余年的耕耘。

另辟蹊径的“半侵入式”设计

洪波团队对脑机接口领域的探索可以追溯到25年前。

彼时,脑机接口研究主要分为非侵入式和侵入式两条技术路线,前者通过在头皮外侧无创放置传感器采集大脑信号,虽然安全,但信号会受到颅骨物理屏障的滤波影响;后者则将传感器直接植入大脑皮层,信号精准,长期使用存在生物相容性、电极脱落等问题。



图片来源:视觉中国

如何在侵入程度、信号质量和长期风险之间取得平衡,是全球脑机接口团队都在反复斟酌的问题。

2013年,洪波团队开创性地提出了半侵入式脑机接口的设想。他们考虑将片状电极放置于硬脑膜外,记录硬脑膜外脑电信号。这样一来,电极不接触脑组织、不损伤神经细胞、没有移位风险,从而在安全性与信号质量之间找到新的平衡点。

半侵入式脑机接口虽然避免了传统侵入式设备的直接风险,但仍需应对长期稳定性、无线供电、脑信号解码等一系列技术挑战。例如,植入设备如何长期可靠地采集和传输脑电信号。

NEO系统给出的解决方案是近场无线通信与供能技术。一方面实现脑电信号的无线传输,彻底摒弃传统连线插头;另一方面去除体内电池,通过无线方式为体内处理器供电,从而避免反复充电及电池失效引发的二次手术风险。

这一“信能一体、里应外合”的创新设计,为植入设备的终身可靠使用奠定了基础。

而信号解码是另一道难关。电极置于硬脑膜外,信号衰减成为无法回避的问题。团队研究发现,硬膜外脑电信号有效频带达200赫兹,可通过提取多频带信息,构建“虚拟信号通道”,并将频带间的协同变化纳入解码特征。凭借这一方法,NEO系统仅用8个电极便实现了90%以上的抓握解码准确率,解码延时控制在数百毫秒,能够精准快速翻译患者运动意图,让患者“想动就动”。

2023年10月,NEO系统完成首例植入;2023至2024年,完成4例可行性临床试验,初步验证了系统的有效性和安全性,并明确了适应证;2025年,在全国11家医院开展多中心确证性临床试验,完成32例颈段脊髓损伤患者的临床植入,全部患者

实现了脑控抓握。

从“1”回到“0”

“第一例产品的落地,并不意味着中国已经站在脑机接口技术的最前沿。”洪波清醒地认识到,“团队此次的成果只是综合考虑我国临床实际需求,运用科学原理与工程方法解决了一个具体问题,但要让脑机接口帮助千万人甚至上亿人解决中风、癫痫、抑郁乃至老年痴呆等问题,还有很多科学关卡和技术难点没有攻克。”

接下来要做什么?洪波表示,NEO系统完成了“从0到1”的突破,此后从1到100、1000……的发展,将由产业界更多创新团队接棒完成。“作为科研工作者,我们要解决‘从1到0’的问题。”

“很多科学问题并没有彻底解决,这个不彻底的遗憾最终会成为制约未来发展的瓶颈。”洪波指出,“大学应该安静地回到起点,看到现象,研究为什么会有这个现象,提出基本的科学问题。”

洪波团队现在的研究方向,正是临床试验中观察到的神经修复现象。

NEO系统获批上市后,洪波团队收到了来自国内外脊髓损伤患者和家属的电话、邮件,字里行间充满期待。

“医疗器械获批上市,不意味着立即能在医院用。但我相信不久的将来,会有更多患者用上中国设计制造的脑机接口产品。我希望这一天越快到来越好。”洪波说。

音乐与同理心语言结合促进人机连接

本报讯 香港理工大学教授Johan F. Hoom团队与香港中文大学研究人员合作,发现在具备人工智能(AI)的机器人设计中,将音乐与同理心语言结合,可在多次互动中促进更强的人机连接。该研究凸显了多模态途径设计同理心机器人的重要性,给精神健康支援、长者照护、教育等场景的应用带来重要启示。相关研究成果近日发表于《美国计算机学会人机交互作用会报》。

研究团队聚焦探讨音乐与同理心语言如何提升屏幕式机器人的情感共鸣。他们安排以广东话为母语的参与者,在3个互动回合或多次互动中与同理心机器人进行交流,并评估其互动体验。结果显示,音乐与语言的结合显著提升了参与者对机器人同理心水平的主观感知。在后续互动回合中,音乐仍可提升机器人的拟人化。音乐令人机互动更接近具备个性的真实对话。

研究指出,当参与者在重复互动后逐渐“习惯”或“对音乐线索产生适应”时,音乐所带来的益处可能随时间减少。这反映了在设计长期人机互动时,须更重视以使用者为本与个人化的互动策略,以维持同理心回应的持续相关性与效能。研究人员建议,同理心机器人应根据使用者反馈与情境动态调整回应,例如调整音乐元素或个性化对话内容,以支持更稳定、持续的情感连接。

Hoom表示,同理心机器人的设计应采取涵盖音乐、语言等信号的多模态沟通,这在真实世界中,尤其是精神健康支援及长者照护领域具有广阔的应用前景。若能打造具有定制化音乐体验、能进行细腻敏感对话的同理心机器人,有望为面临孤独或社交隔离的人士提供更有意义的陪伴与情绪支持。

(刁雯蕙)

相关论文信息:<https://doi.org/10.1145/3758102>