

束小康又出差了,近一年他奔波在全国多家医院的康复科病房,协助医生和康复治疗师完成一项脑控外骨骼康复系统的上市前临床试验。过去十几年,这位工科博士的科研和工作地点绝大多数在医院,见得最多的人是医生和中风患者。

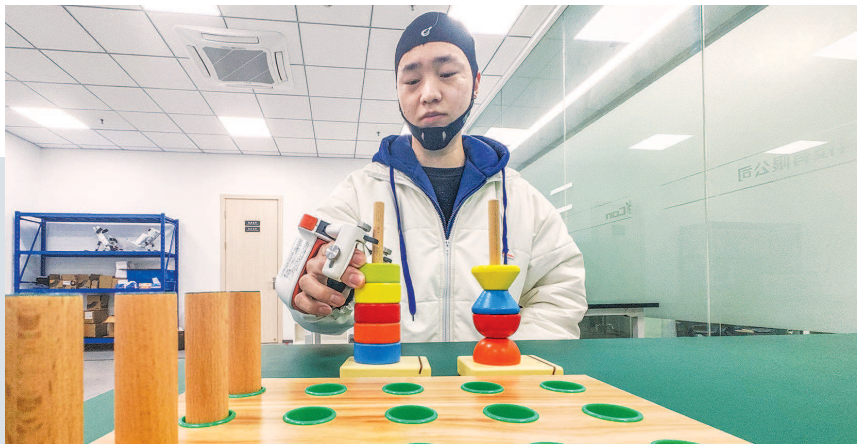
除了医生、治疗师,他的工作伙伴还有算法工程师、机械工程师、项目管理人员等,这群不同学科背景、不同岗位职责的人,天南海北地因为这场临床试验关联起来,将充满科幻色彩的脑机接口技术落地到临床康复的日常。

科幻与科技的一字之差在于虚与实,束小康等人的故事没有丝毫奇幻色彩,却也充满着一种奇妙的“化学反应”——“医”与“工”双向靠近、交叉融合不断产生的能量,正催生着真正面向患者健康的创新应用以可见的速度从“纸上论文”变成“临床工具”。

康复科里的“新当家”

本报记者 易蓉

■ 工作人员正在演示上肢医用康复训练仪
本报记者 陶磊 摄



■ 华山医院康复病房里,贾杰正指导老李用脑机接口设备进行手功能康复训练
本报记者 易蓉 摄

■ 疯狂与冷静

2023年,脑机接口概念在全球炙手可热,科技狂人埃隆·马斯克旗下的“神经连接”公司无疑是其中一个高光定格。今年“神经连接”通过美国食品和药物管理局批准,即将开展向人脑植入芯片的人体临床试验,几天前马斯克发布新进展称明年将对临床志愿者进行11台植入脑机接口设备的手术,2025年27台,2026年79台。新消息甚至影响了中国A股——脑机接口概念股冲高,多只相关股票封涨停。

一如既往地激进大跨步,这是马斯克的疯狂,却不是一个人的狂欢。

今年恰好是脑机接口的科学概念与设想首次正式提出的50周年。1973年,美国科学家雅克·维达尔设想通过放置在头皮上的电极检测大脑发出的实时信号,再经过“翻译”来控制计算机,开启了脑机接口的科学技术探索和实践。与科幻故事跳脱的未来设定不同,50年间,全球科学家一步一个脚印地探索。特别是近20年,在脑电信号的采集、编码与解码,柔性电极开发、芯片系统集成等分支,围绕性能、安全性等诸多指标的创新突破和技术攻关密集产出阶段性成果。如今,脑机接口技术已经成为康复科的“新当家”。

束小康深刻地感受到了脑机接口的科学与技术进阶,以及这一领域存在的机会。大约12年前,还是本科生的他被报纸上的一则报道吸引——我国科研团队在猴脑植入芯片,让它能够在手脚束缚的情况下用大脑控制机械臂把食物送到嘴里。“当时觉得脑机接口技术太神奇了,未来一定有很大的应用价值。”束小康因此决定了自己的学术发展方向,后来也如愿成为上海交通大学机器人研究所的研究生,一路读到博士毕业甚至之后创业,他都没有离开脑机接口的研究领域。

几周前,中国康复医学会评出2023年度科学技术奖,“脑卒中手脑感知理论及创新康复技术体系的建立与人才培养”获得一等奖。该项目的参与单位包括多家医院、医疗器械研发公司和大学,涉及的核心技术就是脑机接口,主要完成人包括束小康和他的临床合作导师、复旦附属华山医院康复医学科副主任贾杰教授。同样作为医工交叉的成果,束小康和贾杰团队研发的脑控外骨骼康复系统已进入上市前的多中心临床研究,是非介入式脑机接口医疗器械“跑得最快”的项目,预计明年正式上市服务中风患者。

■ 论文与临床

“请注意尝试握拳……休息……”“要想握拳的动作,加油!”第一个指令是机器发出的,接着的鼓励来自康复治疗师。静安区中

心医院康复科病房里,60多岁的老李正在进行手功能康复训练。5个月前突发中风,老李的右手无法自如活动了。

在康复病房的这段时间,医生和康复治疗师为老李定制了个性化的康复方案,其中一项重要的手功能康复训练需要老李的主动配合,一点儿偷懒都不行。

老李头戴的脑电帽和手上套着的机器外骨骼,就是由束小康和贾杰团队研发的脑控外骨骼康复系统。与其他康复设备不同,老李每次训练的第一步并不是“动手”,而是“动脑筋”教机器。跟随机器指令,老李要屏息凝神专注地想相应动作,脑电帽捕捉信号,人工智能算法立即“学会”老李的抓握“意念”。之后再开启训练模式,一旦老李开小差或是偷懒,机械手就不会进行抓握动作,纹丝不动。

这套系统通过脑机接口和人工智能技术借由“中枢—外周—中枢”的闭环,实现了主动康复。“许多患者对康复的认识存在误区,希望‘躺赢’。认为来到康复科,付了医药费,就把一切都交给医生和治疗师了。”贾杰教授直言,“实际上,特别是对脑卒中的患者来说,肢体功能的障碍来自神经的损伤。所以我们在做的,就是抓住患者的积极意愿,让患者自己‘点亮’希望。”就像灯泡要亮灯需要先修复出了问题的电厂和电路,从“医生做”到真正让患者“自己做”,贾杰介绍说,临床数据证实新方法能够提升25%的治疗有效率。

这个项目是如何“跑起来”的? 时间重回10年前——

还在攻读研究生的束小康因为参与一项863计划医工交叉项目来到华山医院。“第一次站在挤满患者的门诊6楼康复医学治疗大厅,我才感受到原来中国有那么多脑卒中患者,而且他们的身体和生活受到了那么大的影响。”那一瞬间,束小康感到论文里的方程、数据和实验室里的线路、机械变得没了“实感”,然而也是那一刻,看到医院为患者提供服务让患者获益,他认识到了医疗的意义。由此下定决心用技术给患者提供更好的治疗和服务方式。

开启偏临床的脑机接口应用研究,工科学霸犯了难。“和贾老师团队开会,很多基本的临床术语根本分不清听不懂。比如肌力和肌张力一字之差,却是两个完全不同的概念。”束小康向医生和康复治疗师学习临床知识,同时分享计算机和工程技术,在磨合中互相学习,在碰撞中发现创新火花,渐渐地大家将临床患者实际需求逐步转化为基础研究中的科学问题和应用研究中的工程问题。

利用脑机接口技术,从“想象抓住杯子”到让机械手实现抓握动作并不困难。但是然后呢?“这是最难的!”贾杰说,“复杂的脑

电信号捕捉到之后要怎么用,怎么结合临床康复需求? 首先要明确临床要什么,其次要‘解码’,这是很难的。”好在年轻的硕士生博士生具备了这些能力。

陈树耿也是该脑机接口团队的一员,他是华山医院的研究型医学博士和物理治疗师。除肩负日常临床康复治疗的工作之外,还主持脑机接口领域相关的几个科研项目。陈树耿在本科的一门康复工程课上开启了工程思维的启蒙——以科学思维寻找问题,用工程技术解决问题。兴趣驱动和机缘巧合之下,他考进复旦大学上海医学院,成为贾杰教授的硕博连续研究生,也定下了手功能障碍康复治疗与脑机接口的“人生学术方向”。

在陈树耿发表的多篇论文里,束小康都在作者之列,这位工科博士给予了医学生更清晰的技术实现路径。“比如,针对想要解决的患者康复问题,用工科语言来说,就是要做什么控制(动作),采集哪些脑电信号,用于什么目标的分析等。”要实现这种“语言”的互通,医学生也费了一番功夫——除了从本科开始积累的工程思维和知识,陈树耿还自学了解多种编程语言,掌握基本的脑电分析技术。

“10年来,我们发了15篇SCI(国际核心期刊)论文。回头来看,文章固然有用,过程更有价值。”束小康非常感慨,以往的脑机接口研究通常在实验室采集数据,实际上这些从健康人身上采集的数据形成的脑电模型在临床根本不能用,很多发现都颠覆了认知。比如,中风患者左侧区功能受损,很快会被右侧脑区代偿,传统二分法脑区模型常常识别不了患者的脑电信号,于是团队进行解码算法的改进。“这些过程让大家清晰认识到中风患者的脑机接口需要什么样的性能,和实验室里的脑机接口有什么区别。近十年的积累都是在这个领域,我认为是非常宝贵的。”他说。

在这个团队里,“医”与“工”两种学科之间的距离因为这些年轻人的努力而缩小,打通了常常困住双方的“对方眼中的简单常识”,由此建立了了解对方技术实现能力的“语言”,进一步实现了真正的互融式合作。

■ 现在与未来

老李很快就要出院了,贾杰却开心不起来,“脑卒中患者需要比较长的康复过程,但是受限于医保的规定,考虑医疗资源公平分配而带来的病房流转率等因素,我们在康复病房里能做的还很有限。”

“有时候我觉得该问一问,是不是做错了什么?”主动康复在学术界并不是新概念,早就有论文提出了这种康复方式的有效性。但是对于临床医生来说,很长时间以来一直没有精准的抓手。贾杰是中国第一个康

复医学博士后,以创新赋能临床几乎是“深入基因”的习惯,因此除了临床工作,她很早就以开放姿态开展跨学科科研合作,希望能够获得更好的康复技术。但是合作者众多,研究搞了多年发了不少论文,回过头来却发现,临床手段仍然少得可怜。

从“跑得最快”的项目总结经验,贾杰觉得不应被技术牵着鼻子走,而应该始终坚持以患者临床需求为导向开展研究,这或许是核心所在。因此她要求每个学生都要跟门诊,亲手为病人治疗,唯有与形形色色的手功能障碍病人打交道,才能在过程中真正意识到患者经历的“治疗”究竟是什么,需求究竟是什么,才能真正让科研解决问题。

“以往的真多实验或研究,都是我们这些健康人在实验室里进行的。真正面对病人,才能体会不同的患者有什么样的需求,哪些治疗取得了什么样的效果。”陈树耿非常有感触,团队里的每个人几乎都戴过研发的脑电帽子,都给自己的头皮抹过导电膏,他发现有时候仅仅是一个小小使用环节的问题都会带来很大的影响。“科研赋能临床手段给予新方法、新理念,临床给予科研新发现、更丰富的学术关注点,两者是不能脱离的。”点点滴滴的感受,有的化为对专业更坚定的信念,有的则变成更直接的优化方案。

转化如何才能更快点? 康复手段如何才能更丰富些? 脑机接口医疗器械,涉及人工智能、大数据、大模型,涉及工程、医学、算法科学家等各领域的人员,需要多中心、跨样本的数据收集和研究,更多科研人员和临床人员加入。目前,由华山医院贾杰教授团队牵头、全国5家医院参与成立的多中心平台正在为脑控外骨骼康复系统的上市前临床积累数据。

肢体功能康复的非侵入式脑机接口在《上海打造未来产业创新高地发展壮大未来产业集群行动方案》中,被列为五大未来产业方向之一。贾杰和束小康等人都感到振奋,但大家同时感到,脑机接口技术的科普和人才培养,高校、医院、企业间的创新与转化协同等方面都还需努力。“机遇已来,我们能做的工作很多。”贾杰透露,依托此前合作基础,目前正在康复医学领域汇集1000多家脑机接口技术推广单位。

而在这个医工交叉团队里,工作从未停止——“脑机接口临床路径标准”已启动制定;明年新产品持证上市之后,将在医院康复病房里推广应用;医工交叉培养的研究生已毕业4人,“后浪”也补充进来……“我们开始考虑研发家庭型的产品,未来脑机接口将带来新的康复治疗范式,针对运动障碍康复训练开展家庭治疗。”贾杰希望,出院后的老李能根据医生和康复治疗师开出的“数字药方”,在家里继续最先进的康复治疗 and 训练。