



脑电波“治病”正在成为现实。曾被视为科幻象征的脑机接口技术,正从想象中走出,在天津落地生根。全国首个脑机接口综合临床实验病区由天津大学与市环湖医院共建,将于今年国庆期间正式开放。这不仅是一个实验病区的诞生,更是科研与临床之间一条关键通道的打通。从神经重症监测到脑卒中康复训练,从“脑电帽”到人工神经系统,一项前沿科技正悄然嵌入真实医疗场景,重塑治疗的路径与可能。

这项高度复杂的交叉技术,如何跨越伦理审批、设备标准、医保准入等重重门槛?又是怎样的机制,让它率先在天津形成闭环?日前,记者走进天津大学脑机交互与人机共融海河实验室(以下简称脑机海河实验室)与市环湖医院,实地探访这场脑机接口革命如何从纸面蓝图走进真实的诊疗现场。

走进重症病房:

听见大脑 抢回诊断时间

午后阳光炙热,市环湖医院小儿神经外科监护病房内空气凝滞,一场悄无声息的生命竞赛正在展开。

一位5个月大的急诊患儿躺在病床,头颅异常膨大,皮下青紫的静脉蜿蜒盘踞,脑积水正在无声吞噬着他的成长时间。要救他,必须准确判断脑积水的类型——是交通型,还是梗阻型?不同的判断,意味着完全不同的治疗方式。

市环湖医院神经外科蒲珂主任团队和天津大学脑机海河实验室副主任刘秀云教授,携带脑机接口技术设备走进了病房,开始对患儿进行脑脊液循环动力学检测,他们要“听见大脑的声音”。

“传统检查方式是腰穿打造影剂,通过脑脊液造影来明确脑积水类型。天津大学脑脊液诊断技术是以腰穿后注射生理盐水,通过外联压力传感器获得水流压力,继而推断脑积水类型。”蒲珂说。

“这项技术,结合了人工智能、脑机接口与脑脊液动力学建模,无需造影,可实时评估脑脊液流动情况。”刘秀云说,“它像是给脑脊液通路做了一次动态‘心电图’。通过曲线走势,我们能快速推断患儿的脑积水类型,帮助医生掌握治疗时机。”

检测仪器低鸣,时间一分一秒流逝。很快,初步结论出炉——患儿为交通型脑积水。随后传统增强造影核查取得了一致性结论。第二天,蒲珂团队为患儿顺利实施了分流管置入手术。术后仅几天,患儿头围开始缩小,头皮静脉回缩,重新开始自主吃奶。“生命之舟”,被稳稳拉回了正轨。

“脑机接口技术为脑积水诊断开辟了全新思路。”蒲珂说,“我们可以在更短时间内优化治疗方案,给孩子更多希望。”截至目前,该项技术已在市环湖医院得到了很好的应用,不少患者成为受益者。

而这样的故事,未来将在市环湖医院天塔院区的脑机接口综合临床实验病区里变得越来越多。

由天津大学脑机交互与人机共融海河实验室与天津市环湖医院合作的全国首个脑机接口综合临床实验病区,已在市环湖医院天塔院区启建,占地面积约1600平方米,涵盖神经重症、康复、认知障碍、感知障碍等多个临床领域。“我们的实验病区最大不同在于引入脑机接口、医工融合和智能医学技术,让科技落地为医疗服务。”刘秀云说,“在这里,一些神经系统疾病,如颅脑创伤、脑积水、癫痫、卒中等,都由专项科研小组对接,为医学专家制定精细化诊疗方案提供更多依据。”

目前,实验病区病房正在紧锣密鼓改造中,七八个功能病房分布在同层,每个病区根据疾病需要设计空间。未来,这里将成为全国首批集成脑机接口应用的临床示范基地。

在康复室内重建神经:

医生与工程师共修“意念”之路

卒中康复是脑机接口应用的重要领域,也是近年来脑机结合医学应用最大热点。

“我们从2021年开始与天津大学脑机接口项目合作,应用‘神工一神甲’神经调控机械外骨骼系统和‘灵犀指’的非侵入式脑机接口技术,对近70位卒中后运动障碍患者进行了脑机接口下肢和上肢康复训练或对照训练。其间,医生和科研人员对实验细节不断改进完善,已经呈现出一些优于常规康复训练的效果,这让我们看到了脑机接口技术在肢体康复领域的巨大潜力。”市环湖医院康复科副主任治疗师王铁钊说。

56岁的张先生已经接受了8次脑机接口“灵犀指”上肢训练和6次“神工一神甲”下肢外骨骼装置训练。5月7日下午,在市环湖医院康复医学科,张先生和爱人一同走进训练室,他和天津大学脑机接口的科研人员热情地打着招呼,高举双手向大家展示着两年来的康复效果。

张先生2023年4月突发脑卒中,身体右侧功能严重受损,不能行走也无法自主进食。几个月后,经过医生严格评估,张先生入选了天大-环湖脑机接口康复训练项目。“当时每个星期我都会来训练3次,每次训练大约1个小时。练习3次以后,手和胳膊的活动能力明显增强。突然有一天,我就能拿小勺了,很快就开始自己吃饭。”张先生说。

这一次,张先生是来做“灵犀指”训练的随访,科研人员和医生希望通过手指精细动作训练观察康复效果的保持情况。科研人员调试好设备后,先为张先生戴上64个电极的“脑电帽”,并在每个接口中注入导电凝胶,然后将“灵犀指”装置固定在右手腕。“手不动,只用脑子想”,经过几分钟准备,张先生开始“用意念指挥手指”,成功地启动“灵犀指”,并将两个方块摆放起来。之后,科研人员不断增加动作难度,扩展上肢活动范围,改变抓握物体形状,张先生均顺利完成。

“就像是自己变成了机器人,脑子一想,脚真的就迈出去了。”这是张先生第一次穿戴外骨骼装置时的感受。“我们其实是在和大脑‘对话’,让一个已经沉默的神经系统重新发声。”脑机海河实验室青年PI(学术带头人)刘源教授解释说,“非侵入式脑机接口通过‘脑电帽’采集大脑信号,实时反馈到控制装置中,诱导大脑重建神经路径,实现功能恢复。”

“脑机康复不仅讲究技术闭环——信号采集、算法解码、动作反馈,更强调‘人’的参与。”刘源说,“为了让‘意念训练’更有效,科研人员在每个训练环节中,都设置了脑电解码阈值,只有患者真正集中精神,发出正确的‘手指弯曲’‘行走’等指令,设备才会响应。这被称为大脑主动参与式康复。”

“张先生在入组患者中属于康复效果较为明显的,经过脑机接口辅助康复训练后,他还接受了常规运动、中医等在内的综合康复,现在上肢基本恢复正常、下肢仅有轻微症状,脑卒中患者常见的‘持篮手’‘划圈腿’也基本消失。”王铁钊说,“引入脑机接口系统,治疗师能直观监测大脑皮层激活情况并进行针对性训练,对提高康复效果,缩短患者治疗周期非常有利,但脑机接口用于卒中康复还有很多方面需要探索研究。未来,侵入式、非侵入式脑机接口也可能与传统康复医学或其他康复手段,共同为不同阶段不同病症的患者服务。”

「听懂」大脑

记者 雷风雨 赵津 徐杨 摄影 王倩

走进现实



市环湖医院与天津大学脑机接口项目合作,应用“神工一神甲”神经调控机械外骨骼系统和“灵犀指”的非侵入式脑机接口技术,对近70位卒中后运动障碍患者进行了脑机接口下肢和上肢康复训练或对照训练。

脑机接口技术下沉:

科技俯首 照进生活

未来,脑机接口技术不仅服务于重症病房的危重患者,更被设计成可以出现在社区医院、康复中心,甚至患者家中的智能终端。

从国家首个脑机接口临床实验病区诞生的那一刻起,技术“下沉”的逻辑就已写进系统设计。实验病区不是某一个研究团队的成果秀场,而是一套系统工程:涵盖从疾病筛选、伦理审查,到远程监测、医保接口的全过程,“我们不希望这项技术成为高价的专属服务。”刘秀云说,“它要能走出象牙塔,走得到临床实践中。”



脑机控制外骨骼可以帮助下肢功能障碍患者有效进行康复。



天津打造全国首个脑机接口综合临床实验病区

走进医保目录:

为脑波打通“最后一公里”

脑机接口,将来也能走医保了。

今年,脑机接口技术迎来了重要的政策突破——国家医保局将其纳入神经系统医疗服务价格项目。这一举措为前沿技术的临床应用铺平了道路,使脑机接口不再只是实验室里的“概念”,而是将走进病房,成为能为患者提供实际帮助的医疗工具。随着医保支持的到来,脑机接口的临床应用将有明确的收费路径,意味着一旦技术成熟,它将惠及更多患者。

“我们不只是在追求一两个爆款产品,而是在构建一条完整的‘临床诊疗—技术研发—产品注册—医保接入’闭环链路。”天津大学脑机海河实验室常务副主任倪广健说。这条路径如今正得到产业资本的强力推动:天津市已设立国内首只脑机接口专项基金,首期规模10亿元,直投临床可转化项目。倪广健透露,基金采用“科学家+企业家+政府+投资人”联动模式,撬动社会资本,支持脑机接口产业链的发展,并助力初创企业迅速成长。目前,该基金已储备了20余个优质项目,首个立项的企业已顺利进入市场。

更为重要的是,国家政策正全力支持这一创新项目。今年2月,国家药监局为脑机接口技术立项行业标准,并

鼓励技术创新。这为脑机接口的医疗器械化提供了坚实的制度保障。天津大学脑机海河实验室团队在市药监局指导下,已构建起具有自主知识产权的国产脑机创新成果转化体系,布局了23件医疗器械注册证的申报。值得一提的是,实验室已获得全国首张脑机智能人工神经信息系统医疗器械注册证,标志着国产高性能脑机交互装备的医疗应用正加速落地。

此外,实验室还推进成立了我国首家脑机专业测试平台,开展脑机相关算法、系统、器件和材料的第三方测试与评估工作。倪广健坦言,这一平台将进一步推动脑机接口产业技术的成熟与市场普及,加速技术向临床应用的转化。

与国内多数脑机接口技术仍集中在实验室阶段不同,天津的脑机接口技术已成功迈向临床应用,且更加注重非侵入式技术的研发,使其在推广上具备了更广泛的适应性。这也是天津脑机接口技术的“中国特色”:具备完整且可推广的技术路径。

“未来,脑机接口技术将不再仅限于重症监测和康复治疗。”倪广健说,“它将走进更多基层医疗机构,形成覆盖全国的医疗生态。”他介绍,通过远程脑电训练系统与区域医院的合作,脑机接口技术将不再是大城市的专属,而是惠及千家万户,真正实现技术普惠。



患者在进行脑控外肢体“灵犀指”练习。

未来,随着实验病区全面试运行,天津不再止步于打造一个科研示范点,而是建设一个面向全国、具备国际引领力的脑机接口临床集成平台。“我们不仅要输出技术,更要输出体系。我们希望构建的是一整套标准化、可移植、可定价、可监管的大脑监测模型,既能为行业提供可复制的范式,也能为患者打开通向未来医疗的新入口。”刘秀云说。

当被问到“这是不是只为有钱人设计的技术”时,刘秀云直言:“脑机接口不是奢侈品,它是下一代公共医疗的关键基础设施。只有它落在医保上、落在基层医院里、落在康复床头,才是真正医学的革命。”

在天津,他们试图用看似简单的贴片,撬动医疗服务的一次渐进式变革——从前沿走向基层,从高成本迈向普惠,从科研突破走向临床实用。脑机接口,正一步步成为一项真正“用得上、用得起”的未来医疗技术。

专访明东——

从象牙塔到病床边

明东眼中的“有用脑机”之路

“脑机接口不是我们追赶的技术浪潮,而是我们定义的一场未来变革。”天津大学副校长、脑机海河实验室执行主任明东说。

作为全国首个脑机接口综合临床实验病区的牵头人之一,明东深知,脑机接口要真正落地,光有技术远不够。“我们不是造一台设备、出一篇论文就完了,而是要把技术从实验室拉进真实世界。”他说。

为什么是天津?为什么是现在?

“天津有全链条优势,从神经科学原理研究、软硬件开发到临床测试、产业转化,都已经具备了闭环能力。”明东说。美国和中国在脑机接口研究方面占持续主导地位,其中,天津大学和加州大学旧金山分校在脑机接口研发规模和技术影响力方面同处于世界领先地位。

从2014年推出全球首台人工神经康复机器人“神工一

号”开始,天津大学脑机接口研究正式迈向规模临床应用阶段。

“我一直强调,我们要做‘有用’的脑机接口。”明东解释,“不是有多炫酷,而是要落得了地,进了医保,用得起、用得好。”对他而言,有用意味着对临床真的有效,对转化真的可行,对社会真的有意义。

脑机接口,听上去很“高大上”。如今,脑机接口技术已经打开很多未来科室的大门,比如脑机接口和康复医疗的联系最为紧密,特别是对一些运动功能障碍的患者。目前,团队多项成果已经与包括北京、天津、山东、湖南等多地三甲医院合作开展临床应用,服务患者数千人。

对脑机接口而言,2025年将是至关重要的一年。明东介绍,今年,脑机接口技术将在医疗领域中为患者带来实实在在的帮助,特别是在一些筛查、干预和辅助性系统中,脑机接口技术将会率先进入临床中。在运动康复、精神医学、重症医学、视觉、听觉等领域,相信很快会有关键技术的突破和落地应用。

在“科技链”和“人才链”的建设上,明东也一针见血地指出交叉型人才断层的短板:“脑机接口不是一个学科的技术,而是多领域的交叉融合。”为此,天津大学设立了全国首个脑机接口方向本科班,并推动医学、工学、计算机和认知科学交叉培养。“我们希望未来有那么一批人,既能看懂脑电图,也能调得了神经网络。”明东说。

专访葛乐、佟小光——

从实验室到病房

打通脑机接口临床应用的生命通道

“脑机接口技术不仅改变了大脑与外部世界的互动方式,更有望为神经医学领域带来革命性的改变,其中既有治疗手段的突破,也有手术技术、诊断体系和康复方式的革新,极大地拓宽了神经医学的边界,具有显著的临床价值。”天津市环湖医院党委书记葛乐表示。

市环湖医院与天津大学脑机海河实验室合作,在卒中运动康复、癫痫精准诊疗、神经调控与认知功能康复、儿童脑瘫精准治疗等领域,已经服务上百位患者,取得了多项突破性研究成果。“我们期待在科研工作者、临床医生与患者之间搭建起互通的桥梁,让科研创新突破都能以更高

效的路径融入临床诊疗,让患者直接受益。”葛乐说。

技术落地,平台建设提速。天津市环湖医院党委副书记、院长佟小光介绍,今年,市环湖医院和天津大学“双中心”携手,已获批建设天津脑科学与类脑研究中心,联合打造天津大学国家卒中学院分院、脑机海河实验室核心临床基地。院校联合建立的脑机接口综合临床实验病区也将在今年国庆期间开放。佟小光表示,该实验病区将构建研究型病房,承担脑机接口科研攻关、临床研究、医疗康复等多重任务,通过“临床诊疗—技术研发—产业转化”三位一体的创新模式,推进前沿科技的转化应用。

作为国内著名神经外科专家,佟小光主持了市环湖医院与天津大学之间的合作。他坦言,这场合作不只是学术联合,更是“系统级”的协同创新工程。近两年,脑机接口技术在神经医学领域的研究和应用风起云涌。未来院校双方携手,将全面整合多学科研究团队,共同打造国际领先的脑机接口综合临床实验病区,真正实现患者获益,为健康中国战略和创新驱动发展注入新动能。