

# 脑机接口人体试验：谁的未来更光明

● 本报记者 赵广立 陈彬 沈春蕾

老杨(化名)怎么也想不到,在遭遇严重车祸、四肢瘫痪 14 年后,自己的右手还能再一次抓握起一只水杯。

在他的家里,摄像机记录了他戴着气动机械手套抓握起一瓶橙汁饮料的画面。看得出来,老杨很高兴,这对他而言是一个质的变化——他已经 10 多年不能自己喝水吃饭了。

这个变化来自还处于小规模临床试验阶段,但已经成为热门话题的“脑机接口”技术。2023 年 10 月 24 日这一天,他成为这个地球上首个接受无线微创植入脑机接口手术的瘫痪病人。

## “里应外合、无线微创”

老杨的脑机接口手术是在北京宣武医院进行的,宣武医院院长赵国光、主任医师单永治团队主持并施行了植入手术。而设计研发这款“无线微创植入脑机接口 NEO”设备的是清华大学医学院教授洪波领衔的团队。

洪波对用在老杨身上的脑机接口设备及手术有一个形象的描述:“里应外合、无线微创。”

“微创”是该方案最显眼的关键词。脑机接口技术发展以来,大家默认只有两种方案——植入式、非植入式(也称侵入式和非侵入式),区别在于读取大脑信号的电极是否插入了大脑组织。但洪波团队设计的方案介于两者之间,可谓“半植入式”。

他解释说,大脑自内向外都可以“放电”,即脑电波,但放电的功率逐渐衰减。如果把大脑比作一间屋子,植入式脑机接口方案就是在屋内均匀摆放若干麦克风,非植入式就是只在屋子外放一个扩音器。而他们的半植入式方案,则作了个折中:把麦克风贴在门里面。

老杨头上的脑机接口设备由 3 部分组成:电极、体内机和体外机。研究团队先用磁共振技术定位老杨的运动感知皮层,这里就是开颅放电电极的位置,开颅手术仅打开颅骨、不破坏硬脑膜。之后,采集信号的电极覆盖在位于颅骨和大脑皮层之间的硬脑膜外,负责处理脑信号和通信的体内机则埋入厚度约 6~10 毫米的颅骨内,可吸附于头皮的体外机则一边接收、传输脑电信

号,一边隔着头皮给体内机供电。

“我们这样做肯定不是为了炫技,而是希望能够在脑机接口信号性能和病患创伤之间取得一个平衡,让患者最大限度受益。”洪波说。

洪波将他们植入的设备命名为“无线微创植入脑机接口 NEO 系统”,该系统采用了近场无线供电和通信技术。为了尽可能实现微创,整个系统和集成了 300 多个零部件的体内机,仅有两个 1 元硬币大小,“这里面要解决非常复杂的工程问题”。

结果令他们十分满意:老杨在宣武医院接受手术后的第 10 天就出院回家了。

老杨回到家后,脑机接口设备工作正常。经过大概一个多月的训练,他的右手在气动机械手套的帮助下,抓握起了矿泉水瓶。当然,抓握的指令信号来自老杨的大脑皮层——它们本应在体内通过神经元的接力传导给手指,但现在,信号经过采集、传输、解码,最终控制了气动机械手套。

## “撞车”马斯克

2024 年 1 月 29 日,清华大学-宣武医院联合团队召开临床试验阶段总结会,宣布首例患者脑机接口康复取得突破性进展。孰料,中国与大洋彼岸的美国在脑机接口技术的探索上,居然迎来一次历史性的巧合。

1 月 30 日,埃隆·马斯克宣布其脑机接口公司 Neuralink 完成首例人类大脑设备植入手术。2 月 20 日,马斯克在社交媒体上透露,Neuralink 公司首位植入大脑芯片的人类患者成功地利用意念控制了电脑鼠标。

但要指出的是,Neuralink 公司的脑机接口试验是创伤性风险更大的全植入式方案。对比而言,清华大学-宣武医院开展的半植入式脑机接口临床试验显得温和得多。

植入式脑机接口技术专家、中国科学院深圳先进技术研究院正高级工程师李骁健告诉记者,Neuralink 团队的植入式脑机接口,电极需要刺入脑组织,只是在脑皮层较浅的位置——约几毫米,也可称之为“皮层信号的脑机接

老杨通过无线微创脑机接口成功实现脑控抓握。

图片来源:清华大学



口”。李骁健说:“由于脑皮层面积足够大,表征的信息也足够多,这种方式比较适合做脑控。”

李骁健表示,植入式电极插入脑组织中,挤在神经元“堆”里,可以轻易获取高频(可达上千赫兹)信号。非植入式方案由于隔着颅骨和头皮,只能采集到低频(20 赫兹以下)的脑内神经脉冲。而清华大学洪波团队的半植入式方案,采集到的信号强度则介于两者之间。

在李骁健看来,半植入式方案恰恰凸显了洪波研究团队的智慧——这种既保守又稳健的方式,直接推动了我国脑机接口技术在临床上的探索应用。有业内人士表示,类似马斯克所主张的略显激进的全植入式方案,在国内严苛的监管之下,短时间内恐怕不会获批进入临床试验。

回归科学探讨的层面,除了更高的创伤风险之外,全植入式方案的确有更多隐患。

洪波告诉记者,他们考虑了全植入式方案的风险性。首先,全植入式脑机接口系统需要一个开放式创口才能植入,这就会带来感染风险;其次,电极插入脑组织,还可能引起胶质细胞的免疫反应,而这会引起连锁效应——细胞可能会包裹电极导致信号变差,而电极则有可能因结痂而产生其他风险。

## 一个新的开始

记者了解到,采用半植入式方案,洪波团队联合天坛医院业已完成了第二个脑机接口临床试验。

“第二例患者更加年轻,30 多岁,也是因车祸引起的脊髓损伤,于 2023 年 12 月 19 日由天坛医院主任医师贾旺团队成功植入。”洪波介绍说,这位年轻患者的自身情况相对严重,肘部不能动,不能驱动机械手,但他可以驱动屏幕光标,用屏幕上的红球撞击蓝球。

“相信经过一段时间的磨合,这位患者能够利用脑机接口独立操控电脑、手机,自己在屏幕上翻书。”洪波说。

有了前述两例患者的成功试验,洪波团队开始着眼未来。

“我们希望进行面向第三类即最高级别植入医疗器械的开发论证并获得审评许可。这需要大规模的临床试验验证,乐观估计,至少需要两年。”洪波说,获得了这一许可,他们的脑机接口系统就能在全国各大医院推广使用。“当然,这需要耐心,现在还只是小规模临床试验。”

在技术上,洪波团队设置了更高的目标。“我们计划每两年实现一次升级,不断改进系统的各项性能。”他以“通道数”为例,现在只有 8 档,仅能实现一个简单的手部动作,未来通道数要逐步增加,实现更多脑机接口功能。

当然,他很清楚,这背后的技术挑战很大——通道数增加会导致无线通信的部位发热,这是全世界面临的难题。“我们希望在安全性、稳定性和性能之间找到一个平衡,这需要大量的工程创新。”

脑机接口技术在临床上的潜在应用,还包括下肢的康复、脊髓损伤的修复、语音语言的解码等。洪波预计,或许在不远的将来,脑机接口技术不仅能够帮助像蔡磊那样的渐冻症患者,还能治疗他们的疾病。

此外,脑机接口技术的临床探索,不仅在于医疗救治,还在于能够为人类了解大脑打开一扇窗户。李骁健告诉记者,脑机接口技术人体临床试验的推进,将带来更多目前未知的大脑信息,促进类人智能的发展。

洪波也认同这一观点。“脑机接口有可能是人类进化历程中的重要一步。”他说,“老杨这件事不是结束,而是一个新的开始。”