



## 国内首款全无线脑机接口“上海造”，让瘫痪患者实现意念操控

加载大脑外挂  
重建生命链接▶ 虎科技团队就首例“三全”脑机接口临床试验进行深入研讨  
华山医院毛颖、陈亮教授团队与脑

患者的手术，是今年10月30日进行的。所谓的“三全”，指的是全植入、全无线、全功能。

“产品将所有核心模块完全植入体内，体表无任何线缆接口，从物理层面根除了传统外露系统易导致感染的风险。”陶虎介绍，“同时，集成了无线供能与无线数据传输功能，患者使用时，彻底摆脱体外设备的束缚，可以‘全场景’应用。”

让人没想到的是，脑虎科技创新性地将电池模块放在了胸口皮下。“大家都有给手机充电，手机会发烫的体验。当有这种感觉的时候，手机升高的温度就有几摄氏度甚至十几摄氏度了。”陶虎打比方说，“但大脑温度升高超过2摄氏度，就会造成休克。”

大洋彼岸，马斯克的Neuralink也遇到了相同的问题。他们的解决方案是：电池还是放在脑袋里，采用有损数据的传输方式，用牺牲数据的代价，换取电池的安全的范围内。

“我们让发热单元远离大脑，植入对温度更耐受的胸部皮下，在系统安全性上实现了显著提升。”陶虎告诉记者。脑虎科技还考虑到，将来一旦有升级维护的需要，“开胸手术”显然比“开颅手术”更能让患者接受。

值得一提的是，“全无线”，是企业在研发过程中，患者和家属反复提出的期待。脑机接口若只能依赖外部电源，那只要“断电”，人也会跟着“没电”了；将电源内置，在术后康复及日常生活中，患者不用“拖着一根辫子”，真正实现了行动与尊严上的“无线自由”。

陶虎介绍，这款产品所用的皮层柔性电极，不直接插入大脑，对病人的短期损伤和长期稳定都有较大提升，还可以覆盖到更高级的语言功能区。



脑虎科技的脑机接口产品

本版图片均由受访者供图

## 从开机到驾驭

## 意念操控实现“手随脑动”



术后1天转入普通病房，术后5天首次开机就成功实现意念操控；经过系统训练，标准测试中的脑控解码速率达到每秒5.2比特，与国际顶尖水平相当……数字不会撒谎，脑虎新一代脑机接口产品，体现出了良好安全性和优良性能。

“患者可以意念操控‘马里奥赛车’电脑对战、‘贪吃蛇’多人线上对战等电子游戏，并能获胜。他可以通过气囊手控制自身每根手指，还能灵活操控人形机器人。”复旦大学附属华山医院院长毛颖教授介绍。

“抢金币的游戏，我是玩不过他的。”陶虎笑着说。就玩游戏的操作来看，基本原理是大脑产生信号，通过中枢神经再到外周神经，控制外部肌肉；而用脑机接口这一“外挂”，便可“手随脑动”，没有“中间商”耽误时间，从这一角度看，陶虎的落败，也在情理之中。

“目前，充电两小时，可以维持患者一天的训练量。”他告诉记者。对于产品充电能力的评判，业内认同的底线是：充电时间不能比使用时间还要长。当前，患者进行的，还都是比较温和的训练，上下午各一小时；但这位28岁、瘫痪8年的小伙子在尝到甜头后，主动提出，训练时间可以更长一些，游戏难度也可以更高些。

当我们再把时间线推回手术台，脑机接口手术，让人一听就觉得是台复杂的、极具挑战性的、耗时很长的“拉锯战”。然而，毛颖却说，这是一个“小手术”。

“神经外科手术，历经了巨创，来到微创，现在接近于无创了。我们拥有神经导航技术，可以在亚毫米级——即1毫米以内的准确率，找到病灶，这让手术变得非常安全。”毛颖解释，脑机接口，看似要在大脑里植入“异物”，可事实上很多病人的身上都有生物相容性的异物。这些“植入物”经过几十年的临床，已然证明了可以和大脑“和平相处”。

“此外，每一台植入手术，都经过了极其严苛的伦理论证，包括患者的适应证和材料的安全性等。”毛颖补充道。

## 解决真实痛点

## 脑机接口不只是“炫技”

接受脑机接口手术的患者，都会靠打游戏来证明康复效果。这是“炫技”，还是说，新一代脑机接口定义的“康复”，已超越了传统“恢复基本运动功能”的范畴，正朝着“重建有意义的生活与社交参与”这一更广泛的目标迈进？

上海交通大学医学院源申康复研究院院长、同仁医院康复中心主任单春雷说，现代康复医学的目标，本身也不局限于运动功能的恢复，还包括患者认知功能、语言功能，乃至情感心理和日常的社会交往。

“通过脑机接口技术，的确能加快受损的神经环路的重塑。他们能实现打游戏、够取物品、和人交往。”单春雷表示。

两年前，单春雷在中国康复医学会牵头成立了“脑机接口与康复专业委员会”，纳入康复医师、脑机接口科学家，以及神经科学、语言学、心理学和计算机科学等专家，目的有两个：康复医师及时了解脑机接口技术的现状；让脑机接口研发者了解患者有什么需求，帮助产品真正落地。

在采访中，陶虎向记者讲述了一个故事：前两天，他在一个渐冻症病人的病友群里沟通，大家都对脑虎科技的新成果非常感兴趣，连连发问，这个产品能用到渐冻症患者身上吗，有几家医院在做临床了？

不难理解，从现代医学角度来说，想让人“活着”，上呼吸机就好了。可对于渐冻症患者来说，丧失了运动功能，靠呼吸机活着，这是“没有尊严地活着”。“对于企业来说，患者非常触动我们的一句话是‘哪怕只有1%的希望，我们也愿意尝试’。”陶虎说。

在人工智能飞速发展的当下，两个“分支”备受瞩目：具身智能和大语言模型。巧的是，脑机接口就是和它们分不开。“具身智能，不管是机器人、机械臂还是无人车，都是要运动控制的，而患者可以通过脑机接口来控制这些。”

值得一提的是，脑虎科技的广域多点采样架构，为AI大模型提供了更丰富、空间特征更明显的原始神经信号，有利于训练更强大、通用的解码算法。

当天的论坛上，陶虎的一席话，赢得了在场观众的掌声：所有技术路径的选择与功能场景的开发，都是以解决患者真实痛点为导向。从意念操控实现手指细微动作，到控制轮椅移动；从在线游戏重拾社交乐趣，到通过人形机器人完成日常基础任务——每一个功能的实现，都是对患者生活尊严一寸一寸的收复。“我们坚信，脑机接口不应是炫技的工具，而应是连接生命与希望的桥梁。”陶虎说。

本报记者 郁阳

“知道吗？他打游戏已经比我打得要好了！”前天，在2025天桥脑科学研究院脑机接口与人工智能论坛上，脑虎科技创始人兼首席科学家陶虎有些“不甘”地说。陶虎口中的“他”，是一位年轻的、已经高位截瘫8年的患者。在植入脑虎科技最新成果并经过两个月训练后，他已能熟练打游戏、网上购物，并操控脑机系统适配的智能家居。

这例临床试验，是由华山医院毛颖、陈亮教授团队主持完成的。为患者植入的，是国内首款、国际第二款内置电池的“三全”脑机接口产品——这也让脑虎科技成为全球范围内极少数掌握并验证内置电池全植入方案的公司之一。

当一例例因脑机接口而重获新生的故事见诸媒体，那些“不能动、不能看、不能说”的患者能指望这项新技术“救命”吗？



毛颖透露，现阶段非常重要的，是要把脑机接口的定义、将来可能遇到的各种问题，以标准的方式确定下来。当然，无论从国家抑或是市级层面，还是就医学界，都在积极推动标准的落地，但“一项标准不可能在任何时候都是完美的，我们要根据发展不断更新”。

“我们只走了非常小的一步，在当下脑机接口的风口上，一定要保持冷静。”毛颖指出，将来脑机接口会是一个瓶颈样的“喇叭口”，当前大量脑机接口科学家、企业都在朝“喇叭口”集聚。从现在来看，这个“喇叭口”便是临床应用场景。从医学角度看，这个“瓶颈口”非常严格，“1000家脑机接口公司涌向‘瓶颈口’，能挤出去的，没几家。”

脑机接口汇聚了多项前沿技术，且需求迫切，发展是大势所趋。“当前百舸争流的态势有利于技术进步，最终必须回归临床、造福患者这一根本目标。”毛颖说。

脑机接口，医产研结合尤为重要。今年，全国首个脑机接口集聚区在上海启动建设，集聚区离华山医院虹桥院区不到500米，“医生可以直接把临水上遇到的问题告诉产业界的研发人员；产业界研发人员也可以走进手术室或来到病人床旁，更直观感受临床应用。”

“脑机接口的发展，最终会走向‘非侵入式’吗？”这个问题，所有人都关心。

“从惠及大部分人的角度来看，非侵入式一定是最佳状态。现在迫不得已的时候，我们只能采取侵入式，在技术向前推进的时候，我们会将对病人的损害做到越小越好。”毛颖表示。

“老百姓都懂一个基本逻辑：‘能吃药就别开刀’‘能开小刀就别动大刀’。可是现在，一些‘浅尝辄止’的技术没有办法解决问题，所以只能做有创的。”陶虎如是说，“但脑虎科技正在弄清楚一些问题：侵入式和非侵入式之间的信号关联性是怎么样的？两者的能力边界分别在哪儿？这些对未来脑机接口的发展非常重要。”

单春雷认为，侵入式意味着要开颅。手术都伴随着风险，侵入式的价格也更昂贵，所以说侵入式是有一定选择范围的——那些严重瘫痪尤其是四肢瘫痪、严重构音障碍或其他严重功能障碍的，他们有尽快康复的意愿，经济能承受，而非侵入式的脑机接口无法帮他们达到目标，“两种路线不矛盾，是根据病人病情和需求来选择的。”