

脑机接口如何改变未来？

——访“脑机接口之父”米格尔·尼科莱利斯

■本报记者 冯丽妃

他被称为“脑机接口之父”。这或许能够概括美国杜克大学教授米格尔·尼科莱利斯(Miguel Nicolelis)对这个领域的突出贡献。

2014年,全球逾十亿观众见证了他和脑机接口研究的一次“高光时刻”——一名全身瘫痪的青年借助一副“机械战甲”外骨骼成功为巴西世界杯开球。

诞生22年来,脑机接口已从科学概念应用于临床康复医疗,并成为商业界宠儿。谈及脑机接口等前沿技术的未来应用,他向《中国科学报》表示:“科学伦理是非常重要的一个问题,我们需要一步步谨慎前进,并始终允许社会公开讨论一项技术是否应该被应用,以及应用到何处。”

高峰和低谷

20世纪90年代,尼科莱利斯师从哈内曼大学教授约翰·切宾(John Chapin),研究大脑功能。

当时,脑神经科学有两种主要猜想:认为神经元是连续网络的“分布论”和神经元各自独立运作的“局部论”。20世纪的大部分时间,后者都是主导性声音。

尼科莱利斯和切宾属于少数派。他们支持“分布论”,并做了大量开创性工作,开发了一系列新方法,了解大量神经元如何在动物行为中协同工作。

1998年的一天,他们意识到需要一种新范式和技术测试大脑功能的一些假设,于是产生了把大脑和机器连接起来的想法,并将其命名为“脑机接口”(BMI)。2000年,尼科莱利斯在《自然》杂志发表了一篇关于脑机接口的评论文章,这个名字很快被全世界采用。

“一言以蔽之,脑机接口是一种让大脑与机器直连的方法。”尼科莱利斯向《中国科学报》解释,通过这种方法可以实时采集人或实验动物准备移动身体时大脑发出的电信号,并记录相应的大脑活动,然后将其转化为能够发送至人工执行装置的数字指令。

一开始,尼科莱利斯和切宾创建了脑机接口这个研究大脑的新范式,后来他们意识到这将具有非常重要的临床意义。

在2014年巴西世界杯开幕式上,在6万多名现场观众和12亿电视、网络观众的注



“脑机接口之父”米格尔·尼科莱利斯

下,巴西瘫痪青年朱利亚诺·平托为世界杯开球。“平托行走的一小步,是脑机接口技术发展的一大步。”当时的电视转播解说员如是说。

巴西世界杯前,平托因为车祸导致脊柱T4以下瘫痪已经9年。通过参与尼科莱利斯发起的“重拾行走计划”(WAP),他利用脑机接口将采集自大脑的信号绕过脊椎损伤部位,以数字形式传输至可穿戴式的全新机甲中,并控制机甲完成开球任务。

故事到这里尚未结束——经过10个月的训练,平托的脊椎损伤等级评定为T11以下瘫痪,7节脊椎恢复了感知、活动和运动控制功能。据介绍,今天平托已经基本恢复了自主行动能力,开始了新的生活。

尼科莱利斯坦言最初并未想到能走到这一步。“这说明有时候基础科学能引领你到达从未想象过的地方,带来意料之外的发现。”他说。

如今,已有近30个国家和地区的科研团队围绕WAP开展合作研究。2018年,北京宣武医院成为亚洲首个加入该计划的机构。去年,在其开展的临床试验中,一位瘫痪6年的女性病患在经过半年多的治疗训练后,已经能在使用助行器的情况下独自行走。

对于尼科莱利斯来说,成功的兴奋和欢愉背后也有不为人知的艰辛和质疑。

“最初那几年真不容易。因为有不少科学家非常保守,在一个新事物的初期,他们会怀疑一切。”尼科莱利斯说,“我们很难说服所有人,就持续发表实验结果。”

质疑者最终被事实折服。2004年,尼科莱利斯和切宾发表了第一篇关于人类脑机接口

受试者的论文:在用于治疗帕金森氏症的神经外科手术过程中,让11位病人通过脑机接口全部实现仅凭脑部活动操作电子游戏。这一里程碑研究在2004年登上了《神经外科期刊》封面,让所有人相信人类能够使用脑机接口。

此后,整个领域开始腾飞,并在世界范围内迅速扩展。

“治疗10亿人”

在获得全球瞩目后,尼科莱利斯仍在拓展脑机接口理论和临床应用的新边界。

“脑机接口可能适用于所有领域,但在医学领域的率先应用是最可行的,也是现在更普遍的。”他说。

尼科莱利斯将当前的脑机接口在医学领域的应用划分为两代技术。第一代“脑机接口”,从大脑电信号中获取信号,并将其传递给控制设备,如机械手臂、电脑程序,甚至可以是虚拟的身体;第二代“脑-机-脑接口”(BMBI)可以监测大脑活动,检测病理信号,然后把治疗信号传回大脑,扰动正在产生的病理状态,如帕金森氏症或慢性癫痫。“由内而外的单向控制(和内外互通的闭环,就是这两者的主要区别。”他说。

在2021年底发表于《国家科学评论》的一项研究中,尼科莱利斯指出,BMBI将是下一代神经假肢的基础,将其与各种神经刺激相结合,或将为全球数亿罹患神经性和精神性疾病的患者提供非药物性的个性化治疗。

“我相信即使是抑郁症等精神疾病也可以在基于脑机接口核心概念的治疗中受益。脑机接口或将成为一些已知药物的替代疗法,用于治疗各种神经疾病。”尼科莱利斯说。

为此,他提出了一个口号:治疗10亿人。根据世界卫生组织相关统计,全世界有10亿人患有某种神经性或精神性大脑紊乱病症。尼科莱利斯认为,脑机接口研究的主要目的是为这10亿人提供选择,使其改善和恢复因大脑的某些疾病或创伤损失的一些生理功能,提高生活质量。

“骰子已经掷出”

2015年,巴西世界杯过后第二年,尼科莱利斯出版的《脑机穿越》一书风靡世界。该书以

一则引人深思的典故结尾。

卢比孔河曾是古罗马与其殖民地高卢地区的分界线。古罗马有一条法律规定,在外征战的军官,谁不可以带着军队跨越这条河进入罗马本土,否则就会被视为叛逆。公元前49年,凯撒统一高卢后打破了这个禁忌。渡河时,他说了这样一句话:“骰子已经掷出!”从此迈出了征服欧洲、缔造罗马帝国的第一步。

现在,尼科莱利斯和神经学家已经跨越了思想和技术的河流,站在了“卢比孔河”的对岸。那么,脑机接口会带领人类走向何方?

当前,走向商业领域的脑机接口也在引发人们对未来世界的无限遐想。例如,埃隆·马斯克曾展望通过脑机接口实现思维相通、进行记忆存储或替换、将大脑意念传递至云端达到“数字永生”……有人称此为虚拟现实世界“元宇宙”的“终极形态”。

不过,尼科莱利斯直言,马斯克的一些假想永远不会发生。“他对神经科学知之甚少,只是试图通过其他领域的营销来赚钱,我们称之为‘炒作’。”

关于脑机接口是否会成为“元宇宙的终极形态”,尼科莱利斯认为,人是社会性动物,需要在现实生活中与其他成员互动的真实社交。完全沉浸在虚拟世界中具有“副作用”,如人的大脑将会改变,产生不同的行为。“从这个意义上讲,元宇宙是一种倒退,因为它将人们从真实的社會存在中排除出去。”

“我们已经有诸如孩子沉迷于电子游戏和因特网带来的问题,我担心如果花更多的时间在虚拟世界里,可能会产生更多问题。”尼科莱利斯说,“所以,我不太喜欢不负责任地引进技术,却不去考虑它会对人类产生什么影响。”

在脑机接口技术迅猛发展并逐渐在各领域得以应用的当下,其带来的一个隐忧是,能否冲击未来“人类”定义的边界。对此,尼科莱利斯认为,社会大众和科学伦理应当作为技术发展安全阀。“科学伦理是非常重要的一个问题,人们需要带着责任一步步地谨慎前进,始终允许社会公开讨论一项技术是否应该被应用以及被应用到何处。”

“我们在使用脑机接口减少病痛、提高人们生活质量的同时,也要意识到这项技术不应该被用来伤害人类。”尼科莱利斯说。

“超能”新材料

1+1≥10

(上接第1版)

“顾名思义,水凝胶用的溶剂只有一种,就是水,而离子液体凝胶用的溶剂是离子液体,有成千上万种,这正是它的魅力所在。”王美香对《中国科学报》说,离子液体在室温下是一种液态的熔盐,含有正离子和负离子,只要熔盐里的正负离子不一样,就可以实现离子液体的千变万化。

研究选材是从聚丙烯酸和聚丙烯酰胺的单体开始的。

最初,王美香把两种材料分开来做。当把丙烯酸酯溶到离子液体后,产生的凝胶跟她预想的完全不一样,不透明、发白,就像晒干的面条一样特别脆,一碰就断。随后她又试了丙烯酸,做出来的凝胶则超级软,透明度达到百分百。

完全就是两种极端!这让她无比兴奋,如果把三者混在一起,会擦出什么样的火花呢?

“把丙烯酸酯和丙烯酸溶到离子液体里,再加入引发剂和交联剂,然后混匀,用高功率紫外灯照射,3分钟就能制作出论文中这种新型混合材料。”王美香说,“就是这么简单。”

一步法就这样诞生了。它为离子液体凝胶研究开启了新世界的门户。

为实验蓄能,把理论变为现实

王美香在西安交通大学读博期间,一直从事水凝胶研究。她看到离子液体凝胶材料的巨大潜力,便萌生了调整研究方向的想法。

2018年12月,王美香在西安交通大学获得材料科学与工程博士学位后,进入北卡罗来纳州立大学 Dickey 实验室做博士后,主要致力于高机械性能凝胶材料的设计和制备,研究其在可穿戴柔性电子器件、全固态电池以及超级电容器、传感器和驱动器等领域的应用。

在新的平台,王美香顺利转换到新赛道,开始离子液体凝胶材料研究。但是,她刚进入北卡罗来纳州立大学,新冠疫情就来了,一下打乱了研究计划。

学校封闭,无法进入实验室,王美香就利用这段时间查阅文献,为实验蓄能。在家“闭关”3个月,终于等来复工的消息,她便一头扎进实验室里,每天在实验室待8个小时,把实验过程中看到的现象记录下来,晚上回家查资料分析这些现象的成因。

幸运的是,这项工作从始至终都比较顺利,这篇论文投给期刊也很快被接收,评审专家都对该成果作了很高的评价。

“接下来,我们将进行应用方面的拓展,把离子液体凝胶与3D打印技术相结合,用于开发新型柔性机器人。”王美香说。

参与这项研究的一共有9位作者,其中华人学者有4位,除了王美香,另外3位分别是论文共同通讯作者、西安交通大学教授胡建,西安交通大学硕士生张鹏尧,以及美国内布拉斯加州大学林肯分校研究助理教授钱文。

相关链接:
<https://doi.org/10.1038/s41563-022-01195-4>

“大先生”陈家镛:湿法开金石

(上接第1版)

“那时外国人不让中国人知道DDT是怎么制造的,搞得很神秘。”陈家镛回忆,“其实不是因为我的技术能力比别人高多少,而是得益于我胆子够大,敢想敢做。”

实际上,这股“狼劲”在他童年时就埋下了种子。亲历抗日战争的陈家镛曾表示:“从小学五年级开始,日本的军事侵略和大量倾销工业品的经济侵略,激发了我工业救国的强烈愿望……就立志要为中华民族的强盛而努力奋斗。我人生的每一步都在实践自己的诺言!”

凭着这种带着爱国底色的“狼劲”,20世纪70年代、80年代,陈家镛为解决国防急需,在我国最早利用湿法冶金的原理和技术开展金属粉体制备的研究,研制出一大批适合不同需要的复合金属粉体。

后来,针对国家在废气、废水、废渣方面的“三废”治理问题,陈家镛率先提出“清洁生产”的概念,要求对湿法冶金用水循环利用,减少污染排放,对废渣合理应用,取得了显著的技术经济效益,为化工、冶金、能源、资源等企业提供科技支撑。“如今在国家‘双

碳’战略的背景下,陈先生在六十多年前提出的这个概念,更具有前瞻性。”中国科学院院士、过程工程研究所所长张锁江在此次纪念会的致辞中表示。

“严师慈父”

陈家镛一生桃李满天下,学生们都说他是“严师慈父”。

说他是“严师”,是因为他在学术上的要求近乎完美。福州大学教授鲍晓军1986年至1990年期间在陈家镛指导下完成博士论文。“我的博士论文中公式推导很多,陈先生为了检查我的工作,选取了论文的一章,把我喊到办公室,当场让我推导了全部公式。”此次纪念会上,鲍晓军回忆起师从陈家镛的点点滴滴。

就这样,鲍晓军的博士论文顺利过关,但他参与编写《化学工程手册》和《湿法冶金手册》时却被陈家镛“无情”地打回来。“陈先生非常严谨,要求书中所有的公式都是国际单位制,为此我花了很长时间修改,才完成了要求。”他说。

在学术之外,陈家镛扮演着“慈父”的角

色。许多学生、同事深有体会的是,陈家镛宽厚待人,对人都是和和气气,从不用语言刺伤别人。

身在海外的康希诺生物股份公司联合创始人、副总经理毛慧华在纪念会上线上发言时说:“我1984年开始在陈先生指导下读博士研究生,当时我们每周都有和陈先生一对一学习讨论的机会,有幸能够得到陈先生很多教诲。他在科学上求真务实的严谨作风给我们树立了很好的榜样,是我们永远的导师!”

中国科学院院士、兰州大学校长严纯华说,第一次见到陈家镛是在1982年。“我是帮我的导师徐光宪先生送信给陈先生,感受到的是先生对一个20多岁的年轻人的谦逊,让我落座,热情恳切地问我问题。”此后,虽然没有正式拜在陈家镛门下,但他在从事有机萃取和稀土分离的学术道路上,一直受到陈家镛的引领。

严纯华深情表示:“陈家镛先生一生都在把对党的忠诚、对国家的热爱用科学家特有的一种非常纯粹的方式表达自己的言行中,也深刻影响着同事,教育着学生,是真正的大先生!”

自然要览

(选自《Nature》杂志,2022年2月24日出版)

源自球状星团的重复快速射电暴

快速射电暴(FRBs)是物理来源不明的闪光。大多数的快速射电暴只出现过一次,但有些也会发生多次。许多研究模型认为发射源是磁动力中子星(磁星)。

最近,在邻近的M81星系方向上,科学家发现了另一个重复出现的快速射电暴(FRB 20200120E),在其他波段上有四个可能的对应。

科学家报告将FRB定位到一个与M81相关的球状星团的观测结果,该星团距离其光学中心有2秒差距。球状星团包含古老的恒星群,这对认为核心坍缩的超新星形成了年轻的磁星的FRB模型提出了挑战。

科学家认为,FRB 20200120E源于一颗高度磁化的中子星,该中子星要么是通过白矮星的吸积诱导坍缩形成的,要么是白矮星或中子星双星系统中合并形成的。

相关链接信息:
<https://www.nature.com/articles/s41586-021-04354-w>

重力“制图”的量子传感器

重力传感已成为工程和气候研究等地球物理应用的一种工具,其用途包括监测含水层的时间变化和大地测量。然而,由于去除振

动噪声所需的时间较长,使用重力制图法来解决米级地下特征是不现实的。

科学家通过一种实用的量子重力梯度传感器,克服了这一局限性。科学家的设计抑制了微地震和激光噪声、热和磁场变化以及仪器倾斜的影响。该仪器的统计不确定度为20 E(1E=10⁻³),用于在一条8.5米长的线上执行0.5米的空间分辨率测量,检测一个2米的隧道,信噪比为8。

利用贝叶斯推理方法,科学家确定水平中心为±0.19米,中心深度为(1.89-0.59/+2.3)米。去除振动噪声可以改善仪器性能,缩短测量时间。

相关链接信息:
<https://www.nature.com/articles/s41586-021-04315-3>

单层材料中的多铁状态证明

科学家报告在过渡金属材料Ni₂的单个原子层中发现了ii型多铁有序结构。Ni₂多铁态的特征是具有给定手性的自旋螺旋,它与电荷自由度耦合产生手性控制的电极化。

科学家利用圆二色拉曼测量直接探测由动态磁电耦合产生的磁手性基态及其电磁模。将双折射和二次谐波测量与理论建模和模拟相结合,科学家发现了一个高度各向异

拖地造成的室内污染 堪比城市街道



图片来源:DEJAN MARJANOVIC

许多人喜欢在周末休息时打扫屋子,一些“香喷喷”的表面清洁产品是人们习惯使用的“利器”。但是这些“利器”或许是把双刃剑,有着令人意想不到的健康危害。

近日,一项发表于《科学进展》的研究指出,使用有香味的表面清洁产品产生的颗粒物浓度,相当于每天28万辆汽车行驶的繁忙城市道路产生的颗粒物浓度。该研究结果表明,专业清洁人员特别容易受到室内污染物的危害。

研究人员指出,表面清洁产品通常含有单萜类化合物,它是一种芳香化学物质,具有类似柑橘或松树的气味。

单萜类化合物很容易挥发到空气中,与臭氧等不稳定分子发生反应,产生被称为二次有机气溶胶(SOA)的颗粒物。汽车尾气也会产生SOA,刺激人的呼吸道。

“颗粒越小越能深入肺部。小颗粒会导致炎症等严重的呼吸问题。它们还会将化学物质引入血液。”论文作者、美国印第安纳大学的Colleen Rosales说。

为了研究使用表面清洁产品的房间内具体的颗粒物数量,Rosales和同事用浸有商用香氛清洁产品的拖把清洁了一间50平方米大小的办公室的地板,持续时间为15分钟,并在几小时后又拖了一遍。研究团队使用粒子计数器跟踪清洁期间和清洁之后空气中直径小于或等于10纳米的SOA浓度。

通过模拟颗粒物如何进入呼吸系统,他们计算出,使用有香味的表面清洁剂,一个人平均每分钟吸入大约10亿到100亿个颗粒物;在一个房间里用这种表面清洁剂拖地1.5小时,则肺部暴露于颗粒污染物的水平,相当于在繁忙道路停留1.5到6小时(该数据来自一条两旁是多层建筑、每天有数千辆汽车行驶的道路)。

研究团队表示,需要通过更多的研究确定这些室内污染物对健康的影响。

“目前该研究缺乏关于室内颗粒物毒性与户外车辆产生的颗粒物毒性的详细信息。”英国约克大学的Nicola Carlsaw说,“如果它们确实有害,我们可能需要考虑制定指导方针,以降低专业清洁工的健康风险。”

Rosales表示,室内的SOA水平可以通过使用室内空气过滤设备或避免使用含有单萜类化合物的产品加以改善。

(徐锐)
相关链接信息:
<https://doi.org/10.1126/sciadv.abj9156>

千余种野生植物 可作为维生素来源



埃塞俄比亚燕麦 图片来源:SAM K TRAN

野生植物是一种被忽视的维生素和矿物质来源,有助于对抗营养不良。

缺乏B族维生素是营养不良的常见原因。科学家已经鉴定出超过1000种野生可食用植物可以提供B族中的5种维生素——硫胺素(B1)、核黄素(B2)、烟酸(B3)、泛酸(B5)和叶酸(B9)。例如,在东南亚和东南亚,超过40%的人没有摄取足够的叶酸,叶酸是B族维生素中的一种,缺乏叶酸可能导致婴儿出生时患有脊柱裂。而缺乏其他一些B族维生素还会导致肌肉和神经疲劳以及虚弱。

英国伦敦帝国理工学院的Aoife Cantwell Jones表示,关于食用这些植物带来的益处的教育活动,可以帮助减少一些健康问题。

尽管有数千种不同的植物都可以食用,但世界各地的人们仍从水稻、玉米和小麦这3种作物中获取大部分植物性热量。

大多数可食用植物的维生素和矿物质含量尚不清楚。Cantwell Jones和同事根据营养分析得出每种植物与其他植物的基因亲密度,并预测了生长在不同国家的约6400种可食用植物中的维生素B含量。他们还用近300株已知维生素B含量的植物验证了该预测方法的有效性。

通过这种方法,科学家确定了1044个物种是这类维生素的良好来源,尽管有6%的物种被列为野生濒危物种。其中有1/4物种尚未保存在种子库中,例如埃塞俄比亚燕麦和婆罗洲岛上的野生榴莲。婆罗洲岛正遭受森林砍伐和农业扩张的威胁。

人们不吃本地的野生可食用植物可能有诸多原因。“教育在对抗营养不良方面非常重要,因为你需要摄入多样化饮食,而不仅仅是依赖主食作物。”Cantwell Jones说。

Cantwell Jones表示,同样的预测方法也可以得到食用植物中其他维生素和矿物质的含量。相关论文2月24日发表于《自然—植物》。

(季木子)
相关链接信息:
<https://doi.org/10.1038/s41477-022-01100-6>