

脑机接口的价值权衡：风险与收益之间

肖峰

摘要：脑机接口作为一项新兴的前沿技术，既能给人类带来巨大的收益，也存在种种可见和潜在的风险，且具有收益越大风险也越大的正比关系，必须对两者进行全面的价值权衡或评估，在合乎收益大于风险的伦理原则下加以合理地使用。无论是采用植入或非植入的技术路径，还是选择治疗或增强的使用目的，都存在权衡使用脑机接口之收益和风险比价关系的复杂性，需要针对不同的情况区别对待，尤其是需要理性而辩证地看待“代价”问题。通过不断的技术创新和有效的伦理治理，脑机接口的收益和风险之比将日趋合乎人的需要。

关键词：脑机接口；收益；风险；价值权衡

中图分类号：B82 **文献标识码：**A **文章编号：**1003-0751(2023)07-0104-08

作为一项正在兴起的前沿技术，脑机接口(Brain-Computer Interface, 缩写为BCI)对于人类既有的和潜在的好处无疑是巨大的，从对残疾人的治疗到对正常人的增强，从应用于医疗给人带来健康到应用于娱乐游戏给人带来快乐，都是人类可以从获益的表现。但是，脑机接口给人带来的诸多收益或好处往往是建立在一定的风险基础之上的，一些脑机接口的技术方案由于风险过大，所以尽管收益可能巨大，但也是发展受限的。这表明，是否使用它，首先必须进行价值评估或权衡——一种特殊的伦理考量。“任何一个使用者使用脑机接口时，最重要的问题大概就是：在使用BCI获利的同时，所带来的风险是否可以接受。”^{[1]218}通常，只有当使用BCI的“益处远大于其对被试的风险”^{[2]503}时，才是一种可接受的比价关系。对于技术的发明和设计者来说，这也是他们在研发和推广新技术产品时必须具备的责任意识：“辨别所有的风险，评估风险和潜在影响的可能性，然后在设计中将其避免或减轻，并对其余的风险提出预警。”^[3]对于脑机接口来说，不同的技术路径(如侵入或非侵入)和不同的使用目

的(如治疗或增强)，都存在收益和风险的价值评估问题，且都存在进行价值权衡的复杂性问题。

一、侵入与非侵入的收益与风险

伦理学家斯皮内洛(Richard A. Spinello)在《世纪道德：信息技术的伦理方面》一书中提出了关于信息技术评价的三条原则，其中第一条为“无害原则”：人们不应该用计算机和信息技术给他人造成直接的或间接的利益上的损害，它也被称为“最低道德标准”或使用信息技术时的“强制令”^[4]。引申到任何技术的使用时，这种无害原则首先就应该是对身体的不伤害。这意味着脑机接口必须将安全风险的考量置于首位，即脑机接口最首要的风险是安全上的风险——是否会对人的健康带来伤害。因此，一些由脑机接口所衍生的技术(如深部脑刺激)虽然在治疗癫痫等疾患上有一定的疗效，但由于植入设备时的创伤可能带来种种风险，所以这项技术目前被限定在非常严格的范围内使用。

脑机接口的安全风险主要来自为采集脑信号而

收稿日期：2023-05-30

基金项目：国家社会科学基金项目“脑机接口的哲学研究”(20BZX027)。

作者简介：肖峰，男，上海大学马克思主义学院特聘教授、博士生导师(上海 200444)。

实施的神经接口技术。脑机接口要使人获得较好的收益,一个重要的因素就是要准确地读入人脑中的想法和意图,即精准地探测脑信号,采集到高质量的脑数据。采集脑信号的电极植入脑内越深,越能保持与神经元的紧密接触,就越能获得精确而丰富的脑信号,但对脑的伤害风险也越大。目前,探测和采集脑信号的方式主要有“侵入式”(有创、内置、植入)和“非侵入式”(无创、外置、非植入)两种。此外,还有介于两者之间的“半侵入”(或“部分侵入”“低侵入”)式脑机接口,它在电极植入的深度上介于两者之间,尽管要植入颅腔内,但仅位于灰质皮层外。皮层脑电图(EECoG,又译作“皮质表面电极”)就是这种半侵入式BCI的典型。另外,通过微创在脑皮层静脉中植入支架电极,通过鼻腔将电极植入特定的脑部位等^[5],这样的“介入”技术也是半侵入式方式。

这几种脑机接口在使用电极采集脑信号时具有不同效果。非侵入式采用的是头皮脑电电极阵列,它非植入地附着在头皮表面,记录大脑皮层中大范围内大集合神经元和突触的场电位,其信息的精度相对较低,但对人脑的伤害风险较低。半侵入式采用的是皮质电信号电极阵列,它通过手术定位在皮层表面,记录大脑皮层中小范围内小集合神经元和突触的场电位,其信息量相对适中,对人脑的伤害也介于侵入式和非侵入式之间。侵入式采用的是微电极阵列,它通过手术将电极植入大脑皮层内部,记录单个神经元的动作电位和高度集中的小集合神经元和突触的局部场电势,其信息的精度较高,但对人脑的伤害风险也最高^{[2]102}。这里形成了信息的收益与伤害的风险之间的正比关系。总体来说:由于非侵入式脑机接口是从大脑外头皮表层上探测和采集脑信号的,其受头皮生物电和其他外在环境因素的影响较大,加之传感器离神经元较远,脑信号穿越各层脑组织后才能传递到脑外的传感器,必然有较大的衰减,所以能提供给脑机接口处理的神经元信息较小,所探测的脑信号在准确性上也相对较低,或信号不精确,此即所谓“信噪比”较低。即使是探测血流信号的脑成像技术,如功能核磁共振技术,也因为血流变化滞后于脑电变化,使得血流信号滞后于脑电信号(如在解码猴子的运动意图的实验中,通过功能核磁获得的信息就大约滞后两秒钟),所以不能用它来即时解码人脑的运动意图,因此也无法用于需要适时操控的外周设备。而侵入式脑机接口则可以克服上述的局限,其中微电极阵列通过手术插

入大脑皮层内部,从大脑皮层内部采集和记录信号,由此获得的信息量最高,脑信号也最精确,从而将脑内意图准确地转化为行动的收益也较高。因此,真正能帮助残疾人传递准确的运动想象信息、适时控制外周设备的运动从而恢复行动能力的,主要还是寄希望于侵入式脑机接口。

侵入式脑机接口虽然有更好的性能,但它对身体伤害的风险较大,形成了较为严重的安全隐患。这些安全隐患主要包括:做植入手术时的创伤(包括机械损伤、大出血)和感染、植入物与脑外设备的连接导线引起皮下隧道感染以及导线的可能折损,植入物(包括导线)引起的疼痛感、过敏反应和身体排异,植入物在所接触的脑组织周围形成神经胶质瘢痕进而降低对脑信号探测的灵敏度,最终有可能使脑机接口失效及其他种种伤害。“这些伤害中有的是可逆的,有的是不可逆的,有的看似可逆但又有新的不可逆,如深部脑刺激所带来的伤害,看似撤出了刺激源就能消除伤害,但由其副作用所带来的伤害则往往是消除不净的。例如,对于那些必须要在皮肤或颅骨之下植入的器械,有可能造成周围组织的感染或对大脑产生急性损伤等潜在的并发症。而那些长期的植入物,也可能影响周围的神经组织进而形成神经胶质瘢痕,它会阻碍BCI的功能。对这些副作用是否可逆性还不确定,由此带来了新的担忧,当脑机接口设备被移除后,使用者的大脑还会恢复正常吗?”^[6]非侵入式脑机接口尽管几乎不存在这些伤害,从而几乎没有安全方面的风险,但它的收效又不及侵入式脑机接口。

从总体上说,在技术水平有限的当下,信号采集的质量与脑机接口的有效性与使用者需要承担的风险成正比:要获得高收益,就需要承担高风险;要想降低风险,就只能降低收益。即使在侵入式的内部也会有这种关系:通常植入脑中的作为信号采集点的电极越多,覆盖的位置就越多,获取的有效信号就更多。但太多的电极植入所产生的组织损伤也会越大,因此似乎出现了高收益与低风险之间具有“鱼和熊掌不可兼得”的关系。此时的取舍,就涉及对其中的价值关系所进行的评价,如“侵入式BCI所带来的性能提升能为风险的提高进行辩解吗?”^{[1]218}或表述为:为了获得一定的高收益而承担更高的风险值得吗?这也被伯威尔(Sasha Burwell)归结为“脑机接口使用者的风险和受益间的平衡问题”^[6];或者说:“你能接受多大程度的侵入,和你要收集多少信息,这两者之间要权衡取舍。”^[7]

当然也要看到,在安全性上更被接受的非侵入式脑机接口也并非全无伤害和风险,如长期佩戴电极帽存在的电磁辐射的副作用,每次清洗头皮的机械摩擦或化学清洗剂带来的头皮损伤,还有因久戴电极帽后出现的头疼、发热和视觉模糊等问题^[8]。另外,由于探测脑信号的准确性不高,也可能会因为“误读”脑信号而造成器械运作上的事故,从而对使用者或他人造成伤害,尤其是操作脑控轮椅过马路、操作脑控汽车在高速路上行驶,这种对脑信号的滞后读取或误读都会带来极大的安全风险^[9]。因此,非侵入式脑机接口只是与侵入式比较时显得安全风险更小,但并非毫无风险。

脑机接口在治疗中带来安全或伤害的风险除了上述可预期的方面外,还存在难以预期的其他方面的风险,这就是还未研究透彻的由植入物可能带来的种种副作用。这种副作用可能是生理上的伤害(如手术时的创伤),还可能是心理上、性格上的改变。就心理风险来说,施耐德(Justine Schneider)等人指出,人对机器的适应有可能导致中枢神经系统潜在的有害变化,甚至是对人的身心完整性带来风险,所以不能排除脑机信号的强化会导致使用者的心理状态和行为受到不利影响的一般风险^[10]。侵入式的脑机接口所派生的深部神经刺激在用于治疗帕金森、癫痫等病患中,甚至出现了副作用大于收益的情况。如一位帕金森病患者杰瑞(男性,65岁),在使用俗称“大脑起搏器”的深部电刺激治疗后,有效地缓解了僵硬和震颤的症状,但随即出现了异于先前的一些不正常行为和人格特征:变得精力上过于旺盛,出现了先前没有的过度亢奋的性需求,导致频繁招妓,后来还因为与未成年人发生性关系而受到指控,最终致使家庭破裂。经医生诊断,他的性欲亢进是因为深部脑刺激导致的,因此医生关闭了他脑中的刺激装置。他的性欲亢奋虽然因此得到了消除,但僵硬和震颤又重新回到杰瑞身上,他陷入卧床不起的状况,需要子女的照顾才能生活^[11]。近来发现,使用脑机接口的类似治疗还可能引起其他种种问题,如肥胖和代谢紊乱,甚至还会带来人格认同上的问题,一些患者在治疗后对自己产生了疏离或陌生的感觉,有的甚至变得不再喜欢自己,或对先前的生活目标不再认可^[12]。这种对于自我认同的改变还具有更令人担忧的不可逆性,它使得人之为人、我之为我的人文价值在深层上受到了某种冲击。

目前,脑机接口的研发机构正在致力于减少风险、提升性能的技术努力。尤其值得一提的是,近期

(2023年5月25日),马斯克的脑机接口公司Neuralink宣称获得了美国食品和药物管理局(FDA)的批准,可以将其侵入式的脑机接口从动物实验过渡到人体临床试验。这一进展的意义重大。

因为,在目前的三种侵入式路径中,第一种是采用硅基硬质电极的尤他阵列植入技术,它是将上面有96根钢针作为电极的金属片通过开颅手术置于大脑内部,这个电极阵列可以记录96个神经元的通道,目前在全球范围内实施侵入式脑机接口的数十人都采用的是这一技术,这一技术路径的创伤和风险显然较大。

第二种是前面提到的正在研发中的具有“半侵入”性质的血管介入式的支架电极技术,它虽然创伤小,但由于只有十几个通道,所以只能采集十分有限的脑信号,只能用来实现非常简单初级的任务,或者说它的技术性能或信息收益不高。

第三种是马斯克的Neuralink所采用的“柔性电极系统”,它采用俗称为“缝纫机”的设备将极细的电极线(为头发丝的四分之一)植入脑中,由其建立的通道数目前可以达到1024个,远多于前两种技术,以后还可以达到上万、上十万乃至上百万个通道的水平,并且是在尽可能减小创伤的情况下直接与大脑皮层接触。由此一来,就可以在低于其他技术路径的风险前提下取得远高于它们的收益,所以这一技术获批在人体上进行试验,被称为具有里程碑意义的事件。

这一事件标志着,以前Neuralink关于人体实验的申请未获FDA批准的安全隐患(如微小导线植入物可能移位或损坏,从而损害脑组织;如果设备需要移除,未能提供明确的移除方案等)已有了初步的解决方案。这一事件还标志着,一支更强大的团队,将以更先进的装备(如他们不仅有高效的“缝纫机”植入设备,还开发了能做脑机接口手术的机器人),采用更优越的技术路径去攻克脑机接口技术发展的难关,并将用更安全的方式实现用更多的微型电极与神经元活动直接互动,从而捕捉更细微的信号。一旦取得突破性进展,将对侵入式脑机接口技术的成熟和推广起到重要的作用,整个过程因损伤水平的降低而可以使安全系数大大提高,且有效性还会显著增强,从而对公众接受这一技术具有更强的说服力,并为脑机接口的大规模人体应用,甚至走向增强性的应用,开辟道路。

无论如何,脑机接口(以及其他技术物)即使作为治疗手段,但若要植入脑中,就是在脑中嵌入异

物,而任何异物并入生命体中都会产生意想不到的副作用,可能带来显见的或潜在的风险,所以对其进行事先的价值权衡或风险评估十分重要。

二、治疗和增强中的收益与风险

根据用途或开发使用的主要目的的不同,脑机接口可区分为治疗型和增强型两种基本类型。治疗型脑机接口是用于疾病治疗的,目前的对象主要是基于神经系统的伤病而失去行动能力和交流能力的患者,如因高颈脊髓损伤或其他神经损伤导致的瘫痪病人,还有因肌萎缩侧索硬化症、脑干中风而导致的行动或沟通障碍的患者。除了能给残障人士带来福音外,脑机接口也可以为正常人所用,此时它的功能主要用来增强人的体能或智能,这就是不同于治疗型的增强型脑机接口。

脑机接口的风险无论在治疗中还是在增强中都存在。脑机接口的先驱沃尔帕(Jonathan R. Wolpaw)对脑机接口用于治疗的风险进行了较为全面的概括:残疾人使用的BCI可能涉及的风险是多种多样的,包括身体的风险、心理的风险、不适当输出的风险、侵犯隐私的风险、大脑活动模式和功能改变的风险、未经审查行为的风险等^{[2]494-499}。伯威尔等人还指出了非医疗方面的安全和风险问题,如为使用BCI而进行训练(这种训练有时候是激烈的)和认知集中也可能会对BCI用户造成严重危害:为了能够使BCI有效地控制运动假肢,需要有比一般人更多的认知计划和注意力,而这方面的训练如果不理想,就会使训练者感到沮丧;再就是设备故障可能会使用户处于特别困难的情况下,这种故障如果发生在BCI轮椅用户穿越街道时甚至可能会造成致命的后果^[6]。此外,还有无意激活BCI装置的风险:小则造成不方便或令人恼怒,大则使用户或他人处于危险之中(如轮椅滚下楼梯或撞到他人)。总之,脑机接口的使用有可能造成被治疗的患者从生理到心理的非预期改变,形成种种有形的和无形的风险。

脑机接口在带给人类收益时不仅会同时引入上述的安全风险,从更广阔的视野看,它还可能带来文化风险、道德风险和政治风险等。

关于文化风险,这里主要是指对人作为一个类的存在可能带来的风险,如“塑脑风险”。伯威尔等人认为,因人脑的可塑性,BCI植入有可能诱发使用者脑部的变化,由此使其性格发生变化,从而改变其

个人的心理特征甚至身份认同,使得他们感觉自己不再是“自己”。他们还担心如果处于发育阶段的青少年甚至成年人长期使用脑机接口装置,其脑结构和脑组织有可能发生不可逆的改变,而这种改变是积极还是消极,目前难以预期^[6]。显然,如果是消极的负面的改变,就意味着人脑的退化,人的生存能力和境遇就会变得更糟,此时我们犹如“把我们的子孙当作我们技术行为风险的抵押品”^[13]。脑机接口用于对大脑的改变也就是对大脑的“修饰”,这可能类似于修饰基因的风险,尤其是在脑机接口用于增强的追求中更包含着这种风险。

我们知道,脑机接口用于增强的一个重要方面是认知增强,也称为神经增强,还可称其为“脑增强”。目前人类在动物身上已实施了多种技术路线的脑增强实验,如基因工程和智能药物;再就是脑机接口,如通过刺激动物脑的特定部位,来提高其信息处理的速度,从而提升其与环境互动的敏捷度,这也意味着提高了动物的潜在智力。

在动物脑上进行的增强实验是为对人脑的增强所进行的探索。其实,对人脑的技术性增强存在多种实现方式:一种是在脑内进行技术化增强,如脑内通过脑机融合来增强人脑的功能,这主要是通过效能优良的植入式脑机接口来实现,由此形成的“脑机智能”或“融合智能”将是比单独的人脑或单独的电脑都更强的智能。另一种是在人脑之外进行的技术化增强,即通过像书本、手机、网络之类的“外脑”来实现这一目的,这也是第二代认知科学所主张的“延展认知”所赋能的脑增强,可以说从“脑联网”(互联网)到“脑—云结合”再到“全球脑”,就是通过网络延展的方式来增强人脑。基于脑机接口的脑增强,主要还是第一种方式即脑内的技术化增强。

和其他增强技术一样,脑增强技术既不是出于治疗的需要,也没有治疗上的收益,而且往往要通过有创的植人才可能取得增强的效果,所以在收益与风险的性价比上通常远小于治疗的效果。一旦成功,脑增强的收益将会较大。因为受试者一旦获得了体能或智能的增强,就会形成多方面的收益;而一旦失败,则有可能造成受试者脑部的重大创伤,这也是技术的使用中“收益越大风险就越大”的一般关系的体现。但如果因风险较大而完全禁止脑增强技术,就有可能使人脑的智力从此再难获得实质性的提升。目前我们主要靠人文手段来开发人脑的潜能,这也是千百年来我们一直使用的手段,但这一手段似乎并未使人脑获得质的提升,所以还有待借助

技术手段(即脑增强技术)形成可能的突破。当然,一旦使用这样的技术,就会面临不可预期的风险,就是:“如果有些人通过增强大脑来提高他们的能力,那些不改变的人难道不会处于劣势吗?他们可能无法在教育、工作甚至在鸡尾酒会上竞争。”^[14]这就在既有的“贫富鸿沟”“数字鸿沟”等基础上又增加了“脑际鸿沟”。进一步说,脑机接口如果能使全人类都得到增强,形成人类的整体性提升,这种“类增强”无疑也是一种最大的人类性收益,但同时也将蕴含最大的风险(如改变人类进化的方向),而且一旦增强的技术系统出现问题,就会带来人类整体性的伤害。这种文化风险也可称之为医学和安全风险之外的“存在论风险”,即人失去了自身性的标准。与此相关的还有“认识论风险”,就是在脑增强和认知增强中使人的认识能力发生反向退化,正如我们使用的许多智能工具反而使我们的智能发生了退化一样。

关于道德风险,这方面通常会涉及隐私风险。在利用脑机接口的读脑功能时可以被不同程度地用来为谋利而获取他人的隐私,如商家在读取到顾客的消费偏好的隐私信息后,可以更有针对性地进行商品营销,提高自己的经济收益^[15]。如果脑信息被黑客收集和利用,则会使信息安全、财产安全甚至生命安全都因此而受到影响、威胁。

关于政治风险,主要表现为由脑到机的读脑和由机到脑的控脑都可能被政治地利用,造成一部分人对另一部分人的更隐秘也是更彻底的控制,形成基于脑机接口的新异化。在伯威尔等人看来,一旦出于控制他人的目的使用脑机接口的增强功能时,还可能使人的心灵和意志成为可操控的对象,形成新的也是更深度异化的风险。鉴于种种已预见的和未预见的危害和副作用,许多人毫不犹豫地将其描述为一种内嵌风险的技术^[6]。研究发现,通过刺激植入大脑的电极,可以通过遥控来控制大脑。如果用户的BCI在自己不知情的情况下被侵入,就有可能被侵入者发送命令,用其来改变用户的情绪、判断和所做的决定等。可以想象,改变情绪的非侵入性脑机接口在将来的某个时候是可行的,从而增加了黑客利用BCI使用者的潜意识来影响和控制他们的风险。此时,一个人的行为不受自己控制而受他人(掌握脑机接口技术的人)控制,这种技术达到一定程度后就能实现脑对脑的控制即心对心的控制,它是人对人控制的最彻底方式。一部分人可以用这种方式来随意改变另一部分人的思想甚至是政

治立场,使另一部分人完全失去自由意志,由此成为政治不平等的最牢固手段。这被齐泽克(Slavoj Zizek)称为“一种闻所未闻的极端囚禁”^[16]。这也是吉布森在20世纪80年代初就讨论过的问题:如果将人的大脑与网络连接,会不可避免地使垄断技术的少数群体以空前的方式控制大众。而脑机接口中实现这种控制的最直接方式就是向人脑的神经回路中插入信息,将控制者的意图“写入”受控对象的大脑,以便对特定脑区的活动加以影响和操纵^[8]。所以对于脑机接口是否应该向社会广泛引入的问题上存在不同意见的争论,反对者的一个重要理由就是“脑机接口能够改变人们的主体意识,或控制他们的行为和思想”^[17]。这种政治风险还表现在政治斗争的集中体现——军事对峙上,通过遥控的读脑手段,可以提前预测对方的作战意图和计划,形成优势的打击能力。而更普遍的可能性是,这一技术如果用于开发脑机接口武器,就“可能会给个人或整个社会带来可能的危害或不利”^[18]。

对脑机接口进行风险分析,也反映了技术哲学中从泰勒律令到邦格律令的进化:前者要求技术的研发者将凡是能够想到的发明都把它制造出来;而后者则要求应该只设计和帮助完成不会危害公众幸福的工程,应该警告公众反对任何不能满足这些条件的工程。当某种脑机接口的风险过大而可能危害社会和人类时,就需要加以坚决的制止。

三、有区别地对待和权衡风险与收益之间的复杂性

脑机接口无论采用侵入式还是非侵入式,无论应用于治疗还是增强,都会给人带来种种风险。当然,不同的脑机接口技术造成的风险会有所不同,带来的收益也会有所不同。可以说,任何新技术的采用都要面临收益与风险之间的权衡,如果无法确定孰轻孰重,使得我们常常陷入既迫切需要它,又极度不信任它的价值困境中,那么,只有通过合理的权衡才能走出这种困境。

从总体上看,无论是治疗使患者获得康复,还是增强使健康人感受更多幸福,都是积极的收益,即避免痛苦与增加幸福的收益。所以,“大多数人认为,脑机接口收益明显大于风险”^[19],或者认为:“随着BCI的发展,其潜在的好处可能胜过了风险。”^[20]而且,这种收益是面向所有人的:“该技术[BCI]最终可能为几乎每个人提供一种远距离移动物体的方

法,通过对机械设备的认知控制。那时,脑机接口可能不再被看作是为残疾人提供的辅助技术,而像是可以惠及所有用户的互联网之类的工具。”^[21]这可以说是对脑机接口的总体价值评估。

与这种总体评估相呼应的就是权衡风险与收益的总体原则,即安全第一的原则。彼彻姆(Tom Beauchamp)与查德里斯(James Childress)的著作《生物医学伦理学原理》中提出的医学伦理学的四项原则中,就有对于效益与风险权衡的总体原则,就是要考虑到治疗收益与风险和成本之间的平衡。他们认为,医疗专业人员应该采取使患者受益的方式行事,而不应伤害患者,且要尽量避免造成伤害的原因;所有治疗都涉及一些危害,即使危害很小,但危害不应与治疗的益处成比例^[22]。也就是说,安全是所有需要考虑的因素中最重要的因素,安全风险需要置于首要被关注的风险。在某种高性能脑机接口的安全风险没有可靠的解决方法和控制机制之前,其研发尤其是使用无疑会受到限制。前面提到的马斯克的Neuralink公司所研发的植入式BCI设备从动物实验过渡到人脑植入,首先就必须进行包括安全性在内的伦理审查,如果通不过审查就不能继续进行。

在安全第一的前提下,需要看到并应该正确对待的就是“代价”问题,即没有无代价的收益,代价是获取收益所必要的付出。脑机接口的收益与风险并存,这也是任何技术现象的普遍特征。技术的开发和使用不可能只有收益没有风险,如果发明和使用新技术因为有风险就不再去研发,人类社会的发展就会因此而终结。风险就是代价。脑机接口在用于治疗的过程中有可能因植入而造成伤害,从而为此付出代价;即使非侵入的脑机接口,如前所述,也需要在使用时付出一定的健康方面的代价。我们需要尽可能安全的脑机接口,但同时也要看到,不可能存在绝对没有任何代价的脑机接口。

对研发和使用新技术的代价还存在两种不同的极端化的态度:一种是技术自由主义;另一种是技术保守主义。前者无视技术的代价,认为不能为技术的研发设置任何禁区;后者将道德置于“绝对命令”的地位,任何需要付出伦理代价的技术活动都应禁止^[23]。在今天,绝对的技术自由主义和技术保守主义所坚持的极端立场似乎少有人主张,人们大多倾向于通过对风险代价与收益之间的权衡来进行具体的选择。例如,可以从量上比较,当某项技术的收益大于代价时就对其持肯定态度,反之持否定态度。

通俗地说就是进行“利大于弊”还是“弊大于利”的判断,这样的判断往往可以根据直觉或常识来进行。

进一步分析脑机接口中的收益与代价,我们还需要区分“必要的代价”与“不必要的代价”;还可以根据付出代价后的收益回报区分出“有效代价”与“无效代价”、“低效代价”与“高效代价”等。在面临脑机接口在收益与风险上的“双重性”时,我们需要的是尽可能权衡两者的关系,在尽可能降低风险的前提下争取更大的收益,使付出的代价是有效的代价。具体来说,就是将安全性、可靠性以及信息的准确性、丰富性和最小侵入性等尽可能结合起来加以考量。例如,当脑机接口的技术水平较低从而用于治疗的有效性较低时,就可能对某些个体(如BCI盲等)完全不起作用,即无法从中获益,此时即使不存在风险,也不具有选择使用它的根据。又如,代价之间也需要进行风险和收益的比较,如果一种正常功能的取得要以其他正常功能的失去(如前面列举的深部脑刺激医治帕金森而带来其他症状)为代价时,就需要进行具体的权衡比较。这也是希尔特(Eberhard Hildt)所主张的:“只有那些可以合理预期可观效益,且预期效益明显大于风险的使用,才能被认为是可接受的。”^[24]

当前,在脑机接口的实验和治疗性使用中,由于非侵入性脑机接口的受益大于风险,尤其是脑电图虽然在信噪比上较低,但安全性和时间分辨率较高,且便携、成本较低,因此成为应用最广泛的脑机接口,这就是一种风险最小化的选择。当然,这里也存在区别对待的原则,如在尼科莱利斯(Miguel Nicolelis)看来,安全性较高的非侵入式脑机接口适合大部分患者,而特别严重的神经系统受损患者即完全瘫痪的病人更适合采用侵入式的脑机接口技术。此外,为了提高信噪比而不增加太大的风险,前面提到的一种介于侵入式和非侵入式中间的“半侵入式”脑机接口正在得到开发,尤其是近期正在兴起的“电极支架”(微型传感器)的“介入”技术:它将采集信号的电极以支架的方式通过血管送到神经活动区域的附近加以安放,也就是通过血管导入纳米芯片,或者借用大脑已有的入口如耳、鼻、喉、口等来植入电极芯片,使其和大脑特定区域进行交互,这样无须开颅手术、不造成明显的创伤就可以实现脑内信号的采集。脑机接口中的“半侵入式”所采集到的信号,虽然在精确度上不及侵入式,但远高于非侵入式,将其用于瘫痪病人重获基本的行动功能时可以做到“基本称职”,所以被认为是较好地平衡了

收益与风险之间的关系,一定程度上舒缓了两者之间的张力。

在目前的技术水平上,以增强为目的去使用脑机接口无疑是风险大于收益,因此难以被公众接受。而用于治疗的大脑接口所包含的风险对于迫切需要者来说可以被接受,风险与收益在他们那里可以得到平衡,所以脑机接口用于治疗比用于增强要得到更多的鼓励和支持,增强比治疗要受到更多的限制。换句话说,对于脑机接口的某种增强性使用的风险评估不过关时,最谨慎的方法就是先搁置起来,进而对其风险加以透彻地研究和认识,以求减少其不可预测性和不可预知的后果,并通过动物实验加以验证,在确保其安全性问题得到满意的解决后再进行人体的试验,然后谨慎地推向实际的使用。

目前对于脑机接口用于增强的研究是否应该彻底禁止还存在着争论。一种意见认为,脑机接口如果是神经工程的一部分的话,其最大的风险就是它和基因增强一样,存在着“可能失去使我们成为人类的东西的风险”,即形成“破坏人类物种特征的后果”,所以在这些领域中“没有或者应该没有冒险的余地”,需要通过禁止来使人类“避免遭受不可逆转的后果”^[25]。生物保守主义者更是在对“技术进步主义”和“后人本主义”的批评中提出了一系列反增强的论据,如认为增强将破坏人的尊严,增强技术将使人类毁灭变得更容易,所以不能追求这种技术^[26]。不同的意见认为:“存在认知增强的潜在风险的事实并不一定意味着应该将其禁止。很多风险很高的活动,例如极限运动和整容手术,仍然有国家鼓励并有众多人群追逐。关键问题在于,当个人进行风险—收益分析并决定采取行动时,当前的行为决策是否是自主的,并且未来是否能够维持理性的自由意志状态。”^[27]

其实,脑机接口在应用于人类整体的增强之前,必然有一个个体的选择过程,从而会在越来越多的个体身上显示出风险与效益比价的统计学效应,然后给后续选择者提供利弊权衡时的理性参考。同时,出于对个人自主权的尊重,一些敢于冒险的试探者或许也不应该受到完全的限制,尤其是当其有强烈的“敢为天下先”的意愿时。在年轻人中,一些人为了个子更高、容貌更美而选择风险极大的增高、整容手术,此时他们对收益与风险的价值权衡是基于人生特殊阶段的特殊需求而决定的,以至于他们无论冒多大风险都要追求自己在眼下阶段被视为最重要的价值目标,这是价值权衡的个体性或特殊性,表

明此时不存在一个可用来统一计算的价值平衡公式,而必须是多种因素综合考量后的自主选择。残疾人面对脑机接口既可能改善自己的不幸境况,也可能带来无法预期的风险时,也是根据其残疾程度、对恢复正常功能的迫切程度以及对风险的承受力、对脑机接口技术的了解和相信程度等因素进行综合判定的结果。所以,如果自主地选择了增强的冒险,这种冒险也不危害他人,且技术也有了一定程度的可靠性时,就不应禁止他们的选择,这种选择多少有点类似于新药物或新疗法在初期实验中需要招募接受试验的志愿者的机制。

这是一种理性地看待收益的态度,需要避免过度悲观(对脑机接口的过分恐慌)或过分乐观(对脑机接口的盲目自信)的两极化态度。目前,脑机接口的收益还远不尽如人意,作为一种新技术,它还处于起步阶段,技术的不成熟使其理论上具有的有益性还远未展现出来。但对那些不使用它就没有别的替代治疗手段的人即那些严重的残疾患者而言,看待收益的眼光不同于他人的。他们对高风险具有更高的接受度,因为脑机接口带有风险的治疗可能是他们得以救治的唯一机会。此时需要在知情同意的原则下,允许其进行具有一定风险性的治疗选择,这既有利于技术的发展,也有利于那些处于疾患绝境中的人获得医治甚至恢复正常功能的可能性。这也表明,脑机接口和任何新开发的技术一样,具有因人而异的风险可接受性,不同主体对脑机接口所进行的利弊权衡是不同的,需要具体情况具体对待。

此外,鉴于脑机接口风险与收益价值评估的复杂性,鉴于“科学界还没有建立一个合理预期脑机接口确切效益的体系”^[28],我们在这方面还有许多事情要做。例如,我们需要提高风险的预期能力,尤其是借助人工智能和虚拟现实技术来帮助我们提高预测BCI技术风险的能力。尽管新技术的风险不可穷尽,但通过努力探究,总会有越来越多的可能风险会被纳入我们的理解和认知的视野之中,从而为有效掌控和消除越来越多的风险提供条件。我们还可以不断地进行技术上的努力,如尽量减少植入式的创伤程度,或尽量提高非植入式的敏感程度,力求在不损伤大脑的情况下接近甚至达到侵入式的信号采集效果。

就是说,通过脑机接口技术水平的不断提高,随着新的技术手段的采用以及在伦理治理上的不断完善,使用这一新技术的风险将不断降低,人类从中获得的收益也将不断增加,脑机接口也将由此成为更

能满足人的需求的更加人性化的技术。

参考文献

- [1] 拉奥.脑机接口导论[M].张莉,等译.北京:机械工业出版社,2016.
- [2] 沃尔帕.脑—机接口:原理与实践[M].伏云发,等译.北京:国防工业出版社,2017.
- [3] KEMPER B. Evil Intent and Design Responsibility[J]. *Science and Engineering Ethics*, 2004(2):303-309.
- [4] 斯皮内洛.世纪道德:信息技术的伦理方面[M].刘钢,译.北京:中央编译出版社,1999:53-54.
- [5] FRIEDRICH O, RACINE E, STEINERT S, et al. An Analysis of the Impact of Brain-Computer Interfaces on Autonomy[J]. *Neuroethics*, 2021(14):17-29.
- [6] BURWELL S, SAMPLE M. Ethical aspects of brain computer interfaces: a scoping review[J]. *BMC Medical Ethics*, 2017(1):60.
- [7] Adam Rogers. A New Way to Plug a Human Brain Into a Computer: via Veins[EB/OL].(2020-10-29)[2020-10-29].<https://www.wired.com/story/a-new-way-to-plug-a-human-brain-into-a-computer-via-veins/>.
- [8] DREW L. Agency and the algorithm[J]. *Nature*, 2019(25):19-21.
- [9] TAMBURRINI G. Brain to computer communication: ethical perspectives on interaction models[J]. *Neuroethics*, 2009(3):137-149.
- [10] SCHNEIDER J, FINS J, WOLPAW J. Ethical issues in BCI research[C]. in WOLPAW J.R. et al (eds.), *Brain-computer interfaces: Principles and practice*. Oxford: Oxford University Press, 2012:373-383.
- [11] Australia Brain Initiative. Deep Brain Stimulation[EB/OL].(2017-10-17)[2017-10-17].<https://globalneuroethicssummit.com/gns-2017/booklet/>.
- [12] TANDON N. Neurosurgery at an Earlier Stage of Parkinson Disease: A Randomized Controlled Trial[J]. *Neurology*, 2007(4):267-271.
- [13] 米切姆.技术哲学概论[M].殷登祥,等译.天津:天津科学技术出版社,1999:65.
- [14] LEVY S. Why You Will One Day Have a Chip in Your Brain[EB/OL].(2017-07-05)[2017-07-05].<https://www.wired.com/story/why-you-will-one-day-have-a-chip-in-your-brain/>.
- [15] JEBARI K. Brain Machine Interface and Human Enhancement—An Ethical Review[J]. *Neuroethics*, 2013(3):617-625.
- [16] 齐泽克.幻想的瘟疫[M].胡雨谭,叶肖,译.南京:江苏人民出版社,2006:193.
- [17] DASGUPTA I, SCHOU A, KLEIN E, et al. Brain Computer Interfaces and Agency[J]. *The Neuroethics Blog*, Retrieved on January 27, 2021. from <http://www.theneuroethicsblog.com/2019/12/brain-computer-interfaces-and-agency.html>.
- [18] SAVULICH G, PIERCY T, BRUHL A, et al. Focusing the neuroscience and societal implications of cognitive enhancers[J]. *Clinical pharmacology & therapeutics*, 2017(2):170-172.
- [19] NIJBOER F, CLAUSEN J, ALLISEN B, et al. The Asilomar survey: stakeholders' opinions on ethical issues related to brain-computer interfacing[J]. *Neuroethics*, 2013(3):541-78.
- [20] Specker L S. Judy Illes. Ethics in published brain—computer interface research[J]. *Journal of Neural Engineering*, 2017(1):1-19.
- [21] AAS S. and WASSERMAN D. Brain-computer interfaces and disability: extending embodiment, reducing stigma? [J]. *Journal of medical ethics*, 2016(1):1-4.
- [22] KADIRCAN H, KESKINBORA K. Ethical considerations on novel neuronal interfaces[J]. *Neurol Sci*, 2018(4):607-613.
- [23] 肖峰.伦理代价:科技自由主义与保守主义之间的张力[J]. *武汉科技大学学报*, 2007(2):119-124.
- [24] HILDT E. Electrodes in the brain: Some anthropological and ethical aspects of deep brain stimulation[J]. *International Review of Information Ethics*, 2006(9):33-39.
- [25] DEMETRIADES A, DEMETRIADES C, WATTS C, et al. Brain-machine interface: The challenge of neuroethics[J]. *The Surgeon*, 2010(5):267-269.
- [26] CARTER J A. Intellectual autonomy, epistemic dependence and cognitive enhancement[J]. *Synthese*, 2020(7):2937-2961.
- [27] 郭华,田雯,刘星.脑—机接口对个人自主的挑战与哲学反思[J]. *中南大学学报*, 2020(4):190-198.
- [28] HASELAGER P, VELK R, HILL J, et al. A note on ethical aspects of BCI[J]. *Neural Networks*, 2009(9):1352-1357.

The Value Balance of Brain-Computer Interface: Between Risks and Benefits

Xiao Feng

Abstract: As an emerging cutting-edge technology, brain computer interface (BCI) can bring huge benefits to humans, as well as various visible and potential risks. There is a proportional relationship between the greater the benefits and the greater the risks. Therefore, it is necessary to conduct a comprehensive value balance or evaluation of the two, and use BCI reasonably in accordance with the ethical principle of benefits outweighing risks. Whether adopting implantation or non implantation technological paths, or choosing treatment or enhancement purposes, there is some complexity in balancing the cost-effectiveness relationship between the benefits and risks of using BCIs. It is necessary to treat different situations differently, especially when considering the issue of “cost” rationally and dialectically. Through continuous technological innovation and effective ethical governance, the ratio of benefits to risks of BCIs will increasingly meet human's needs.

Key words: brain computer interface; revenue; risk; value balancing

责任编辑:思 齐