

主编:赵路 编辑:冯丽妃 校对:傅克伟
E-mail:zhao@stimes.cn

“钢铁侠”的竞技 半机械人“奥运会”推动助残技术创新

Vance Bergeron 曾是一位业余自行车手,每年骑行 7000 公里。但 2013 年 2 月,这位 50 岁的化学工程师在骑车去法国里昂高等师范学校上班的途中遭遇车祸,他被弹到空中,落地时头部遭到撞击并扭伤了脖子。醒来时,他发现双腿再也无法移动,手臂也不再灵活。

卧床数月进行各种康复治疗后,Bergeron 开始寻找能重新骑车的方法。他开始学习神经科学,主要研究将人变为“半机械人”的机器假肢。他了解到,有些假肢通过一种功能性电刺激(FES)技术给萎缩或残存的肢体传输信号,能帮助肌肉收缩并修复某些功能。

在可以使用轮椅后,Bergeron 立即返回实验室,将该创意付诸实践,并将研究重点变成了神经科学。他把自己当成实验室的小豚鼠,与团队一起研究如何刺激腿部神经,才能让腿部肌肉弯曲并踩动自行车。“我成为了自己的研究项目,一举两得。”他说。

Bergeron 定期参加增肌训练,但他受人工刺激的双腿功率最多只能达到 20 瓦,为普通自行车手(150~200 瓦)的 1/10。为了提高假肢性能,他和团队正尝试在碳纤维横卧三轮车中放入 FES 控制器和电极。10 月 8 日,他将带着这个发明前往瑞士苏黎世,与 Cybathlon 的其他 FES 自行车手一决高下。Cybathlon 是瑞士国家竞赛研究中心主办的“神经机械假肢奥运会”。

机器学习

这项比赛耗资 500 万欧元,来自全世界 25 个国家的约 80 个研究小组都在为此次盛事厉兵秣马。他们既有小型团队,也有世界最大的先进假肢制造商,约 300 位科学家、工程师、技术支持员工及参赛人员参与其中。参赛人员都是残障人士,每人将从 6 项比赛中选择一项,挑战自己处理日常生活杂务的能力。在假肢使用者比赛中,第一个完成做饭、挂衣服等任务的“半机械人”将取得冠军。而在电动轮椅比赛中,参赛者将比拼在应对碰撞和台阶等日常障碍物的能力。

比赛场地将用电视摄像机拍摄赛况,每个团队要有自己的运动衣,使 Cybathlon 和残奥会一样充满运动氛围。但两者的不同在于,残奥会追求的是人类自己的表现:运动员必须使用市场上可买到的设备,只运用本身的肌肉力量。但 Cybathlon 则追求科技和创新,参赛者将使用有动力装置,而且多是刚从实验室研发的假肢,他们更多的是驾驶员而不是运动员。Cybathlon 的目标是,让参赛设备有益于技术的发展,并最终让全世界有需要的人使用。

Cybathlon 的发起者、苏黎世联邦理工学院生物医学工程师 Robert Riener 说,Cybathlon 比拼的日常任务远非看起来那么容易。“我认为人们被互联网和好莱坞电影宠坏了。”他说,“我们想告诉他们,世界上还有很多挑战。”

Riener 提到,Cybathlon 的起源可以追溯到一项慈善活动的新闻报道:2012 年 11 月,在一场车祸中失去了一条腿的 Zac Vawter,使用实验性的、机械化假腿以仅仅 45 分钟就爬上了芝加哥 103 层的威利斯大厦。

这个壮举震撼了媒体和 Riener。但这也让 Riener 受挫:Vawter 的设备和 Riener 实验室的类似令人震撼的假体以及来自全世界的类似设备,都没有用到需要它们的人身上。他认为,“我们在做伟大的工作,但没能很好地销售这些设

如果你的爱车能量耗尽,你可能会呼叫道路救援或是好心的旁观者帮助。当受损的神经元“能量”即将耗尽时,一项新研究发现,生成能量的线粒体会呼叫一种不同的脑细胞——星形胶质细胞进行帮助。这些细胞可通过向濒危的神经元捐助额外的线粒体作出应答。尽管这项发现尚处于初步阶段,但科学家表示,它可能是帮助中风或其他脑损伤患者实现恢复的新途径。

“这是一项非常有趣的重要研究,因为它描述了一种星形胶质细胞保护神经元的新机制。”以色列特拉维夫市拉宾神经生物学研究所神经生物学家、未参与此项研究的 Reuven Stein 说。

为了保证大脑进行能量高度集中的信息传输工作,神经元需要大量线粒体——生成确保细胞活性及运输能力的分子燃料三磷酸腺苷的“发电厂”。神经元中的线粒体必须经常置换,即通过一种叫作裂变的方式进行自我复制,其细胞器最初来自于细胞内部捕获的与其存在共生关系的微生物。但如果线粒体受损或是不能维持一个细胞的需求,那么能量供应就会耗尽,导致细胞死亡。

2014 年,科学家发表了首个关于细胞能够在大脑中传输线粒体的证据,但其似乎更类似于丢弃“垃圾”。当神经元排除受损的线粒体时,星形胶质细胞会吞噬它们使其分解。美国查尔斯顿麻省总医院神经学家 Eng Lo 和 Kazuhide Hayakawa 希望了解这种传输机制是否可通过其他渠道进行,即星形胶质细胞向处于崩溃边缘的神经元捐助仍在运行的线粒体。其他团队的研究也支撑这一观点,例如 2012 年一项研究发现,来自骨髓的干细胞能够向严重受损的肺部细胞提供线粒体。

为了解这种捐助是否在大脑内发生,Lo、Hayakawa 与中国北京的研究者合作,验证星形胶质细胞是否能够通过诱导成为驱逐性的健康线粒体。Lo 说,此前的研究表明,星形胶质细胞可利用一种叫作 CD38 的酶获悉神经元的“求救”信号。这种酶是机体对受伤或损伤作出的应答,也是由星形胶质细胞产生的。当 Lo 和同事通过基因编辑的小鼠生产过量的 CD38 后,来自这些啮齿类动物的星形胶质细胞能够排除大

量静止不动的线粒体粒子。研究人员随后将富含线粒体的液体放入另一个含有濒临死亡的小鼠神经元的培养皿中,发现这些细胞能够在 24 小时内吸收线粒体。这些重新“充电”后的神经元还会长出新的分支,生命周期更长,并且比没有接受替换“电池”的细胞拥有更高水平的三磷酸腺苷,表明星形胶质细胞的线粒体是有益的。

接下来,该团队需要了解同样的现象是否存在于活体动物体内。为此,他们使活体小鼠产



参赛选手 Matt Standridge 使用帮助瘫痪者行走的外骨骼。图片来源:Eric Kayne

备。”所以,为何不通过在研究修复疗法的团体中开展竞赛吸引人们对科技的注意呢?

Riener 的实验室团队对设计这样的比赛项目感到兴奋。不久,消息就传给了全世界的同事。他还意识到,对于使用义肢的人来说,解决日常生活中的挑战是更加重要、更具实际意义的。所以,他确定 Cybathlon 比赛绝不应该像奥林匹克运动会一样。

大脑的力量

显然,脑—机接口(BCI)竞赛是最奇怪的。15 名运动员穿戴着设备坐上 4 分钟,比赛现场的大屏幕上播放着他们大脑里出现的内容。每名运动员都将利用大脑活动的特定模式尝试引导屏幕上的字符通过障碍物,一个电极帽转能将脑电波换成 3 个命令:加速、跳过障碍或翻滚过激光束。

基本上,这些模式可以是任何东西。例如,在英国科尔切斯特的埃塞克斯大学,博士后 Ana Matran-Fernandez 带着一群在读和已毕业的学生设计出一个算法,能将这 3 个动作与运动员的想法或者其手脚联系在一起,或者通过一个数学方程与执行的任务联系在一起。

这个电子信号很弱,而且每个都不同,所以可能很难在各种命令中被区分开来,尤其当一名运动员因为比赛中的欢呼和肾上腺素飙升而分心时。瑞士联邦理工学院神经科学家 José del R. Millán 说,持续专注任务非常消耗精力。他的团队正在研究如何预测思维模式,使这种联系更自然,同时让运动员放松。

BCI 可能不再会用于真实的跳跃和跑步中,因为探测肌肉中的电子活动非常简单。但如果这类设备的制作成本降低且够精确的话,它们或有助于残障人士引导轮椅、光标,甚至是带有 Skype 功能的机器人,让他们参与到比赛中。“事实上,你能在实验室里开发这个技术然后将它做出来。如果确实有用,就意味着这个技术是有前景的。”Matran-Fernandez 说。



参赛选手 Matt Standridge 使用帮助瘫痪者行走的外骨骼。图片来源:Eric Kayne

其他 Cybathlon 赛事将利用更传统的设备。在假肢竞赛中,选手必须跨越诸如楼梯、散落的石头、倾斜的路面和门等障碍物,更不用说坐在轮椅上和站起来这种基本的动作了。几名参赛选手将戴上最先进的人工膝盖和脚踝,它们能探测到运动员行走时的力量进行加速,而且当运动员快要跌倒时,能修正他们的动作。

但与整个身体自然的动作相比,即便最先进的人体设备也会相形见绌。当一个人用手臂捡起一支笔时,他们的大脑和外周神经系统会协调出手与笔的距离,知道如何把每个手指的关节弯曲成一个精确的形状,知道抓起这支笔的难度——所有的这些都是无意识的。但标准的可移动假肢则需要使用者有意识地去做一些事情。这样很费劲,这也是截肢者为什么不愿戴这些假肢的一个原因。

为了尽可能实现无意识效果,研究者不得不创建能解码肌肉和神经信号的算法,并预测出穿戴设备的用户想要做什么。在加拿大本拿比,一个名为 MASS 的 Cybathlon 团队正与残障运动员 Danny Letain 合作。这个团队已经做出了一个手臂假肢接在 Letain 的残肢上,上面有一个平面按钮板。

Letain 利用对一只手的记忆,想象做出 11 种姿势中的一种,比如用手指指向某处。残肢上的肌肉会按压这些按钮,并告诉假手去做动作。Letain 很高兴地发现,曾经控制手指的大脑回路仍能执行命令。“我正在用一个我已经 35 年没用过的东西。”他说。

有些手臂甚至更先进。瑞士哥德堡查尔摩斯工学院生物医学工程师 Max Ortiz Catalan 团队开发了一种双向假体手臂,可以在运动时产生感觉。这个手臂是永久植人在佩戴者骨骼中的,使用 9 个电极接收残肢肌肉发送至该假肢的电机指令,并将手指传感器中的信号传回手臂的感知神经元。Magnus Niska 是世界上唯一在实验室外穿戴过这种假肢的人。Ortiz Catalan 希望,感知物体能力会给 Niska 带来竞争优势。



参赛选手 Matt Standridge 使用帮助瘫痪者行走的外骨骼。图片来源:Eric Kayne

关注奖励

美国凯斯西储大学生物医学工程师 Ronald Triolo 原本认为,Cybathlon 是一个愚蠢的主意。他曾认为应该想办法在这些问题上达成国际合作,而不是竞争。

但 Triolo 最终想通了: Cybathlon 至少是一个很好的学习机会。Riener 希望公开竞赛能比传统的学术研究更好地激发创造力,传统流程会受到研究者对知识产权的担心和经费竞争等阻碍。

美国哈佛大学商学院经济学家 Karim Lakhani 注意到,竞赛也会迫使研究者更快地完成工作,并且消除对可行性的顾虑,而这种顾虑就是阻碍他们开始的因素。他指出自动驾驶汽车曾一度失去了发展活力,直到 2005 年美国国防高级研究计划署举办了一场奖金为 200 万美元的竞赛。“这次比赛也会起到同样的作用。”Lakhani 表示。Cybathlon 的奖励不是金钱,只是奖牌,但获胜者所享受到的认可会起到同样的激励作用。

也许奖励带来的最大好处在于给了不知名选手一个与知名运动员——例如 Lakhani 同台竞技的机会。德国 Otto Bock 康复中心产品经理 Christof Küspert 说:“我们在 Cybathlon 上展示自己的设备,并察看其他制造商的产品。”

墨西哥一家相关公司的总经理 Jesús Tamez-Duque 希望 Cybathlon 能吸引更多合作者,并证明墨西哥也可以参与这个领域。他说:“在我们看来,Cybathlon 是一个集中了世界顶尖机器人实验室的竞赛,我们仍在努力成为竞赛中的佼佼者,这样其他人就会相信我们可以带来真正的价值。”

Cybathlon 将于 2020 年在日本东京再次举办,时间恰逢东京奥运会。届时还会增加针对视觉障碍人士的新项目,并且还会在体育场外举办一些比赛。但对于参加第一届 Cybathlon 的参赛者来说,站在前沿已经很激动人心了。“这是钢铁侠,这是阿凡达,这是全世界的脑机接口(BCI)和外骨骼的结合。”Bergeron 说。(张章)

科学线人

全球科技政策新闻与分析

俄科学家为大规模失业焦虑



俄罗斯科学院面临大规模裁员问题。图片来源 :Nataliya Sadovskaya

据俄罗斯新闻网站 Gazeta.ru 在线消息,该国科学界正因为一个消息而头疼焦虑,俄罗斯政府计划在未来 3 年内解雇 1 万名研究人员。大多数被解雇的人将来自俄罗斯科学院(RAS)。

此次裁员人数代表着 RAS 当前 4.9 万名劳动力的 17%,这是对该科学院具有争议性的彻底审查工作的最新举动。在 2013 年设立的联邦科学组织机构(FASO)旨在管理 RAS 的资产及其大多数预算,但该机构最近已经在加速推进机构合并,让 RAS 精简人员、提高效率,目前数十项合并已处于计划日程之内。

科学家对这一举动表示谴责。在今年 7 月写给总统弗拉基米尔·普京的一封信公开信中,150 多名 RAS 研究人员主张,这项改革在破坏俄罗斯的科学形象,他们对其给国家造成的灾难性后果提出了警告,其中包括年轻科学人才的流失以及“官僚主义者和骗子的大量涌起”,叶卡捷琳堡 RAS 电子物理研究所物理学家 Mikhail Sadovsky 说。这封 7 月 21 日的信件由一个不满此次审查的 RAS 团体“七一俱乐部”起草,该信件认为 FASO 应该隶属于 RAS,服从其领导。

丢失工作的恐惧甚至引发了更大的惊慌。Gazeta.ru 网站获得的国内教育和科学部的文件表示,解雇是科学界为实现今年年初研究人员工资翻倍所必须付出的代价。据 RAS 科学家工会称,一些知名的 RAS 研究所,包括莫斯科列别捷夫物理研究所和普罗霍罗夫普通物理研究所已经开始裁员。尽管上述文件也承认,此次解雇将会有损于科学生产力。

尽管国内教育和科学部并未否认上述文件的真实性,但该机构表示并未计划解雇科学家。克里姆林宫的一名发言人表示,政府对科学家的忧虑“极为关心”,但这似乎是当前正在进行的改革的“积极结果”。(冯维维)

美或解除嵌合体研究禁令



美国国立卫生研究院政策或将对嵌合体(人类和动物细胞生成的动物)研究解禁。图中 4 只动物分别为小鼠、大鼠干细胞—小鼠胚胎嵌合体、小鼠干细胞—大鼠胚胎嵌合体和大鼠。

图片来源 :Nakauchi et al.

美国国立卫生研究院(NIH)8 月 4 日宣布,该机构很快有望解除对一项有争议实验的资助禁令,相关实验涉及将人类干细胞增加到动物胚胎中,产生一个部分是动物、部分是人的组织。不过,尽管这种所谓的“嵌合体”研究可能最终会允许开展,但其仍要经历另外的伦理审核。

支持相关研究的科学家欢迎这一举动,一些研究人员则尝试解读这一政策草案确切地说意味着什么。“这是朝着正确的方向迈出的一步。”加州斯坦福大学干细胞研究专家 Sean Wu 说,去年他曾作为共同作者之一致信《科学》杂志,反对这一禁令。“但是对于具体案例来说,我们仍不知道其结果会是怎样的。”他补充说。然而,一些人认为这一草案代表着原来的一些禁区已经或将可以开放进行研究。

处于争议中的是实验是科学家将人类诱导干细胞(能够培育成任何组织器官的细胞)导入早期小鼠胚胎以及其他动物体内,然后让这些动物发育。这样的实验可以用于研究人类发育、建立疾病模型以及培育用于移植的潜在人体器官。但是诸如人类—动物嵌合体的想法却引发了公众担忧,一些科学家和伦理学家担心这样的实验会产生拥有超级智慧的老鼠。

去年 9 月,因为考虑到伦理问题,NIH 突然宣布将停止资助将人类干细胞引入动物胚胎的实验。到目前为止 NIH 仍未资助类似研究,这样的禁令或会阻止未来联邦对相关研究的支持,而一些研究人员希望通过制造猪—人嵌合体或是羊—人嵌合体生成用于移植的器官。NIH 于去年 11 月曾举办了一次研究会收集相关意见反馈,而普遍的共识是这种研究极具科学价值。(晋楠)