

19 自由度仿生手复现人手级运动能力

■本报记者 王敏 通讯员 陶哲

捏针、用剪刀、拉拉链、刷手机、打字、下围棋……中国科学技术大学(以下简称中国科大)教授张世武及合作者成功研发出一套具备 19 自由度的轻质仿生灵巧手,能复现人手级别的功能。相关研究成果日前发表于《自然-通讯》。

论文通讯作者张世武介绍:“这款 19 自由度假肢灵巧手不仅能提高人形机器人的灵巧操作能力,还有望为全球上千万上肢截肢患者提供手部功能重建与日常生活辅助服务。”

自由与轻巧难以兼顾

手的灵活度是衡量人类以及人形机器人工作能力的关键指标。人手虽然重量约为人体重的 1/150,但其运动功能占全身运动功能的 54%,具有 23 自由度。

假肢灵巧手是一种模拟人手高自由度结构和灵活运动功能的康复辅助器具,能够帮助上肢截肢者完成手势表达、抓握及操作物体等任务,有效提升其生活自主性。

但是,传统假肢灵巧手通常使用功率密度较低的电机驱动,难以在自由度与重量之间达到理想的平衡状态。“患者在佩戴超过人手重量的假肢灵巧手时会感到严重不适。而且,传统假肢灵巧手的自由度比较低,通常少于 10 自由度,只能实现有限的抓握动作,远不及人手的灵活性。”张世武介绍,这些原因使得接近一半的上肢截肢患者放弃使用假肢灵巧手。

按图索技

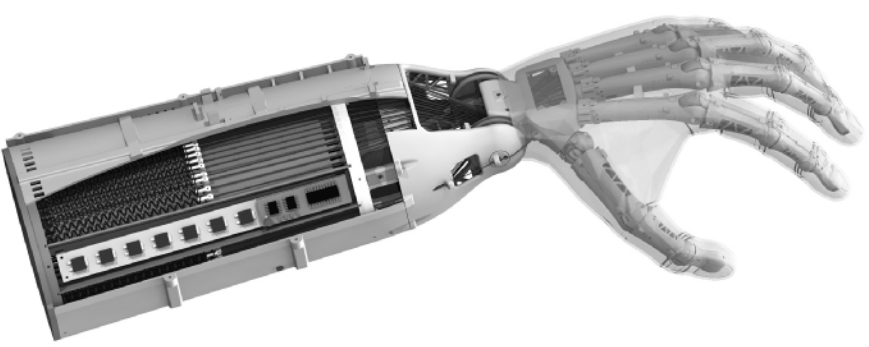
构建生产“植物黄金”的“工厂”

本报讯 记者从天津大学获悉,该校药学院副教授梅坤荣、教授高文远课题组通过“理性设计”技术,获得了高效生产稀有人参皂苷的新元件。近日,相关研究成果发表于《先进科学》。

据介绍,人参皂苷分为两类,一类是“原型人参皂苷”,它在植物中含量较高,但活性较低,人体难以吸收;另一类是“稀有人参皂苷”,它是原型人参皂苷的代谢产物,活性更高,更容易被人体吸收利用。

稀有人参皂苷作为人参、三七等传统中药材的成分之一,具有增强免疫力、抗疲劳、抗氧化等多种功效,被誉为“植物黄金”。然而,稀有人参皂苷在植物中的含量极低,通常不到 0.1%,且提取过程复杂、成本高,容易产生环境污染。

为了解决这一问题,科研团队使用合成生物学技术,构建微生物或植物细胞,将它们打造成生产稀有人参皂苷的“工厂”。研究团队前期通过基因编辑、



19 自由度假肢灵巧手。

受访者供图

因此,找到兼顾高自由度灵巧运动和舒适佩戴重量的设计方法,是假肢灵巧手领域的重要科学问题之一。

精准复现人手 33 种抓握动作

张世武多年从事仿生机器人研究。此次研究团队历时 7 年半,经过多个版本的迭代和优化,成功研发出 19 自由度假肢灵巧手,为实现灵活性和可穿戴之间的理想平衡提供了有效思路。

张世武介绍,这款灵巧手有很多优势:一是非常轻,总重 370 克,佩戴舒适,同时具备较强的抓握能力,最大负载达 2.5 千克,满足患者日常所需。二是具备语音交互能力。研究团队与科大讯飞语音识别技术结合,让灵巧手具备了简单、友好且低成本的人机交互能力,支持 60 种语言和 20 种方言,拥有 95% 的识别准确率和毫秒级的响应时间。

“传统假肢灵巧手通过采集患者皮肤表面的肌电信号识别患者的运动意图。这

种机电技术容易受患者出汗、肌肉疲劳等因素的干扰,需要反复标定。”张世武说,语音识别技术支持患者直接与灵巧手“对话”,可以将运动意图通过语音输入到灵巧手中。这种方式操作简单、普适性强,极适用于在截肢患者中普及。

在临床测试中,一名 60 岁女性上肢截肢患者仅用半天时间便熟练掌握了该假肢灵巧手的使用,成功完成了抓握、翻书、系扣等日常生活中的常见操作。

值得一提的是,该假肢灵巧手还展现了操作剪刀、使用手机以及复杂手语手势的能力,精准复现了传统的 33 种人手抓握动作。此外,为提高假肢灵巧手的灵活性,研究团队又增加了 6 种更高难度的抓握动作,比如抓握乒乓球拍、夹取棋子等。

提升性能和使用体验

论文第一作者、中国科大特任副研究员杨浩介绍,这款假肢灵巧手的核心技术在于使用了功率密度高的形状记忆合金。

“这是一种由温度诱发的智能材料。通电后,形状记忆合金将进行一个快速收缩的过程。这个过程类似于人体的肌肉,驱动灵巧手工作。形状记忆合金的功率密度高,意味着相同质量下能够比其他传统驱动器如电机产生更多的输出。”

此外,形状记忆合金质量轻、体积小,有利于集成。得益于此,研究团队设计出假肢手的结构,包括 19 自由度的手掌部分以及前臂部分。

研究团队进一步仿生设计出类肌腱传动系统,在手指及手腕内嵌入 23 组传感单元来实现关节的精确运动控制,并集成包含冷却模块的 38 组阵列式形状记忆合金驱动器,实现了假肢灵巧手的 19 主动自由度运动。

杨浩表示:“接下来,我们将进一步提升假肢灵巧手的性能和使用体验。比如,集成高性能冷却系统的新一代形状记忆合金将有效提高假肢手的运动效率;高精度触觉传感皮肤将赋予假肢手更精细的操作能力。”

目前,团队正与中国科大第一附属医院合作,希望在更多上肢截肢患者群体中开展实验,收集数据提升患者体验感。

未来,张世武憧憬假肢灵巧手能够在外观、力量、速度、灵活性上“比肩”人手,高效完成日常生活中的各种复杂手部任务,提高患者的生活质量,造福全球上千万上肢截肢患者。他还希望可以实现人形机器人的类人级别灵巧操作,帮助人形机器人走进千家万户。

相关论文信息: <https://doi.org/10.1038/s41467-025-56352-5>



人参栽培基地。

受访者供图

“我们这项研究的突破性意义在于为稀有人参皂苷的高效生产提供了新思路。”梅坤荣介绍,“未来,随着合成生物学技术的进一步发展,稀有人参皂苷的生产成本有望大幅降低,普

通人也能便捷地用上这种‘植物黄金’。”

相关论文信息: <https://doi.org/10.1002/adv.202413185>

全球首个儿童 CT 超低剂量研究启动——

降低辐射剂量,让儿童少“吃”X 线

■本报记者 张思玮

“儿童低剂量 CT 不仅是技术问题,更是国家医疗战略安全的必答题。”近日,在由先进医用材料与医疗器械全国重点实验室立项、首都医科大学附属北京儿童医院牵头的项目“儿童 CT 超低剂量临床应用解决方案”启动仪式上,中国科学院院士陆松表示,儿童是未来的希望,他们的健康应格外受到关注。

CT 是临床常用的检查手段,但儿童生长速度快,细胞分裂旺盛,X 射线会对儿童造成更严重的电离辐射损伤。如何在保证 CT 诊断的同时减少辐射剂量,是儿童影像学的重点问题之一。

“到底多少剂量能满足临床对患儿疾病诊断的需要,并建立国家标准,这就是我们课题所承担的任务。”国家儿童医学中心主任、首都医科大学附属北京儿童医院院长倪鑫认为,研究 CT 辐射对儿童健康的影响需要更多循证证据。

基于此,上述研发项目旨在构建全球首个儿童 CT 超低剂量全流程管理体系,通过辐射剂量精准控制、人工智能(AI)质控系统开发及临床路径标准化三大突破,实现儿童 CT 辐射剂量的标准化与优化,为“健康中国”战略提供关键技术支撑。

据悉,该项目在全国的执行单位共有 20 家,其中首都医科大学附属北京儿童医院、首都医科大学附属北京友谊医院、上海交通大学医学院附属新华医院等 9 家单位为子课题的牵头单位。

儿童对辐射更敏感

当前,CT 图像因具有较高的空间分

辨率、组织分辨率,已经成为临床诊疗过程中常用的影像学检查方法。

“与核磁共振成像(MRI)相比,CT 检查速度快、镇静要求低,在儿童应用中适用范围更广,使用更加普及。但临床中如何确保 CT 检查的正当性、合理性,在满足诊断要求的基础上最大限度降低辐射剂量,使医疗检查符合尽可能低剂量的原则,是所有影像工作者关心的问题。”首都医科大学附属北京儿童医院影像中心主任、该研究项目负责人彭芸告诉《中国科学报》,目前儿童低剂量 CT 的研究进展比较缓慢,并且地区间的差异非常明显,亟须规范统一低剂量 CT 扫描方案。

早在 2023 年 11 月,《自然-医学》刊发题为《儿童和青少年 CT 辐射暴露导致血液系统恶性肿瘤的风险研究》的论文,将对儿童 CT 辐射剂量的关注推到一个新高度。

该论文指出,患者每增加 100mGy 的辐射剂量,罹患血液恶性肿瘤的风险会增加 96%,每增加一次 CT 检测,患血液恶性肿瘤的总体风险将增加 43%,进而得出 CT 剂量的累积与血液恶性肿瘤的整体风险之间存在正向相关性的结论。

虽然风险增加并不等于实际发生的比例,但仍引发了公众一定程度的恐慌。

“其实,电离辐射对身体的危害程度可能远远低于吸烟、高热量饮食、熬夜、酗酒等不良生活方式。但相较于成人,儿童对辐射更为敏感,我们医务人员的确应该提高认识,合理优化检查程序、剂量和防护措施,尤其注意多次重

复检查导致相对较高的累积剂量。”彭芸表示。

去年,中华医学会儿科学分会影像学组、中华医学会放射学分会儿科学组组织相关专家撰写了《儿童 CT 检查辐射剂量标准中国专家共识》(以下简称《共识》)。这是一部适合我国儿童特点、以 CT 辐射剂量诊断参考水平(DRL)为基础的扫描指南或专家共识。

《共识》分别就儿童头颅平扫、鼻窦平扫、颞部平扫、颈部平扫、胸部平扫、腹部平扫、头颅增强、胸部增强、腹部增强的辐射剂量标准达成共识,在一定程度上规范了我国儿童 CT 检查的辐射剂量。

同时,首都医科大学附属北京儿童医院影像中心副主任医师孙记航指出,《共识》中仅仅收集了 CT 辐射剂量信息,而没有关注图像质量;患者只根据年龄进行分组,数据未包含患儿的身高、体重等信息;同时也没有考虑到不同设备的性能存在差异,以及缺少增强 CT 对比剂用量资料等。

此外,《共识》提到,辐射剂量标准与 DRL 均为动态变化的数值,应随着成像设备的发展和技术革新、操作人员放射防护意识和知识的增加,进行定期更新,特别是不能忽视设备、技术的发展对儿童剂量的影响。

剂量是“软肋”

“我们应该看到实现该项目研究目标所面临的六大难题。”彭芸解释称,一是需考虑伦理问题,方案难制定;二是图像、辐

射均缺乏标准,效果难评价;三是区县医院水平不齐,应用难开展;四是国产设备刚起步,难普及;五是儿童疾病谱异于成人,难适用;六是技术不匹配临床,临床难契合。

正如电影《哪吒 2》台词所言,“真正的英雄不是没有软肋,而是敢直面软肋”。“CT 是医学影像领域的‘英雄’,其‘软肋’在于剂量问题,我们要克服这个‘软肋’,实现最优的解决方案,为儿童的健康作出贡献。”彭芸说,力争形成全国儿童 CT 扫描剂量的标准共识,在现有基础上再降低 20% 的辐射剂量,最大程度确保患儿健康。

记者从启动仪式现场获悉,该研究项目计划用两年左右时间,逐步建立“设备参数优化→AI 剂量监控→临床路径规范”的一体化解决方案。

作为项目核心支持方,联影医疗凭借自主可控的 CT 技术链,运用第五代图像重建技术在获得低剂量高清图像的同时,更好地消除图像伪影,为儿科低剂量成像提供更好的解决方案。“我们期望通过研究项目,尽快形成应用标准与专家共识以及临床指南,不仅可以产出重大的国际性学术成果,同时,也让中国标准产生国际影响,用‘中国方案’守护全球儿童健康。”联影医疗董事长张强说。

最后,彭芸期望,通过研发具有国际领先水平的儿童超低剂量 CT 技术,构建儿童 CT 检查与评价的规范体系,并在全国加以验证推广,从而引领全国儿童医疗服务水平的全面提高与跨越式发展。

集装箱

“高比特性锂硫电池关键技术及应用”项目通过科技成果评价

■本报记者 孙丹丹

本报讯(记者孙丹丹)近日,中国科学院大连化学物理研究所研究员陈剑团队研发的具有自主知识产权的“高比特性锂硫电池关键技术及应用”项目通过了由中国轻工业联合会组织的科技成果评价。评价委员会详细审查了相关材料和查新报告,一致同意通过鉴定,并认为项目整体技术已达到国际领先水平。

陈剑团队面向国家对高比能、高比功率电池的迫切需求,聚焦锂硫电池技术突破,开发出高负载量过渡金属单原子催化剂,提升了电极高负载量下的动力性性能,研制的氟代醚复合电解液实现在-60℃的低温应用,并通过界面调

控优化了电池性能。

近年来,陈剑团队已研制出 704Wh/kg 高能型、416Wh/kg 高功率型、621Wh/kg 能量功率型电池,开发出高均匀、大面积硫正极及大容量锂硫电池的高一致性批量制备和电池成组技术,完成电池生产技术工业放大,并形成系统比能量为 460Wh/kg 的电池组批量生产能力。

截至目前,“高比特性锂硫电池关键技术及应用”项目已获得多项发明专利授权。产品已应用于无人机等多种装备,满足了新型装备安全、轻质、长航时、大功率应用的需求。

全球首例远程经口声门区肿瘤机器人手术完成

■本报记者 江庆龄

本报讯(见习记者江庆龄)近日,一场跨越 5000 公里的远程机器人手术在复旦大学附属眼耳鼻喉科医院和新疆喀什第二人民医院的合作下成功完成。

据悉,复旦大学附属眼耳鼻喉科医院头颈外科教授陶磊团队利用国产人工智能经口无创手术机器人(TORSS)进行远程合作手术,成功为一位来自喀什地区伽师县的患者切除了声带早癌病灶。这是全球首例远程经口声门区肿瘤机器人手术。

手术中,陶磊在上海操作 TORSS,喀什第二人民医院的手术机器人收到指令后进行操作,顺利完成声带病变的切除,整个手术过程出血不到 1 毫升。

这场连接帕米尔高原与东部



新疆喀什第二人民医院手术现场。复旦大学附属眼耳鼻喉科医院供图

医疗高地的“生命之约”,突破了空间与距离的限制。在人工智能大模型等技术的帮助下,手术突破了低带宽环境下的延迟控制瓶颈,通过多模态数字孪生技术,如视频、语音及力反馈等,普通网络即可支持完成远程精细手术。

AI“医生”为水库大坝做体检

■本报记者 刁雯璿

本报讯(记者刁雯璿)日前,记者从深圳大学了解到,深圳市公明供水调蓄工程管理处和深圳大学计算机学院教授黄惠团队合作研发了一套亚毫米级分辨率的大坝表观病害采集检测技术,并于近期在公明水库成功进行了应用,让人工智能(AI)“医生”为水库大坝做体检,有力提高了库区运行风险防控能力,大幅降低了现场巡查工作压力和工作量。

深圳市公明水库作为深圳最重要的饮用水源保障设施之一,承担了为深圳西部近千万人口提供干净水源的重任,其运行安全受到各方关注。

公明水库一共有 6 条大坝,总长超过 4.3 千米,迎水坡混凝土面板总面积 36 万平方米,日常需要对裂缝、渗水、蚁穴、脱落等一系列表观病害进行人工巡查,作业任务

极为繁重,效率和精准度难以兼顾,并且由于坝坡陡峭,工作人员还面临着落水、滑倒等一系列安全风险。

为了打破这一困境,公明管理处与深圳大学研究团队研发出一套以无人机智能采集技术获取坝体高清巡检数据、通过 AI 技术识别判读病害缺陷、利用空间精细精准技术还原病害空间位置的坝体表观病害检测专家系统。

目前公明水库通过应用这套系统,已经实现对坝体表面的全面高精三维建模和周期性全自动巡检数据采集,并且通过拍照采集了多达 3 万张的训练数据,实现了 96% 以上的病害检测准确度,各项技术指标全国领先。现在,巡查人员只需在办公室点鼠标,就可以完成对大坝的精细巡检和病害识别检测。

新技术为油田污染治理提供“中国方案”

■本报记者 王兆显

本报讯(记者王兆显)日前,我国多家单位联合自主研发的“甲烷及 VOCs 超焰燃烧一体化处理技术与装备”通过成果鉴定。专家组认为,该技术实现了油田废气近零排放,为全球油田污染治理提供了“中国方案”。

油田开采过程中产生的废气治理被公认为世界性难题。传统燃烧技术由于油田废气成分复杂、浓度波动剧烈且排放点分散,存在处理效率低、能耗高及二次污染等缺陷。

此次通过鉴定的超焰燃烧技术依托多孔介质红外燃烧辐射增强效果,处理率高达 99.9% 以上,排放指

标远优于国标,展现出突出的净化能力与节能优势。该技术显著提升了多孔陶瓷材料的抗热震性能,使用寿命较传统材料延长 3 倍以上;独创的一体化腔体设计使设备在极端工况下仍能保持稳定运行;智能控制系统实现多参数动态调节,燃料消耗较传统工艺降低 25% 以上。

此外,该装备采用模块化撬装设计,占地面积缩减 30% 以上,适合油田、化工厂等空间受限场景。独创的余热回用系统可将处理过程产生的热能转化为生产用热,实现“治理即生产”的循环经济模式,为石油、化工等行业绿色转型提供了重要支撑。

“兆瓦时级液态金属电池中长时储能技术”专项启动

■本报记者 朱汉斌

本报讯(记者朱汉斌)近日,国家重点研发计划“储能与智能电网技术”重点专项“兆瓦时级液态金属电池中长时储能技术”项目启动会在广州举行。

“兆瓦时级液态金属电池中长时储能技术”项目由南网储能公司牵头,联合华中科技大学、西安交通大学、河北工业大学、贵州电网有限责任公司等国内产学研用单位组成项目核心技术攻关科研团队。

液态金属电池技术是储能领域的新兴力量,在中长时储能大规模应用方面具有较大的潜力。