

头发丝厚度国产微电极助力脑深部肿瘤手术

● 本报记者 高雅丽

“患者术前由于脑肿瘤压迫,出现癫痫频发的症状。术后,患者癫痫未见发作,语言表达清晰流畅,生活质量得到提高;同时,手术避免了新的神经功能受损,为接下来的康复和后续治疗打下了坚实基础。”在介绍全球范围内首次报道的脑机接口应用于脑深部肿瘤术中边界精准定位的临床试验时,哈尔滨医科大学附属第一医院(以下简称哈医大一院)神经外科主任医师史怀璋如是说。而让这场“精准手术”成为可能的,是一枚厚度仅一根头发丝粗的国产植入式微电极。

近日,中国科学院空天信息创新研究院(以下简称空天院)传感器技术国家重点实验室与哈医大一院神经外科联合,成功完成“基于植入式微电极阵列的脑深部肿瘤边界精准定位”临床试验,为神经外科提供实时、高精度的“病灶导航”,有望在精准切除肿瘤的同时最大程度保护健康脑组织,提升患者术后神经功能保留率和生活质量,具有重要的临床推广价值。

急需脑肿瘤边界精准识别技术

神经胶质瘤、脑转移瘤等脑肿瘤具有发病率高、致死率高、复发率高的特点,浸润性生长特性导致肿瘤组织与正常脑组织边界模糊难辨。因此,精准定位病灶边界对手术切除、放疗规划和术后评估至关重要。

史怀璋介绍,临床常用的磁共振成像、计算机断层扫描等术前检查,虽

能大致定位肿瘤位置,帮助定位病变及避开功能区,但无法反映手术中诸如脑组织移位等动态变化,误差可达5~20毫米,在肿瘤切除后期误差更为明显。术中超声、黄荧光导航等技术也难以实时、精准区分正常脑组织功能区与肿瘤组织。

“此外,术中皮层脑电图电生理监测技术虽然分辨率为毫米级,但检测的是场电位信号,无法实现单细胞水平精准识别,同时检测存在滞后性。因此,医学界急需一种能在术中实时判读、精准识别的技术。”史怀璋说。

为脑肿瘤手术装上“精准导航”

破解临床难题的关键力量,来自在航空航天领域发挥重要作用的空天信息技术,尤其是应用于传感器领域的微机电系统技术。

“空天信息技术并非局限于传统航空航天领域,在与微系统、医工交叉融合的过程中,它展现出强大的创新潜力,如高性能传感器、智能感知与神经接口等关键技术的协同发展,正加速推进脑机接口等前沿技术的工程转化与临床落地。本次临床试验的成功落地,是脑机接口技术走向临床转化与产业化发展的关键一步。”中国科学院院士、空天院学术院长吴一戎表示。

空天院是国内最早从事植入式脑机接口研究的科研力量之一。自2007年起,空天院研制出一系列硬质/柔性植入式脑机接口神经微电极阵列和仪器,

在国际上首次实现从器件到系统的活体神经细胞原位双模同步、高通量、高时空分辨率检测,为此次临床试验奠定了技术基础。

此次由空天院与哈医大一院联合完成的临床试验,采用了空天院自主研发的临床脑机接口微电极(NeuroDepth)和多层次调控与高通量神经信号同步检测仪(AIRCAS-128)。

空天院副研究员王蜜霞介绍,NeuroDepth主要基于微机电系统工艺和纳米功能材料技术,为新型高时空分辨、多位点的脑机接口神经探针,探针最长可达9.5厘米,厚度不超过0.2毫米、约为1根头发丝直径。

同时,其宽度可根据临床需要自主设计,空间分辨率达15微米,兼具高韧性与生物安全性,可在全脑任意位置实现单细胞水平电活动原位动态微损伤检测,通过实时信号检测与特征识别,高精度识别肿瘤边界。

AIRCAS-128神经信号检测仪相当于“信号解码器”,可以同步采集、分析海量神经信号,将电极捕捉的原始信号转化为精准的“病灶导航”,为肿瘤切除术中边界判断提供实时数据。

王蜜霞表示,NeuroDepth实时捕捉单细胞水平的神经活动信号,优势主要体现在3个方面:一是探测范围更广,突破了传统神经电极仅能检测脑表面和浅层的局限,可探测包含脑表面、浅脑与脑深部在内的全脑任意区域;二是定位精度更高,空间分辨率达15微米,能识别

单个神经细胞的活动,为肿瘤边界判断提供了“微观尺度”的依据;三是信息维度更全,不仅能检测神经电信号,还能同步检测化学信号,为区分肿瘤组织与正常组织提供了更全面的依据。

“上述性能可为及时发现病灶、精准识别病灶边界提供关键技术支撑,可用于确定脑肿瘤边界、科学开展手术规划,在保护大脑运动、语言、认知等功能区的同时,精准切除恶性肿瘤。”王蜜霞说。

临床成效显著

此次临床试验的受试者是一位胶质瘤患者。该患者术前由于脑肿瘤压迫,出现癫痫频发的症状。

“我们结合影像数据,通过NeuroDepth实时反馈的单细胞水平神经信号,成功精准识别肿瘤边界,最终在最大程度保护功能区的同时,实现了肿瘤的完整切除。”史怀璋说。

他表示,NeuroDepth的应用解决了术中动态识别的难题,有望重塑神经外科术中导航与精准切除的技术范式,为推动脑机接口领域医工融合与临床转化应用提供有力示范。

后续,空天院与哈医大一院将进一步拓展技术应用领域,推进高精度脑机接口视听觉功能重建,帮助失明、失聪患者实现视听觉感知,同时推进血管介入脑机接口技术在卒中后康复、脑积水治疗等领域的临床应用,助力偏瘫患者完成运动功能。

科学家研发血清肿瘤标志物精准检测新方法

本报讯 近期,中国科学院合肥物质科学研究院研究员杨良保、副研究员董荣录和中国科学院合肥肿瘤医院主任医师邓庆梅,在血液肿瘤标志物的高精度识别和定量分析研究方面取得新进展。团队创新性结合无标记表面增强拉曼光谱技术与注意力尺度融合网络深度学习模型,实现了对血清样本多种肿瘤标志物的高精度、无标记、定性及定量同步分析。相关研究成果发表于《分析化学》。

血清肿瘤标志物检测在癌症早期筛查中具有重要辅助价值。然而,由于血清样本成分复杂、有效信号微弱,传统检测与分析方法在准确率和定量能力上面临不小的挑战。

针对这一难题,团队设计开发了基于注意力尺度融合网络的多任务深度学习架构。

该模型集成多尺度特征提取、注意力机制和任务交互模块,能够从复杂血清无标记表面增强拉曼光谱数

据中高效区分和量化癌胚抗原、甲胎蛋白、糖类抗原19-9、糖类抗原125、神经元特异性烯醇化酶及鳞状细胞癌抗原这6种常见肿瘤标志物。

结果显示,注意力尺度融合网络模型在独立测试集上实现了100%的分类准确率,定量加权R²为0.9713,误差低至目标动态范围的1.7%。研究还通过光谱特征重要性分析,明确了关键拉曼信号区在肿瘤标志物定性与定量中的决定性作用。这不仅提

升了人工智能模型的可解释性,也为临床医学判读提供了科学依据。

研究人员介绍,该研究成果为血清肿瘤标志物的高效、高精度检测提供了新思路,有望应用于癌症早筛、精准医疗等重要领域,为临床诊断和健康监测提供了新的解决方案。

(王敏)

相关论文信息:

<https://doi.org/10.1021/acs.analchem.5c03263>