

# 新型国产脑 PET 破解“不能动”难题

● 本报记者 刁雯蕙

正电子发射断层成像(PET)能够直接反映人体活体代谢和分子功能,是神经核医学、脑科学研究和脑疾病诊断评估中的重要工具。尽管这一传统成像模式已成熟应用在临床诊断中,却长期存在一个难题,即受试者在设备扫描过程中难以长时间保持安静不动。

针对这一问题,深圳湾实验室生物医学工程研究所研究员彭旗宇团队在《核医学杂志》发表了头戴随动式脑 PET 系统性能评估研究。该系统评价了团队自主研发的新型头戴随动式脑 PET 系统的物理性能与人脑成像能力,展示了原创脑 PET 技术从传统固定卧位扫描走向清醒、自然、动态脑功能成像的新可能。

论文通讯作者彭旗宇介绍,该技术有望为阿尔茨海默病等认知障碍和癫痫、帕金森病等重大脑疾病的诊断评估、机制研究和疗效监测提供帮助,为脑机接口、神经调控和多模态脑科学研究提供国产高端分子影像装备支撑。

## 破解“不能动”难题

一直以来,脑 PET 检查通常要求受试者在设备中保持固定卧位或坐位,并尽可能避免头动。然而,对儿童、老年认知障碍患者、帕金森病患者等其他难以长时间配合扫描的人群来说,传统脑 PET 检查更容易受到头动影响,严重时可能导致图像质量下降,甚至影响检查完成率。

此外,许多重要的脑部功能活动并不发生在安静状态下。人脑的交流互动、任务执行、感知刺激、运动准备、行为反应等过程,都更接近清醒、自然和



头戴随动式脑 PET 系统在坐位扫描、背包式支撑及自然坐姿方面的使用场景。 研究团队供图

运动状态。传统固定式脑 PET 在这些场景下开展研究存在明显限制。

彭旗宇团队历时4年攻关,研制出了一种头戴随动式脑 PET 系统。他们采用环形头戴式结构,围绕人脑构建成像视野,包含了192个探测器模块,将高性能闪烁晶体与硅光电倍增管相结合对大脑功能成像进行探测。该系统整机重量约6公斤,可实现受试者在坐姿、站立、头部自然运动和轻度活动状态下的脑 PET 成像研究,突破了传统固定卧位 PET 设备对人体姿态和行为状态的限制。

其中,探测器是整个系统最核心、最关键的器件,探测器负责捕捉核素释放的伽马光子并将其转化成图像信号,是设备性能的命门。“这一关键器件的结构设计、读出电子学、系统集成和关键算法均由团队自主研发,彻底规避了知识产权风险。”深圳湾实验室助理研究员、论文共同作者张义彬介绍。

“我们的核心思路是让 PET 的成像系统围绕头部构建探测视野,并尽可

能跟随头部运动,使探测器与脑部之间保持相对稳定的位置关系,让传统脑 PET 从‘人适应设备’转向‘设备适应人’。”彭旗宇表示。

## 实现毫米级高分辨率成像

研究团队根据目前国际上采用的 PET 行业标准,系统评估了头戴随动式脑 PET 系统的物理性能。结果显示,该系统中心视野空间分辨率为2.29毫米,灵敏度为720.2计数每秒每兆贝克勒尔,峰值噪声等效计数率为4670计数每秒,散射分数为29.5%,飞行时间分辨率为234皮秒,能量分辨率为10.8%。在图像质量验证中,该系统能够清晰显示 Hoffman 脑仿生模型中的主要脑结构,并可分辨小至1.7毫米的热杆结构,体现出高分辨率脑成像能力。

在癫痫患者的脑成像验证中,与临床中常用的主流进口 PET 设备相比,新系统摄取模式下患者的大脑皮层清晰、灰质分布边界分明、脑回解剖结构完整,成像效果相当,且穿戴舒适度与临床可行性表现良好。

彭旗宇介绍,头戴随动式脑 PET 不仅在设备形态上具有创新性,也具备开展脑专用 PET 成像临床和脑科学研究所需的基础性能。它使脑分子功能成像从固定检查室走向更开放自然、贴近真实脑活动状态的应用场景成为可能。

## 降低脑 PET 部署门槛

PET 作为重要的分子影像技术,能够从代谢和分子功能层面观察活体大脑,是理解脑疾病机制和开展精准诊疗的重

要工具。但长期以来,高端脑 PET 设备通常体积大、成本高、部署空间要求高,主要集中在大型医院和高水平研究平台。

对于更广泛的临床机构、基层医疗场景以及公共健康服务体系而言,高质量脑分子影像技术的普及性仍有待提升。

2022年初,彭旗宇回国加入深圳湾实验室,瞄准高端脑成像装备自主研发。4年时间里,他带领团队从探测器实验、机械加工到电路焊接、整机测试、算法研发、软件开发,实现了该系统“从0到1”的突破。

“这一国产设备采用更加轻量化、紧凑化和场景化的设计,体积小巧,成本相较于其他设备大幅降低。该设备的工程化优化、临床验证和转化,有望显著降低脑 PET 部署门槛,为基层医疗、社区筛查和全球中低收入地区脑健康服务提供新的可能。”彭旗宇表示。

在临床应用方面,该技术有望服务于阿尔茨海默病等认知障碍、癫痫、帕金森病患者群体,尤其是对难以长时间保持安静配合扫描的患者,可以提供更加友好的脑成像方式。对于一些症状具有波动性、状态依赖性或者运动影响明显的脑疾病,头戴随动式脑 PET 也有望为疾病机制研究、诊断评估和疗效监测提供新的观察窗口。

彭旗宇介绍,未来将继续围绕头戴随动式脑 PET 系统性能优化、定量成像、运动校正、多模态同步采集和临床场景验证开展深入研究,推动该技术在神经核医学和脑科学研究中的应用转化。

相关论文信息:

<https://doi.org/10.2967/jnumed.125.271350>

# 科学家首次破解卵子发育关键“控制开关”

本报讯 四川大学华西第二医院、四川大学生物治疗全国重点实验室研究员邓东团队成功解开哺乳动物卵母细胞胞质晶格(CPL)的结构奥秘,首次揭示卵母细胞中独特的蛋白质稳态调控新机制,填补了该领域的空白。相关研究近日发表于《自然》。

CPL 是广泛存在于哺乳动物卵母细

胞与早期胚胎内的特殊晶格状结构,在维持卵母细胞发育质量和保障早期胚胎发育过程中发挥着不可替代的关键作用。

团队成功从小鼠卵母细胞内分离出内源性 CPL,并利用基于冷冻电镜的 CryoSeek 技术,首次实现了对小鼠 CPL 重复单元的高分辨率结构解析,全面揭示了 CPL 的分子组成、三维晶

格结构与组装机制。

研究发现,CPL 能够储存泛素化相关酶,精准调控酶活性,有效防止核心母源蛋白被过度降解,从而维持母源蛋白库的稳定。同时,CPL 还可高效储存微管组装的关键元件,为卵母细胞向胚胎转变过程中快速的细胞结构重塑、细胞分裂与发育进程提供充足

的物质保障。该成果首次从分子层面定义了 CPL 作为新型无膜细胞器在母源蛋白稳态调控中的重要作用,为进一步理解卵母细胞质量控制机制提供了全新视角与理论框架。 (杨晨)

相关论文信息:

<https://doi.org/10.1038/s41586-026-10442-6>