

诊断篇

清华大学生物医学工程学院院长
胡晔:重视潜伏性结核诊断

“要真正控制结核病流行,需要更加重视潜伏性结核感染的识别与干预。”清华大学生物医学工程学院院长胡晔表示。

目前,传统的结核感染 T 细胞检测(T-SPOT.TB)存在三大问题:需要实验室操作、血样量大、在 HIV 感染者中灵敏度低。

为此,胡晔研究团队开展了

两方面的创新:一是寻找替代 IFN- γ 的新标记物,二是将复杂的检测步骤压缩到微型芯片上,实现快速、高效检测。最终,研究团队开发了抗原特异性 T 细胞应答芯片(ASTRA)。

据悉,该芯片可自动化检测 M.tb 特异性 T 细胞激活反应,辅助潜伏感染及结核病筛查。团队在设计 ASTRA 时选择 OX-40 和 4-1BB 作为标记物,这两种分子在 CD4 和 CD8 T 细胞被结核感染激活时高表达,可增强 HIV 合并感染者的检测灵敏度。

胡晔表示,ASTRA 操作流程简便,将分离的 T 细胞加入芯片后,化学反应驱动抗体流动,若 T 细胞曾被感染,荧光信号便会停留并被读取。“这种方式相比

传统 γ 干扰素释放试验(IGRA),检测时间大幅缩短,仅需约 4 小时。”

此外,胡晔团队还开发了针对非结核分枝杆菌(NTM)的快速多重检测平台。利用纳米液滴和 CRISPR 技术,该芯片可同时检测多种目标微生物,并结合质谱和大数据算法对复杂微生物谱进行分析。

“这一平台不仅能够加快检测速度,也可灵活适应不同地区和不同患者的需求。”胡晔指出,“此方法不仅提高了检测效率,也为全球结核病防控提供了新工具。同时,它作为通用平台,也可应用于其他感染性疾病的 T 细胞反应分析和免疫治疗干预评估。”

解一道基层结核筛查的难题

世界卫生组织(WHO)发布的 2024 年全球结核病报告显示,许多国家仍过度依赖痰涂片显微镜检查,导致肺结核病例中临床诊断比例相对较高,而细菌学确诊比例相对偏低。这一现象在资源有限、检测手段不足的地区尤为普遍。

去年 12 月 2 日,首都医科大学附属北京胸科医院研究员逢宇团队与予果生物共同研发的“结核分枝杆菌复合群核酸检测试剂盒(PCR-荧光探针法)”正式获得国家药品监督管理局(NMPA) III 类医疗器械注册证。据悉,该产品是国内首款获批的基于舌拭子样本的结核 PCR 检测 III 类试剂盒,将为推动“2035 全球终结结核病”目标的实现贡献“中国智慧和方案”。

研究显示,与痰液 Xpert 相比,该试剂盒的灵敏度和特异性分别为 89.6%和 96.2%,与 MRS

相比,灵敏度和特异性分别为 87.4%和 98.0%。评估结果表明,该技术可为肺结核诊断提供一种可靠的非侵入性替代方案,尤其适用于痰液采集有困难的人群。相关成果发表于 *European Respiratory Journal*。

予果生物创始人夏涵指出,探索口腔拭子等非侵入性样本为基层筛查提供了新的思路。该检测方法依靠 PCR 分子技术,能够直接识别样本中的结核分枝杆菌 DNA,而无需等待细菌慢慢培养。

夏涵强调,非痰样本采集对检测技术要求更高,需要高灵敏度的分子诊断平台。儿童,粪便或胃液样本也可用于检测,但采集难度大且存在安全性限制。优化后的平台可在降低采样难度的同时实现早期检测,为大规模、可行的基层筛查提供潜力。

在技术创新方面,移动医疗与 AI 辅助筛查成为关键支撑。

推想医疗创始人陈宽介绍,其团队研发的移动医疗车可搭载胸部 CT 设备和 AI 辅助诊断系统,能够在乡镇甚至偏远地区快速完成扫描,并智能识别结核病及其他肺部疾病病灶。这一模式不仅让专业医疗资源下沉,也让基层群众在家门口就能享受高水平筛查服务。

以自贡市为例,在坚持保障群众知情权和自愿的原则下,推想医疗在该市 6 个区县、28 个偏远乡镇开展肺部疾病义诊,为基层群众提供专业筛查服务。整个行动历时 42 天,通过移动医疗车,共为 7106 名群众完成筛查,发现慢性肺部疾病超过 1000 例、疑似急重症患者近 400 例。

“通过移动医疗车和 AI 辅助筛查,专业医疗资源真正流动到基层,缩短了城乡医疗服务的距离,也让科技在基层群众健康管理中取得切实效果。”陈宽表示。

前沿速递

Meta 分析 5 种 AI 系统
对 TB 识别的诊断性能

一项在 *Journal of Thoracic Disease* 发表的研究,对多种基于人工智能(AI)的胸部 X 线检查(CXR)辅助诊断系统进行了系统评价与 Meta 分析。

结果显示,目前应用较为广泛的 5 种 CXR 影像 AI 分析软件——JF CXR-1、qXR、Lunit INSIGHT CXR、CAD4TB 以及 InferRead DR Chest,在肺结核(TB)影像识别方面均表现出较高的诊断性能。

相关论文信息:

<https://doi.org/10.21037/jtd-2025-604>

AIRIS-TB 系统助力百万例
胸部 X 线筛查 TB

一项针对百万例胸部 X 线检查(CXR)的人工智能(AI)辅助结核病(TB)筛查的大规模横断面观察研究发表于 *npj Digital Medicine*。

在超过 100 万例胸部 CXR 的大规模验证中,一种名为 AIRIS-TB 的 AI 系统展现出较高的诊断性能,其研究参与者工作特征曲线下面积达到 98.51%。研究结果显示,该系统总体假阴性率低于放射科医师(1.57% vs 1.85%),且在研究样本中未观察到结核相关假阴性。通过自动识别正常影像并仅对疑似异常病例进行人工复核,该系统预计可实现约 80%的常规 CXR 报告自动化处理,从而显著减轻放射科医师的工作负担。

相关论文信息:

<https://doi.org/10.1038/s41746-025-01832-7>

AI-CAD 系统提升 TB 检出率

一项发表于 *IJTL D Open* 的研究显示,基于人工智能(AI)的计算机辅助检测系统(AI-CAD)在社区人群结核病主动筛查中,能够显著提升病例检出率和筛查效率。

进一步比较发现,与传统筛查方式相比,AI 辅助筛查使结核病(TB)检出率提高约 2.09 倍,同时痰检阳性率提高约 2.86 倍(均 $P < 0.05$),提示其在提高病例发现效率方面具有明显优势。

研究人员认为,AI-CAD 不仅达到甚至超过 WHO 对 TB 筛查工具的性能要求,其在提升痰阳性检出方面的表现尤为突出,显示出在大规模人群筛查项目中的应用潜力。

相关论文信息:

<https://doi.org/10.5588/ijtldopen.25.0088>