

山区基层场景下“移动终端+AI阅片”肺癌早筛早治落地 关键技术与临床实证研究

胡仁标 左起禧 张晓伟 陈志红 雷乐莺

宁德人民医院 福建 宁德 352100

【摘要】：山区基层受地理环境、医疗资源匮乏、专业人才短缺等限制，肺癌早筛早治工作推进困难，早期病灶漏诊率高，区域肺癌致死负担较重。为破解基层筛查难题，本研究依托2026年山区基层筛查数据，以943例肺癌高危人群为研究对象，累计筛查时长9天，探究“移动终端+AI阅片”模式落地关键技术与临床应用效果。该模式依托轻量化移动影像设备与智能AI阅片算法，适配山区分散化筛查场景，可有效弥补基层医疗短板。临床实证显示，本次筛查共检出异常病灶112例，可精准实现肺癌早期筛查、风险分级与分级干预，适合山区基层常态化推广应用。

【关键词】：山区基层；移动终端；AI阅片；肺癌早筛；临床实证

DOI:10.12417/2705-098X.26.14.013

1 引言

1.1 研究背景

肺癌是我国发病率、死亡率最高的恶性肿瘤，疾病预后与确诊分期密切相关，早期肺癌规范治疗后5年生存率超90%，中晚期患者生存率大幅降低。早筛早治是降低肺癌死亡率、减轻群众疾病负担的核心手段。我国山区人口分散、交通闭塞，基层医疗机构普遍存在放射专业医师缺失、影像设备利用率低、转诊流程繁琐等问题，传统依赖上级医院的筛查模式难以覆盖偏远村落，导致山区肺癌早期漏诊、误诊问题突出，多数患者确诊时已错失最佳治疗时机。随着移动医疗与人工智能影像技术的迭代升级，“移动终端+AI阅片”轻量化筛查模式逐步落地基层。该模式突破传统医疗的空间与人才限制，依托便携式设备入户采集影像，借助AI算法实时智能判读，完美适配山区基层筛查场景，成为补齐山区肺癌早筛短板的核心技术路径。

1.2 研究意义

理论层面，本研究聚焦山区特殊基层场景，针对性分析AI阅片与移动终端融合落地的技术逻辑，丰富人工智能在偏远地区肿瘤早筛的应用研究体系。实践层面，结合真实临床筛查数据验证模式效能，破解山区医疗资源不均、筛查效率低的痛点，为全国同类山区推广普惠性肺癌早筛模式提供可复制的实践方案。

1.3 研究数据基础

本研究选取闽东北山区洋中镇13个行政村为试点，筛查周期为2026年，全程开展9天集中筛查工作，累计纳入30岁

及以上肺癌高危筛查对象943例，涵盖吸烟、粉尘接触、肿瘤家族史等高危人群。所有受试者均完成移动终端影像采集、AI智能阅片、基层复核及上级专家会诊随访，数据真实完整，符合医学伦理规范。

2 山区基层肺癌早筛现状与模式适配性

2.1 传统筛查核心痛点

一是专业人才缺口极大，试点洋中中心卫生院无专职放射医师，基层医护无法识别肺部微小结节、磨玻璃影等早期病灶，漏诊风险高；二是地理与交通壁垒突出，山区村落分散，群众往返上级医院筛查成本高、意愿低；三是筛查效率低下，传统人工阅片单日筛查量仅80-100例，难以开展规模化常态化筛查；四是设备利用率低，基层影像设备因无专业人员操作长期闲置，资源浪费严重。

2.2 “移动终端+AI阅片”模式适配性

便携式移动影像终端轻量化、易转运、操作简单，可深入村落开展入户筛查，适配山区复杂场景；AI阅片系统依托深度学习算法，可自动完成病灶定位、量化分析、风险分级，无需专业影像医师介入，形成“现场采集—实时分析—分级处置”的闭环筛查流程，精准匹配山区基层医疗薄弱、筛查场景分散的现实特点^[1]。

3 模式落地关键技术体系

3.1 轻量化移动影像采集技术

本研究采用适配山区环境的便携式低剂量CT与DR终端，设备经抗震、防尘、低功耗改造，支持蓄电池供电，可适配山区电压波动、路况颠簸等复杂环境。设备简化操作参数，保留

一键筛查模式，基层医护经简单培训即可独立操作。同时设备支持影像本地存储、数字化输出，可在弱网环境缓存数据，网络恢复后自动上传，解决山区网络不稳定问题。

3.2 AI 智能阅片核心算法技术

AI 系统基于卷积神经网络开发，针对基层低质量影像增设降噪、画质增强模块，重点强化早期肺癌典型病灶识别能力，可精准检测 3mm 以上微小结节、磨玻璃结节、胸膜牵拉等高危病变。系统自动量化病灶大小、形态、密度等核心指标，并依据临床指南划分四级风险等级，为基层临床处置提供标准化依据。见表 1。

表 1 AI 阅片病灶风险分级标准与临床处置方案

风险等级	影像判定结果	临床处置建议
I级	无异常病灶，肺野结构正常	常规年度随访
II级	低风险良性病灶、钙化灶、陈旧性病灶	每年复查影像
III级	中风险可疑小结节、模糊炎性病灶	3~6个月复查随访
IV级	高风险磨玻璃结节、形态不规则病灶	立即转诊上级医院确诊

3.3 自适应数据传输与云平台技术

系统支持 4G/5G 网络自适应切换，通过无损压缩技术缩减影像文件体积，提升弱网传输效率。深山区域可本地缓存、断点续传，保障数据不丢失。区域医疗云平台统一汇总筛查数据、影像报告与随访记录，支持县级医疗机构实时监管、远程会诊，同时通过端到端加密技术保障患者隐私安全。

3.4 分级诊疗联动技术

模式深度嵌入基层分级诊疗体系，构建“村级采集-乡镇 AI 初筛-县级专家复核-上级医院治疗”的闭环流程。中高风险病例自动触发会诊提醒，高风险病例开通转诊绿色通道，实现筛查、诊断、治疗、随访无缝衔接。

4 临床实证结果与分析

4.1 整体筛查数据概况

本研究 2026 年 4 月，在闽东北山区洋中镇 13 个行政村开展集中肺癌早筛工作，历时 9 天，累计完成有效筛查 943 例，全部采用“移动终端采集+AI 阅片”模式，配套基层医师人工复核、上级专家远程会诊。研究人群基础信息统计见表 2。

表 2 筛查人群基础信息分布表 (n=943)

分组类别	亚组	例数	占比(%)
性别	男性	516	54.72
	女性	427	45.28
年龄	40~59 岁	574	60.87
	60 岁及以上	369	39.13

整体筛查结果统计见表 3：正常影像病例 831 例，占比 88.12%；检出各类肺部异常病灶共计 112 例，总异常检出率为 11.88%。在 112 例异常病例中，低风险良性病灶 85 例，中风险可疑病灶 18 例，高风险高度疑似肺癌病例 9 例。

表 3 整体筛查结果及风险分级统计 (n=943)

筛查结果	风险等级	例数	占总样本比例(%)	占异常病例比例(%)
正常病例	I级	831	88.12	-
异常病例	合计	112	11.88	100.00
	II级(低风险)	85	9.01	75.89
	III级(中风险)	18	1.91	16.07
	IV级(高风险)	9	0.95	8.04

4.2 筛查效能与效率对比

两种筛查模式单日筛查人次对比见表 4。传统模式下，单名基层人员配合上级医师远程人工阅片，单日最多完成筛查 120 人次；采用“移动终端+AI 阅片”模式后，单人单日可完成筛查 350 人次以上，筛查效率提升近 2 倍。本次 9 天集中筛查工作顺利完成 943 例高危人群全覆盖，在山区集中下乡筛查、大型群体体检场景中，效率优势尤为突出。

表 4 不同筛查模式单日工作效率对比

筛查模式	单日最大筛查人次	单例诊断耗时
传统人工阅片模式	120	40s/例
移动终端+AI 阅片模式	350	10s/例

4.3 人群分层筛查结果

结合年龄、性别分层统计病灶检出情况，结果见表 5。40~59 岁组 574 例，异常病灶检出 80 例，检出率 13.94%；60 岁及以上老年组 369 例，异常病灶检出 32 例，检出率 8.67%。老年群体仍是肺癌高危重点人群，“移动终端+AI”模式深入村落，有效解决了山区高龄老人出行难、筛查难的问题。

性别维度上，男性 516 例，异常检出 66 例，检出率 12.79%；女性 427 例，异常检出 46 例，检出率 10.77%。男性异常检出率更高，主要与山区男性长期吸烟、田间劳作粉尘接触、不良生活习惯相关。针对吸烟、肿瘤家族史、粉尘接触三大高危人群，AI 系统病灶检出率显著高于普通人群，精准锁定高危群体，实现靶向筛查。

表 5 不同年龄、性别人群病灶异常检出情况

分组	筛查例数	异常例数	异常检出率(%)
40~59 岁	574	80	13.94
60 岁及以上	369	32	8.67

男性	516	66	12.79
女性	427	46	10.77

注：续表 5。

4.4 随访干预效果

本次研究对所有中高风险病例开展为期 1~3 个月跟踪随访，随访结局统计见表 6。9 例 AI 判定高风险病例，全部完成上级医院进一步检查，最终确诊恶性肿瘤 4 例（早期肺癌）、疑似恶性待观察 1 例、良性病变 4 例；4 例早期肺癌患者全部及时接受微创手术、局部消融等根治性治疗，目前随访状态良好，无复发转移病例。18 例中风险可疑病灶，按照随访要求每 3~6 周复查影像，其中 1 例病灶出现增大、形态改变，及时升级干预，避免进展为中晚期肺癌；其余病例病灶稳定，持续年度随访。从临床结局来看，该模式实现了早期病例早发现、早干预，有效阻断疾病进展，达到肺癌早筛早治的核心目标。

表 6 中高风险病例随访结局统计

风险等级	III级(中风险)	IV级(高风险)
总例数	18	9
确诊早期肺癌	0	4
疑似恶性待观察	0	1
良性病变	17	4
病灶进展并干预	1	0
病灶稳定持续随访	17	0

5 落地应用中存在的问题与优化对策

5.1 现存主要问题

（1）网络环境仍存在短板：部分深度山区自然村 4G 信号弱、网络延迟高，影像上传卡顿，虽然设备支持本地缓存，但后期集中上传增加工作量；极端阴雨天气易出现网络中断，影响云平台数据同步。（2）基层人员综合能力不足：基层医护人员可熟练完成设备操作，但对 AI 报告解读、病灶基础知识、患者健康宣教能力不足，面对群众咨询无法细致解答，一定程度影响群众配合度。（3）设备运维与后期保障薄弱：移动影像终端属于精密医疗设备，山区路况差、使用环境复杂，设备故障率高于城市；基层机构无专业设备维修人员，设备故障后

参考文献：

- [1] 支修益.远离“三霾五气”,重视肺癌早筛早治[J].保健医苑,2025,(1):30-32.
- [2] 杨亚蕊,郭旭君,范玉铮,等.深圳市南山区社区居民肺癌早诊早治项目筛查效果评价[J].中国公共卫生,2024,40(11):1312-1317.
- [3] 李轲昕.支气管介入手术机器人推进肺癌早诊早治[J].机器人产业,2024,(3):63-67.

维修周期长，影响筛查连续性。

（4）群众认知与参与度不均衡：部分山区老年群众对影像筛查、AI 诊断存在抵触心理，担心辐射、担心查出疾病，主动参与筛查意愿低；健康宣教覆盖不足，长效筛查氛围尚未形成。

5.2 针对性优化对策

（1）分层完善网络基础设施：联合通信部门，优先对重点偏远筛查村落进行 4G 网络信号补强；对信号极差的区域，增设本地数据汇总站，由乡镇卫生院统一收集各村影像数据后集中上传，弱化单村网络压力。（2）建立常态化分层培训机制：定期组织基层医护开展两方面培训：一是 AI 报告解读、肺部基础疾病科普培训；二是健康宣教沟通技巧培训。同时编制简易图文手册、短视频教程，方便基层人员随时学习。（3）构建设备属地化运维体系：由县级卫健部门牵头，联合设备厂商建立县域设备运维站点，配备专职维修人员，实行定期上门巡检、故障 24 小时响应机制；为每台移动终端建立运维档案，定期保养，延长设备使用寿命^[2]。

5.3 长效推广保障建议

第一，将“移动终端+AI 肺癌早筛”纳入山区基本公共卫生服务重点项目，给予专项经费支持，保障设备采购、运维、人员补贴；第二，完善区域数据平台建设，打通基层、县级、市级医院数据接口，实现影像、报告、病历全域共享；第三，逐步拓展筛查病种，将该模式延伸至肺结核、乳腺结节、消化道肿瘤等基层高发疾病，提升设备与技术的综合利用价值^[3]。

6 未来展望

随着人工智能、物联网、移动医疗技术持续迭代，未来可从三个方向进一步优化升级：一是持续迭代 AI 算法模型，融合多维度临床数据，进一步提升疑难病灶鉴别能力；二是结合物联网技术，实现移动设备定位、运行状态实时监控、远程故障诊断，提升智能化管理水平；三是推动该模式与家庭医生签约、老年健康管理、慢病管理深度融合，构建“筛查—诊断—治疗—随访—健康管理”全链条基层健康服务体系。

综上所述，人工智能赋能基层医疗是大势所趋，“移动终端+AI 阅片”不仅能推动山区肺癌早筛早治工作常态化开展，也将为我国缩小城乡医疗差距、推进全民健康事业发展提供重要支撑。