

结核病预防及管理策略的研究进展

廖思清¹, 祝可欣¹, 齐琦², 周霞^{3*}

¹华中科技大学同济医学院附属武汉金银潭医院呼吸与危重症医学科, 湖北省传染病临床医学研究中心, 中国医学科学院武汉传染病诊治研究中心, 中国科学院武汉病毒研究所&武汉市金银潭医院感染性疾病与健康联合实验室, 湖北 武汉

²华中科技大学同济医学院附属协和医院呼吸与危重症医学科, 湖北 武汉

³华中科技大学同济医学院附属武汉金银潭医院呼吸介入科, 湖北省传染病临床医学研究中心, 中国医学科学院武汉传染病诊治研究中心, 中国科学院武汉病毒研究所&武汉市金银潭医院感染性疾病与健康联合实验室, 湖北 武汉

收稿日期: 2025年9月29日; 录用日期: 2025年10月23日; 发布日期: 2025年10月31日

摘要

结核病(Tuberculosis, TB)是全球公共卫生领域的长期挑战, 严重威胁人类健康。近年来, 随着人口结构变化、耐药菌株的蔓延以及新冠疫情的影响等, 结核病防控(简称结防)面临新的挑战。要实现“终结结核病”的战略目标, 当前对结核病的预防体系建设中仍存在明显短板, 防控能力和措施覆盖均不足。本文首先从结核病预防的特异性措施入手, 包括结核病疫苗研发、结核感染的筛查、结核病预防性治疗(Tuberculosis Preventive Treatment, TPT), 进而重点探讨对高危人群重点防控与结核病预防管理模式优化, 以推动各项措施有效落实。最后, 对未来结核病精准防治和综合管理的发展方向进行了展望, 以期临床实践与政策制定提供参考。

关键词

结核病, 结核感染, 预防性治疗, 疫苗, 策略

Research Advances in Tuberculosis Prevention and Management Strategies

Siqing Liao¹, Kexin Zhu¹, Qi Qi², Xia Zhou^{3*}

¹Department of Respiratory and Critical Care Medicine, Wuhan Jinyintan Hospital, Tongji Medical College of Huazhong University of Science and Technology, Hubei Clinical Research Center for Infectious Diseases, Wuhan Research Center for Communicable Disease Diagnosis and Treatment, Chinese Academy of Medical Sciences, Joint Laboratory of Infectious Diseases and Health, Wuhan Institute of Virology and Wuhan Jinyintan Hospital, Chinese Academy of Sciences, Wuhan Hubei

*通讯作者。

文章引用: 廖思清, 祝可欣, 齐琦, 周霞. 结核病预防及管理策略的研究进展[J]. 临床医学进展, 2025, 15(11): 12-19.
DOI: 10.12677/acm.2025.15113058

²Department of Pulmonary and Critical Care Medicine, Union Hospital, Tongji Medical College, Huazhong University of Science and Technology, Wuhan Hubei

³Department of Interventional Pulmonology, Wuhan Jinyintan Hospital, Tongji Medical College of Huazhong University of Science and Technology, Hubei Clinical Research Center for Infectious Diseases, Wuhan Research Center for Communicable Disease Diagnosis and Treatment, Chinese Academy of Medical Sciences, Joint Laboratory of Infectious Diseases and Health, Wuhan Institute of Virology and Wuhan Jinyintan Hospital, Chinese Academy of Sciences, Wuhan Hubei

Received: September 29, 2025; accepted: October 23, 2025; published: October 31, 2025

Abstract

Tuberculosis (TB) remains a major global public health challenge and continues to pose a serious threat to human health. In recent years, TB control efforts have encountered new obstacles resulting from changes in population structure, the emergence and spread of drug-resistant strains, and the impact of the COVID-19 pandemic. Achieving the strategic goal of “ending the TB epidemic” requires addressing persistent gaps in the current TB prevention infrastructure, where both control capacity and coverage of interventions remain insufficient. This article begins by reviewing specific measures for TB prevention, including vaccine development, screening for TB infection, and tuberculosis preventive treatment (TPT). It then explores targeted strategies for high-risk populations and discusses optimizations in TB prevention management models to enhance the implementation of effective measures. Finally, the paper outlines future directions for precision prevention and comprehensive management of TB, with the aim of informing both clinical practice and policy-making.

Keywords

Tuberculosis, Latent Tuberculosis Infection, Prevention Treatment, Prevention and Control, Vaccines, Strategies

Copyright © 2025 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

结核病是由结核分枝杆菌(*Mycobacterium Tuberculosis*, MTB)引发的慢性传染病, 持续位列全球十大死因之一。2015~2023 年间, 全球发病率累计下降 8.3%, 与世界卫生组织(World Health Organization, WHO)设定的 2025 年阶段性目标(发病率降 20%, 死亡率降 35%)相差甚远, 其疾病负担仍居各类传染病之首[1]。COVID-19 大流行重创了全球结防系统: 患者发现率骤降、疗程中断, 额外导致 70 万人死亡[1]。耐药菌株蔓延、治疗中断、卫生系统脆弱性与资金短缺, 已成为终结结核的四大瓶颈。同时, 结核病与艾滋病、糖尿病(Diabetes Mellitus, DM)等慢性病协同效应, 使防控形势更加复杂。活动性结核病只是结核病的冰山一角, 暴露于 MTB 后, 约 20%~25%的个体会被感染, 其中 5%在两年内发展为活动性结核病, 其余 90%~95%则依靠宿主免疫反应控制感染, 进入结核潜伏感染(Latent Tuberculosis Infection, LTBI)。LTBI 一般无临床症状, 也无传染性, 但约 5%~10%的人可能会发生结核病再激活[2]。要实现“终结结核病”目标, 仅治疗活动性结核是不够的, 必须管理庞大的“潜伏患者库”, LTBI 管理是结核防控的战略转型核

心。WHO 推荐将 LTBI 筛查与 TPT 纳入国家防控体系,重点覆盖人类免疫缺陷病毒(Human Immunodeficiency Virus, HIV)感染者、病原学阳性肺结核患者密切接触者等高危人群。

2. 新型疫苗研发

目前,全球唯一广泛获得许可并使用的结核病疫苗是卡介苗(BCG),现暂无疫苗可取代 BCG。BCG 主要针对新生儿和幼儿,对儿童粟粒性结核和结核性脑膜炎的预防效力约为 52%~92%,但对青少年及成人不足 50%,且对 LTBI 复燃几乎无作用[3] [4]。在全球每年超 1000 万新发病例以及耐药结核病(MDR-TB)持续威胁下,开发覆盖全人群、兼具预防发病与治疗的新型疫苗成为国际社会迫切的需求。全球结核疫苗研发已取得了一定程度的突破,现共有 16 种结核候选疫苗进入临床试验阶段,其中 6 款疫苗已推进至 III 期关键验证阶段[5]。BCG 再接种策略通过优化接种程序探索成人保护力提升路径,在某些临床试验中,其保护效果可能优于新型结核疫苗,但个体免疫应答差异显著限制了其普适性[6]。M72/AS01_E 为蛋白/佐剂亚单位疫苗,在非洲临床试验中显示出 54% 的成人保护效力,有望成为首款针对青少年及成人肺结核的预防性疫苗[7]。

尽管新型结核疫苗研发取得一定进展,但仍面临重重挑战:其一,MTB 具有独特的潜伏感染能力与免疫逃逸,其 MTB 调控宿主的细胞内核酸受体信号通路,逃避宿主先天免疫识别,干预宿主细胞膜转运及膜完整性、细胞死亡、自噬过程,使 MTB 在巨噬细胞内长期存活甚至繁殖。同时,MTB 将多种效应蛋白传递到宿主细胞中,与宿主泛素系统的分子组分和其它固有细胞免疫蛋白直接相互作用,抑制炎症反应,免疫逃避清除[8]。其二,临床试验存在地理失衡的问题。结核高负担国家(多为中低收入地区)医疗基础设施薄弱,制约了大规模研究的实施,极大可能推迟研发周期,显著影响了 2035 年终结结核病目标的实现。其三,资金分配面临短缺,2023 年全球结核疫苗研发投入仅 4.8 亿美元,不足 WHO 年度需求估算(24 亿美元)的 20%,中低收入国家虽承受 98% 的疾病负担,却常因技术转让及生产授权壁垒被挡在核心决策之外[1]。

3. LTBI 的筛查

2023 年全球结核病发现率为 75.9%,漏诊多为亚临床结核病及肺外结核病,及时诊断与早期精准治疗结核病可提高患者生存率、改善预后并有效遏制其传播。在结核病诊断中,痰涂片、痰培养、快速分子检测等受种种限制;在用于诊断结核感染的技术中,传统结核菌素皮肤试验(Tuberculin Skin Test, TST)成本低廉但特异性受限, γ -干扰素释放试验(Interferon Gamma Release Assays, IGRA)特异性达 92%~98% 而单次检测成本高。在许多中高收入国家,IGRA 已经部分或完全取代了 TST,成为 LTBI 筛查的首选方法,特别是在接种过 BCG 的人群中。

WHO 推荐用于检测 LTBI 的结核分枝杆菌抗原皮肤试验(Mycobacterium Tuberculosis Antigen-Based Skin Tests, TBST)有印度的 Cy-Tb、俄罗斯的 Diaskintest 及中国的 EC 皮肤试验抗原,其本质都是重组 ESAT-6/CFP-10。TBST 是针对 LTBI 诊断和菌阴肺结核的辅助诊断等问题而研发的新产品,特异性高达 98%,成本仅为 IGRA 的五分之一,对肺结核和肺外结核的辅助诊断具有较好的参考价值[9];且可规避卡介苗接种干扰,为高负担国家提供了更优的筛查方案。需要注意的是,皮肤抗原试验需注射后 48-72 小时后返回查看结果,提前或超时判读都会影响准确性。

在当前 LBTI 筛查技术背景下,开发一种快速、低成本的检测方法已成为迫切需求。今年,全球首款基于血液的 MTB 检测技术——CRISPR 驱动的结核菌核酸适配体荧光检测系统(CRISPR-Driven Aptamer Fluorescence Testing, CRAFT)正式问世。CRAFT 无需痰液,在 20 分钟内完成 TB 的即时诊断,具有操作简便、设备要求低,灵敏度高等优势,尤其适于基层与资源受限地区使用[10]。然而,该技术尚未实现临

床转化, 未来仍需进一步优化检测平台, 推动其在即时检验领域的广泛应用。

4. 结核病预防性治疗(TPT)

尽管活动性结核病的早期诊疗是防控核心, 目前, 全球约有四分之一人口处于 LTBI 状态, 围绕 LTBI 管理是结防新支点。WHO 推荐对 LTBI 中的高危人群实施 TPT, 其二级预防效果显著: Meta 分析显示 TPT 可使普通人群进展为活动性结核病的风险降低 60%, HIV 感染者风险降幅达 90% [11]。随机对照试验显示, TPT 在高负担环境中均有益处, 无论 TST/IGRA 结果如何[12]。现行 TPT 方案包含化学预防与免疫干预两类: 含利福霉素类的短程方案(如 3HP/3HR)因依从性高和肝毒性低, 逐步替代长程单药方案; 中国自主研发的母牛分枝杆菌制剂通过增强高效免疫应答, 保护效力达 54.7%[7]。此外, 营养支持亦可降低家庭接触者中的 TB 发病率[13]。

然而, 受治疗方案复杂、疗程长、个体认知水平及社会经济条件不足等多方面因素的限制, 2023 年全球 TPT 覆盖率仅 38%。中国一项多中心研究表明, 医护人员、学生、教师的 TPT 接受率低于其他职业者, 这一发现与传统认知存在差异; 拒绝接受 TPT 的主要原因是对其效果及副作用的担忧[14]。为提高 TPT 覆盖率, 可以从以下两个层面着手: 一方面, 加强综合医疗机构多学科之间的协作, 推动结防的整合管理, 为高危人群实施精准 TPT, 提高防控效果。另一方面, 通过系统化的健康教育纠正公众及患者对 TPT 的误解, 提高认知接受度, 尤其应在学校等集体环境中加大宣传力度。

5. 特殊人群管理

识别并干预 LTBI 高进展风险者是很有必要的, 包括 HIV 感染者、陈旧性肺结核患者、糖尿病患者、老年人、密切接触者、免疫抑制患者(如器官移植受者、长期使用免疫抑制剂治疗的患者)等。减少高危人群进展是终结疫情的关键突破口。

5.1. HIV 感染者

HIV 感染者发生结核病的风险是普通人群的 20 倍, 且活动性结核易被漏诊, 2023 年全球结核病例中 6.1%合并 HIV 感染。多中心 Meta 分析表明, 约 1/4 HIV 感染者死亡直接归因于结核病, 近 50%的 HIV 相关死亡归因于未确诊结核病, 凸显了 HIV 综合治疗中结核病的预防和筛查的重要性[15]。HIV 耗竭 CD4⁺T 细胞、扰乱 IFN- γ /IL-10 失衡促进 TB 进展, MTB 则加速 HIV 复制与免疫激活[16]。

在结核病发病的主要影响因素中, HIV 感染风险最高, 一旦排除活动性结核, 应立即行 TPT 评估并将其作为 HIV 综合治疗的一部分[12]。即使 TPT 期间, 也需警惕进展为活动性结核病, 一旦确诊为活动性结核病, 应立即启动抗结核治疗, 以改善患者生存结局。WHO 建议 HIV 患者每次就诊时结合患者病史、结核病典型症状和体征、检验检查等进行系统性筛查, 筛查频率至少一年一次。有研究建议, 可将 CRP (≥ 5 mg/L)、血沉、CD4⁺T 细胞计数联合症状(咳嗽、发热、盗汗、体重下降 $\geq 10\%$)构建评分系统; 对筛查阳性者进一步行胸部低剂量 CT 及快速分子检测(如 Xpert MTB/RIF, 可同步识别利福平耐药), 以提高 HIV 合并结核病的早期诊断率[17]。此外, WHO 明确建议对住院的 HIV 阳性患者使用侧流尿脂阿拉伯甘露聚糖测定(LF-LAM), TB-LAM 阳性也是 HIV/TB 双重感染者死亡的独立风险因素[18]。有效的抗逆转录病毒治疗(Antiretroviral Therapy, ART)是预防 HIV 中结核病的最有效工具, 最高降幅达 84%, 且该保护效应与 CD4⁺计数无关[19]。WHO 建议, 对于 HIV/TB 共染者, 在抗结核治疗后的 2 周内尽早启动 ART, 可改善生存率。尽管已有国际指南推荐, HIV 相关结核病的防控策略在全球范围内的落地实施仍面临诸多挑战。各国还需结合本地实际情况, 推进相关政策的执行与优化, 以改善这一重大卫生问题。

5.2. 既往结核病治疗史

既往有结核病治疗史的人群结核复发、预后不良和耐药风险均显著增加。研究表明, TB 复发的概率与治疗不理想有关, 在高发病率地区, 在成功治疗后平均随访率仅 4.10/100 人年, 其中, 外源性再感染风险较普通人群升高 4 倍, 耐药转化风险增加 10.2 倍, 复发患者全因死亡率较普通人群升高 3 倍[20], 可能与肺纤维化微环境形成(CD8⁺ T 细胞浸润减少 42%)及空洞病灶细菌持续存活有关[21]。

循证管理推荐结核病治愈后实施 24 个月强化监测: 每 6 个月进行症状筛查联合胸部影像学检查, 高危亚组(如空洞性病灶残留/HIV 组)追加快速分子检测。研究发现, 男性、年龄 ≥ 60 岁、糖尿病、初治病原学阳性及吸烟的患者的复发风险明显更高[22] [23]。此外, 吸烟是复发独立危险因素, 吸烟频率与结核病复发风险之间存在剂量反应关系[24], 戒烟干预纳入常规治疗可显著降低复发与死亡[25]。

5.3. 糖尿病

糖尿病(DM)使结核病发病风险升高 3.1 倍, 病程 ≥ 10 年者风险持续增加[26]。DM 会影响 MTB 对吞噬细胞的趋化性、吞噬作用、活化和抗原呈递, 高血糖通过抑制巨噬细胞自噬及破坏 Th1/Th17 免疫应答, 使 MTB 存活率升高 3 倍、菌阳率升高 2.3 倍, 且无症状结核比例达 39.8%, 致结核病感染、进展和死亡的风险显著增加[27] [28]。此外, 降糖药和抗结核药物相互作用亦可削弱疗效[29]。

DM 是一种慢性消耗性疾病, 当患者血糖控制不佳, 可引起糖、脂等多种代谢紊乱, 尤其合并有低蛋白型营养不良时, 这种微环境加剧了 MTB 的易感性, 也为 MTB 的定植和生存提供了更有利的条件[30]。因此, 严格控糖有助于降低 TB 发病风险并改善预后。我们建议将结核病筛查嵌入 40 岁及以上 2 型糖尿病患者年度体检, 常规开展结核病症状筛查和胸部影像学检查; 对所有新诊断的结核病患者进行糖尿病常规筛查, 若资源有限, 存在潜在空腹血糖受损、糖尿病家族史、痰涂片阳性的 TB 患者应该进行糖尿病筛查。WHO 指南强调需构建 DM-TB 协同管理网络, 以减少这两种疾病的发病率和死亡率, 减轻 TB/DM 共病的负担。

5.4. 老年人

老年人群是结核病发病与死亡的重点人群, 其结核患病率约为其他年龄段的 2~3 倍, 且构成比逐年上升。该群体病原学假阴性率高, 病死率可达普通人群的 4 倍[31]。老年人常合并多种基础疾病及免疫功能衰退, 治疗过程中更易出现不良反应, 导致患者停药或中断治疗, 甚至进展成耐药。此外, 老年人肺结核的临床症状与肺炎相似, 尤其合并糖尿病时, 影像学征象缺乏特异性, 临床鉴别诊断难度大。研究表明, MTB 特异性 IFN- γ 和 IL-2 联合检测在老年肺结核患者中具有较好的辅助诊断价值, 尤其是老年菌阴型肺结核[32]。

针对老年人群的结核病主动筛查, 应根据各地的资源可及性流行病学特征, 制定个体化筛查策略。建议在基层医疗卫生机构常规体检的老年人群普遍开展结核病症状筛查和胸部影像学检查等措施。同时, 建议推广人工智能辅助读片等新技术, 以提高筛查效率和诊断及时性。

在浙江省的一项前瞻性队列研究显示, 在 60 岁以上的老年人、糖尿病患者及有结核病治疗史的人群中, 无症状结核病患者占 47.7% (92/193 例)[33]。因此, 对具备结核病发病高危因素的个体, 应积极开展结核病筛查, 通过健康饮食和改变生活方式, 尽量避免更多的高危因素; 对同时存在多种危险因素的免疫功能低下者, 更应及时进行 TPT 评估。

6. 结核病感染管理的策略优化

结核病是一种与经济条件密切相关的疾病, 其发病多集中在经济落后区域。全球约 20% 的结核病发

病可归因于营养不良，它既是活动性结核病发生的风险因素，也是病情进展为重症结核的影响因素[34]。通过改善区域发展不平衡、消除贫困可有效减少结核病的发生；同时，加大对中低收入国家卫生服务体系的投资也尤为关键。2024 年，结防资金缺口达 130 亿美元，各国政府需进一步增加财政投入，建立和加强结核病研究网络，并与全球结核病研究和创新策略保持一致。

诊断并规范管理结核病感染被认为是结核病消除的核心干预措施之一。结防需立法保障，以提升防治效能。各国应根据国情制定和实施与国家结核病研究战略相配套的法律法规，确保拥有充足的财政和其他资源以支持防控工作顺利开展。通过构建跨部门协作机制，整合多部门资源，将结核病控制计划与全民医保计划相衔接，可显著提高政策效能。如将门诊结核病治疗、全口服短程方案、新型诊断技术纳入基本医保目录，并将患者自付比例压降至 10% 以下，从而提高患者就医意愿和治疗依从性[35]。但在韩国一项研究中，只降低患者自负比例政策的效果有限，并未明显提高结核病治疗完成率。必须引入针对收入损失的社会保障政策，如带薪病假和住房支持，才能进一步实现有效的全民医保[36]。研究显示，约 50%-70% 的结核病传播发生在确诊前窗口期，导致在家庭、学校等封闭环境的持续扩散[22]。WHO 强调应通过立法实施强制高危场所防控措施，如在学校开展定期结核菌素筛查、改造监狱通风系统。

社区参与是结防的关键一环。在社区层面建立结核病感染筛查和检测登记册，以构建结核病感染的“护理级联”，从而更好控制结核病；社区居民的结核病知晓率与国家制定的标准还存在一定差距，加强全民结核病科普教育，尤其关注农村地区低收入、低文化人群[37]，将结核病去污名化，减少结核病的耻辱感，降低受影响家庭和卫生系统的成本，改善依从性和治疗结果[38]；通过网格化筛查高危人群，大力开展结核病的主动筛查，推动结防从“被动诊疗”向“主动防控”转型。如在 Bonnet M [39] 等研究下，基于社区参与与定期随访，TPT 的覆盖率明显提升，减少结核病负担。

结防需要技术创新与医学人文关怀。一方面，通过立法保障患者尊严，明确政府责任，推动多部门合作；另一方面，通过国家政策消除贫困，提升医疗水平，降低结核发病率。同时，强调社区参与，推进无结核社区建设，强化主动筛查与预防性治疗。唯有将科学精神与社会正义深度融合，才能终结这场绵延千年的瘟疫。

7. 未来挑战与展望

近些年来，结防总体取得显著进展，但局部高风险、耐药传播与预防性治疗的短板，仍可能随时打破来之不易的成就。区域异质性使结防工作更有挑战性，“一刀切”政策早已行不通，各国各地区需因地制宜细化当地结防政策，且需多部门协同工作。而现有的结核病防治服务体系，技术、人力、资源、资金投入不能满足新形势下的需要，实现终结结核病的目标仍然面临多重困难。正如 2025 年世界防治结核病日主题所呼吁的——“全面行动，全力投入，全民参与”，终结这一千年顽疾需要全社会共同努力。在结核病流行地区，通过健康饮食和合理生活方式、结核病疫苗、结核病早期筛查及干预，可显著降低结核病的发病风险。准确地预测哪些 LTBI 个体将发展为活动性 TB 至关重要，从而确保针对高危人群实施精准预防性治疗。然而，当前检测特异性较低，限制了其在实际防控中的作用。新技术的研发与推广是全面终止结核病流行的根本保障，技术革新仍是推动防控进程的关键驱动因素。有效预防结核病需要多管齐下，包括新型疫苗研发、改进的检测方法，以及更短程、更易接受的预防性治疗方案。低负担国家的结核病的防治重点往往局限于移民人群，高负担国家仍面临广泛传播与众多高危人群困扰的严峻挑战。因此，必须制定更完善的防控策略、更强有力的政策支持与更多的资金投入、推动国际合作和创新研究，从而减轻结核病的全球负担，提升科学防控水平，加速实现“终止结核病”的目标。

参考文献

- [1] World Health Organization (2024) Global Tuberculosis Report 2024. World Health Organization.

- [2] Vasiliu, A., Martinez, L., Gupta, R.K., Hamada, Y., Ness, T., Kay, A., *et al.* (2024) Tuberculosis Prevention: Current Strategies and Future Directions. *Clinical Microbiology and Infection*, **30**, 1123-1130. <https://doi.org/10.1016/j.cmi.2023.10.023>
- [3] 于慧敏, 郑徽, 刘二勇, 等. 结核病疫苗免疫策略研究进展[J]. 中国防痨杂志, 2025, 47(7): 930-939.
- [4] Nguipdop-Djomo, P., Heldal, E., Rodrigues, L.C., Abubakar, I. and Mangtani, P. (2016) Duration of BCG Protection against Tuberculosis and Change in Effectiveness with Time since Vaccination in Norway: A Retrospective Population-Based Cohort Study. *The Lancet Infectious Diseases*, **16**, 219-226. [https://doi.org/10.1016/s1473-3099\(15\)00400-4](https://doi.org/10.1016/s1473-3099(15)00400-4)
- [5] 王歆尧, 姜美丽, 庞元捷, 等. 全球结核病疫苗研发进展[J]. 中华流行病学杂志, 2025, 46(8): 1473-1479.
- [6] Nemes, E., Geldenhuys, H., Rozot, V., Rutkowski, K.T., Ratangee, F., Bilek, N., *et al.* (2018) Prevention of *M. tuberculosis* Infection with H4:IC31 Vaccine or BCG Revaccination. *New England Journal of Medicine*, **379**, 138-149. <https://doi.org/10.1056/nejmoa1714021>
- [7] Tait, D.R., Hatherill, M., Van Der Meeren, O., Ginsberg, A.M., Van Brakel, E., Salaun, B., *et al.* (2019) Final Analysis of a Trial of M72/AS01E Vaccine to Prevent Tuberculosis. *New England Journal of Medicine*, **381**, 2429-2439. <https://doi.org/10.1056/nejmoa1909953>
- [8] Chai, Q., Wang, L., Liu, C.H. and Ge, B. (2020) New Insights into the Evasion of Host Innate Immunity by *Mycobacterium tuberculosis*. *Cellular & Molecular Immunology*, **17**, 901-913. <https://doi.org/10.1038/s41423-020-0502-z>
- [9] 徐春华, 朱士玉, 胡屹, 等. 重组结核杆菌融合蛋白在肺结核密切接触者中筛查结核分枝杆菌感染效果分析[J]. 中国防痨杂志, 2024, 46(8): 897-902.
- [10] Liu, S., Xiao, G., Li, P., Xu, Y., Fan, X., Tian, L., *et al.* (2025) Plasma-Based Ultrasensitive Detection of *Mycobacterium tuberculosis* ESAT6/CFP10 Fusion Antigen Using a CRISPR-Driven Aptamer Fluorescence Testing (CRAFT). *Biosensors and Bioelectronics*, **284**, Article ID: 117566. <https://doi.org/10.1016/j.bios.2025.117566>
- [11] Ayele, H.T., Mourik, M.S.M.v., Debray, T.P.A. and Bonten, M.J.M. (2015) Isoniazid Prophylactic Therapy for the Prevention of Tuberculosis in HIV Infected Adults: A Systematic Review and Meta-Analysis of Randomized Trials. *PLOS ONE*, **10**, e0142290. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0142290>
- [12] Ryckman, T., Weiser, J., Gombe, M., Turner, K., Soni, P., Tarlton, D., *et al.* (2023) Impact and Cost-Effectiveness of Short-Course Tuberculosis Preventive Treatment for Household Contacts and People with HIV in 29 High-Incidence Countries: A Modelling Analysis. *The Lancet Global Health*, **11**, e1205-e1216. [https://doi.org/10.1016/s2214-109x\(23\)00251-6](https://doi.org/10.1016/s2214-109x(23)00251-6)
- [13] Franco, J.V., Bongaerts, B., Metzendorf, M.I., *et al.* (2024) Undernutrition as a Risk Factor for Tuberculosis Disease. *Cochrane Database of Systematic Reviews*, **6**, CD015890.
- [14] Ren, J., Huang, F., Chen, H., *et al.* (2024) Barriers to the Acceptance of Tuberculosis Preventive Treatment: A Multi-center Cross-Sectional Study in China. *Biomedical and Environmental Sciences*, **37**, 1303-1309.
- [15] Dhana, A., Hamada, Y., Kengne, A.P., Kerkhoff, A.D., Rangaka, M.X., Kredo, T., *et al.* (2022) Tuberculosis Screening among HIV-Positive Inpatients: A Systematic Review and Individual Participant Data Meta-Analysis. *The Lancet HIV*, **9**, e233-e241. [https://doi.org/10.1016/s2352-3018\(22\)00002-9](https://doi.org/10.1016/s2352-3018(22)00002-9)
- [16] Shen, Y. (2024) *Mycobacterium tuberculosis* and HIV Co-Infection: A Public Health Problem That Requires Ongoing Attention. *Viruses*, **16**, Article No. 1375. <https://doi.org/10.3390/v16091375>
- [17] 黄威, 沈银忠. 艾滋病合并结核病诊治中的关键问题[J]. 结核与肺部疾病杂志, 2022, 3(6): 431-436.
- [18] Yang, Q., Han, J., Shen, J., Peng, X., Zhou, L. and Yin, X. (2022) Diagnosis and Treatment of Tuberculosis in Adults with HIV. *Medicine*, **101**, e30405. <https://doi.org/10.1097/md.00000000000030405>
- [19] Sossen, B., Kubjane, M. and Meintjes, G. (2025) Tuberculosis and HIV Coinfection: Progress and Challenges towards Reducing Incidence and Mortality. *International Journal of Infectious Diseases*, **155**, Article ID: 107876. <https://doi.org/10.1016/j.ijid.2025.107876>
- [20] 徐彩虹, 张文宏, 赵雁林. 开展基于社区和机构的主动筛查提升结核病患者发现水平[J]. 中华传染病杂志, 2025, 43(3): 129-134.
- [21] Vega, V., Rodríguez, S., Van der Stuyft, P., Seas, C. and Otero, L. (2021) Recurrent TB: A Systematic Review and Meta-Analysis of the Incidence Rates and the Proportions of Relapses and Reinfections. *Thorax*, **76**, 494-502. <https://doi.org/10.1136/thoraxjnl-2020-215449>
- [22] Khattak, M., Rehman, A.u., Muqaddas, T., Hussain, R., Rasool, M.F., Saleem, Z., *et al.* (2024) Tuberculosis (TB) Treatment Challenges in TB-Diabetes Comorbid Patients: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Annals of Medicine*, **56**, Article ID: 2313683. <https://doi.org/10.1080/07853890.2024.2313683>
- [23] Wang, Y., Shi, J., Yin, X., Tao, B., Shi, X., Mao, X., *et al.* (2024) The Impact of Diabetes Mellitus on Tuberculosis

- Recurrence in Eastern China: A Retrospective Cohort Study. *BMC Public Health*, **24**, Article No. 2534. <https://doi.org/10.1186/s12889-024-20019-5>
- [24] Lin, H., Xiao, L., Chen, Y., Zeng, X., Zhang, X. and Lin, Y. (2024) Smoking Cessation to Prevent Death and Tuberculosis Recurrence after Treatment: A Prospective Cohort Study with a Seven-Year Follow-Up in China. *Journal of Global Health*, **14**, Article No. 04187. <https://doi.org/10.7189/jogh.14.04187>
- [25] Siddiqi, K., Keding, A., Marshall, A., Dogar, O., Li, J., Huque, R., *et al.* (2021) Effect of Quitting Smoking on Health Outcomes during Treatment for Tuberculosis: Secondary Analysis of the TB & Tobacco Trial. *Thorax*, **77**, 74-78. <https://doi.org/10.1136/thoraxjnl-2020-215926>
- [26] Franco, J.V., Bongaerts, B., Metzendorf, M.I., *et al.* (2024) Diabetes as a Risk Factor for Tuberculosis Disease. *Cochrane Database of Systematic Reviews*, **8**, CD016013.
- [27] Dooley, K.E. and Chaisson, R.E. (2009) Tuberculosis and Diabetes Mellitus: Convergence of Two Epidemics. *The Lancet Infectious Diseases*, **9**, 737-746. [https://doi.org/10.1016/s1473-3099\(09\)70282-8](https://doi.org/10.1016/s1473-3099(09)70282-8)
- [28] Asante-Poku, A., Asare, P., Baddoo, N.A., Forson, A., Klevor, P., Otchere, I.D., *et al.* (2019) TB-Diabetes Co-Morbidity in Ghana: The Importance of *Mycobacterium africanum* Infection. *PLOS ONE*, **14**, e0211822. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0211822>
- [29] Buasroung, P., Petnak, T., Liwtanakitpipat, P. and Kiertiburanakul, S. (2022) Prevalence of Diabetes Mellitus in Patients with Tuberculosis: A Prospective Cohort Study. *International Journal of Infectious Diseases*, **116**, 374-379. <https://doi.org/10.1016/j.ijid.2022.01.047>
- [30] Boadu, A.A., Yeboah-Manu, M., Osei-Wusu, S. and Yeboah-Manu, D. (2024) Tuberculosis and Diabetes Mellitus: The Complexity of the Comorbid Interactions. *International Journal of Infectious Diseases*, **146**, Article ID: 107140. <https://doi.org/10.1016/j.ijid.2024.107140>
- [31] 中华医学会结核病学分会. 老年肺结核诊断与治疗专家共识(2023 版) [J]. 中华结核和呼吸杂志, 2023, 46(11) : 1068-1084.
- [32] 张鑫, 杨增伟, 孙建军, 等. IFN- γ 和 IL-2 联合检测对老年人群肺结核辅助诊断及与肺炎患者鉴别诊断的价值[J]. 临床肺科杂志, 2025, 30(3): 412-416.
- [33] Ge, S., Liu, K., Jiang, X., Feng, Z., Chen, S., Feng, Y., *et al.* (2025) Prevalence, Progression, and Treatment of Asymptomatic Tuberculosis: A Prospective Cohort Study in Lanxi County, Zhejiang Province, China. *Open Forum Infectious Diseases*, **12**, ofaf275. <https://doi.org/10.1093/ofid/ofaf275>
- [34] McQuaid, C.F., Clark, R.A., White, R.G., Bakker, R., Alexander, P., Henry, R., *et al.* (2025) Estimating the Epidemiological and Economic Impact of Providing Nutritional Care for Tuberculosis-Affected Households across India: A Modelling Study. *The Lancet Global Health*, **13**, e488-e496. [https://doi.org/10.1016/s2214-109x\(24\)00505-9](https://doi.org/10.1016/s2214-109x(24)00505-9)
- [35] Jiang, W., Dong, D., Febriani, E., Adeyi, O., Fuady, A., Surendran, S., *et al.* (2024) Policy Gaps in Addressing Market Failures and Intervention Misalignments in Tuberculosis Control: Prospects for Improvement in China, India, and Indonesia. *The Lancet Regional Health—Western Pacific*, **46**, Article ID: 101045. <https://doi.org/10.1016/j.lanwpc.2024.101045>
- [36] Yu, S., Moon, D., Jeong, D., Kang, Y.A., Lee, G.I. and Choi, H. (2024) Beyond Reducing Direct Medical Cost: Examining Health Outcomes in Tuberculosis through a Difference-in-Differences Analysis of South Korea's Out-of-Pocket Payment Exception Policy. *Frontiers in Public Health*, **12**, Article ID: 1380807. <https://doi.org/10.3389/fpubh.2024.1380807>
- [37] 霍丽丽. 山东省滨州市社区居民对结核病防治核心信息知晓情况和需求调查[J]. 中国基层医药, 2022, 29(11): 1703-1706.
- [38] Calderwood, C.J., Timire, C., Mavodza, C., Kavenga, F., Ngwenya, M., Madziva, K., *et al.* (2024) Beyond Tuberculosis: A Person-Centred and Rights-Based Approach to Screening for Household Contacts. *The Lancet Global Health*, **12**, e509-e515. [https://doi.org/10.1016/s2214-109x\(23\)00544-2](https://doi.org/10.1016/s2214-109x(23)00544-2)
- [39] Bonnet, M., Vasiliu, A., Tchounga, B.K., *et al.* (2023) Effectiveness of a Community-Based Approach for the Investigation and Management of Children with Household Tuberculosis Contact in Cameroon and Uganda: A Cluster-Randomised Trial. *The Lancet Global Health*, **11**, e1911-e1921.