

• 综 述 • DOI:10. 3969/j. issn. 1672-9455. 2026. 03. 023

口腔拭子在肺结核诊断中的作用*

刘 妍 综述,郭述良[△]审校

重庆医科大学附属第一医院呼吸与危重症医学科,重庆 400016

摘 要:结核病全球负担加剧,传统痰液检测在肺结核诊断中存在诸多局限,如可能产生气溶胶传播危害、对特定人群采样困难、部分检测手段侵入性强等。口腔拭子作为无创替代检测方法极具应用前景。该文从口腔拭子的生物学依据、操作流程及诊断效能角度出发,系统总结其研究进展。当前研究存在标准化流程缺失、特定人群研究不足、儿童检测灵敏度低等问题。未来需建立统一操作标准,扩大对儿童、人类免疫缺陷病毒患者等特定人群的研究,并探索和改良检测方案以提升灵敏度。随着技术优化,口腔拭子有望成为肺结核诊断的理想替代方案,助力实现世界卫生组织 2035 年消除结核病的目标。

关键词:肺结核; 口腔拭子; 无创; 诊断
中图法分类号:R521;R446.5 **文献标志码:**A **文章编号:**1672-9455(2026)03-0428-05

The role of oral swabs in the diagnosis of pulmonary tuberculosis*

LIU Yan, GUO Shuliang[△]

Department of Respiratory and Critical Care Medicine, the First Affiliated Hospital
of Chongqing Medical University, Chongqing 400016, China

Abstract: The global burden of tuberculosis (TB) continues to rise, yet traditional sputum-based diagnostic methods face significant limitations, which include risks of aerosol transmission during sample collection, challenges in obtaining specimens from specific populations, and the invasiveness of certain procedures. As a non-invasive alternative detection method oral swabs have great application prospects. This article comprehensively reviews the biological basis, operation procedures and clinical diagnostic performance of oral swabs in tuberculosis detection. Current research still faces several challenges, including the absence of standardized protocols, inadequate investigations on specific population, and suboptimal detection sensitivity in children. In the future, it is necessary to establish unified operation guidelines, expand research on specific populations such as children and human immunodeficiency virus patients, and improve testing protocols to enhance sensitivity. With technological advancements, oral swabs are expected to become an ideal alternative solution for pulmonary tuberculosis diagnosis, contributing to achieving the World Health Organization's goal of eliminating tuberculosis by 2035.

Key words: pulmonary tuberculosis; oral swab; non-invasive; diagnosis

2023 年全球结核病患者总数增至 1 080 万例,较 2022 年明显增加,其中新增确诊病例数达 820 万,因结核造成的死亡人数达 125 万;此外耐多药和利福平耐药结核(MDR/RR-TB)依然是全球公共卫生危机,仅有 44% 的 MDR/RR-TB 患者得到了确诊和治疗^[1]。这些数据表明,结核病的全球负担急剧上升,突显了扩大结核病诊断覆盖、缩短诊断-治疗时间窗及遏制疾病传播的迫切需求。

目前痰液检测仍是肺结核诊断的标准方法,尽管痰培养作为肺结核细菌学确诊的金标准,但其成本高、基础设施要求高且耗时长,在许多高负担国家中并不作为主要检测手段;而痰涂片显微镜检查虽然快速便捷,但由于灵敏度低和无法确定耐药性的缺点,世界卫生组织(WHO)推荐使用其他快速诊断测试如结核分枝杆菌及利福平耐药基因检测(Xpert MTB/

RIF)替代^[2]。同时痰液标本的收集在一些特定人群如儿童、老年人、干咳及人类免疫缺陷病毒(HIV)感染患者中具有挑战性,并且在痰液收集过程中可能产生对医护人员和其他患者有害的具有传染性的气溶胶^[3-4]。另一方面,尽管支气管肺泡灌洗液可以取代痰液检测,但其作为一种有创的侵入性手段,并非适用于所有患者,并且需要高昂医疗设备和专业人员培训,在许多结核病高负担的低收入和中等收入国家中并不普及^[5]。

由于痰液标本检测的局限性,迫切需要寻找非侵入性的即时诊断的非痰液检测方法,以实现 WHO 到 2035 年消除结核病的目标^[6]。在成人 HIV 感染患者中 WHO 推荐可检测尿液中的脂阿拉伯甘露聚糖来替代痰液标本,但灵敏度有限并且不能检测出耐药性^[2];尽管在儿童患者中还可以使用核酸扩增检测手

* 基金项目:国家杰出医师人才项目。

[△] 通信作者, E-mail: guoshul666@163. com。

引用格式:刘妍,郭述良. 口腔拭子在肺结核诊断中的作用[J]. 检验医学与临床, 2026, 23(3): 428-432.

段检测粪便标本^[7],但可能无法区分肺结核和肠结核,并且尿液与粪便标本的采集需要在具备隐私性的环境中进行。

相比之下,口腔拭子通过使用无菌刷子轻轻刮取舌背、颊黏膜、牙龈或口咽部表面的细胞,具有操作便捷、耗时短、非侵入性、不会产生气溶胶,以及适用于各种医疗环境的优点。作为一种极具前景的非痰液标本检测方法,口腔拭子在肺结核诊断领域展现出不可忽视的潜力,有望为肺结核的诊断带来新的突破^[8]。本文对肺结核诊断中的口腔拭子检测进行了总结和分析,重点围绕其生物学依据、采集处理流程、临床诊断效能展开,旨在为结核诊断领域的无创非痰液标本检测技术贡献全新见解。

1 口腔拭子用于肺结核诊断的生物学依据

口腔中微生物群落的多样性仅次于肠道,容纳了超过 700 种病原微生物,包括新型冠状病毒和结核分枝杆菌,是人体的第二大微生物储存库;口腔分泌物中还富含蛋白质、核酸、细胞外囊泡,以及内源性和外源性代谢物等多种生物成分^[9-11]。因此对口腔内生物标志物、蛋白组学及微生物群变化的研究,在多种疾病的研究领域得到了广泛应用,包括癫痫、癌症及传染病等^[12-14]。随着各种检测技术的发展,口腔拭子不仅可以用来检测螺旋体、病毒、细菌等病原微生物的遗传物质,还可以检测口腔中存在的抗体、抗原、细胞因子等免疫分子^[15-18]。此外,口腔拭子还可作为检测肿瘤相关基因如乳腺癌易感基因(BRCA)^[19]、视网膜母细胞瘤易感基因 1(RB1)^[20]的血液替代来源。

作为人体与外界连接的主要通道,口腔是寻找传染病病原微生物及生物标志物实用且方便、快捷的部位。含有病原微生物的气溶胶主要经鼻腔、口腔单独吸入,或经口鼻同时吸入进入呼吸道。舌位于口腔中央,并且具有粗糙的表面结构,这一特点使得舌头不仅可积聚来自呼吸道的微生物^[21],结核分枝杆菌(MTB)亦可在其表面的上皮细胞中定植^[8]。而当人体处于仰卧位时,口咽部同样会汇集来自鼻咽部和下呼吸道经纤毛运动转运而来的分泌物^[22]。在肺部感染期间,痰液中的微生物则可能通过口腔黏膜损伤处或血液循环途径进入口腔^[23]。这些都意味着口腔能以多种途径接触并留存各类病原微生物,为疾病检测提供了丰富的标本来源。除肺结核外,口腔拭子检测还在其他非口腔源性传染病诊断中展现出显著潜力,如新型冠状病毒感染、疟疾及埃博拉出血热^[21]。

2 口腔拭子采集与处理的操作流程

目前有关口腔拭子用于肺结核诊断的研究中,根据采集部位主要分为牙龈拭子、颊拭子和舌拭子^[24]。当前口腔拭子的采集过程尚无统一标准,加之不同检测方法的处理过程存在差异,导致在不同研究中,拭子的采集和处理流程不尽相同。

由于进食会刺激口腔产生更多唾液,这些唾液一方面会稀释口腔中的 MTB 浓度,另一方面会导致 MTB 随吞咽进入消化道,进一步降低了 MTB 在口腔中的留存数量^[25]。因此多项研究要求受试者在拭子

采集前至少 30 min 内禁食禁饮,以及避免刷牙、漱口等口腔活动^[26-29],部分研究甚至将禁食时间延长至 4 h 以上^[30]。WANG 等^[26]研究则建议在清晨进行拭子采集,这可能是因为夜间 MTB 会在口腔中积聚,进而使早晨口腔中的 MTB 浓度升高,从而能提高检测的灵敏度。

当进行舌拭子采集时,工作人员用无菌拭子在受试者舌背前 2/3 部位用力来回擦拭 10 ~ 20 s^[27-29,31-33];若进行颊拭子采集,则由工作人员用拭子在两边脸颊内侧稍用力擦拭 10 s^[30,34-37];牙龈拭子的采集过程则与颊拭子相似,但采样部位集中于牙龈区域,重复刷取 7 ~ 8 次^[38]。

拭子采集完毕之后,通常将拭子头转移至含缓冲液的无菌试管中,但不同研究存在差异。例如 WOOD 等^[39]和 CHILAMBI 等^[29]采用干燥试管保存标本,而 WANG 等^[26]则选择含无菌生理盐水的试管进行保存。多数研究将收集好的标本冷冻于 -80 °C 超低温环境直至检测^[32-34,39],也可以像 CHILAMBI 等^[29]将其置于 2 ~ 8 °C 环境下保存但时间不能超过一周。最后,依据不同的检测方法,按照相应检测协议对标本进行处理。比如乌干达一项利用实时荧光定量聚合酶链反应(qPCR)检测舌拭子的研究中^[40],研究人员将收集好的拭子依次进行涡旋、加热、再次涡旋,随后取上清液用于 qPCR 检测。

标本质量是获取可靠且准确的诊断结果的关键。值得注意的是,口腔内采集的标本与未经口腔采集的标本在外观上极为相似,难以进行有效区分。在大规模筛查的情况下,这种外观上的相似性可能会导致采样不充分的情况出现,进而产生假阴性的检测结果^[41]。因此,为了增强口腔拭子检测的准确性和可靠性,未来需要开展大量的研究工作,以明确并建立一套科学、规范、统一的口腔拭子检测标准化流程。

3 口腔拭子在肺结核临床诊断中的运用

现有针对肺结核人群开展的口腔拭子诊断效能的研究结果存在明显差异,这主要是因为在对口腔拭子的相关操作及检测过程中,存在诸多可变因素,各研究中,不仅拭子的采集部位、类型、数量各不相同,而且处理方法和检测技术和采用的参考标准也不尽一致。CHURCH 等^[4]对过往研究中口腔拭子在成人和儿童肺结核患者中的运用进行了全面总结,发现在成人中口腔拭子的灵敏度为 36% ~ 91%,特异度则为 66% ~ 100%;在儿童群体中,口腔拭子检测的特异度为 93% ~ 100%,以微生物培养结果作为参考标准,其灵敏度为 8% ~ 42%,而使用复合检测结果作为参考标准时,其灵敏度为 5% ~ 42%。ZHANG 等^[8]在对肺结核患者进一步开展亚组分析,结果显示口腔拭子在 HIV 阴性患者中的合并灵敏度为 68%,合并特异度达 98%。针对涂片结果不同的肺结核患者,口腔拭子的诊断效能也有所不同:在涂片阳性的患者中,合并灵敏度为 58%;而在涂片阴性的患者里,灵敏度降至 30%,不过 2 种情况下特异度均 > 95%。吴进凤等^[24]在研究中也发现了不同类型口腔拭子的诊断

效能差异,其中舌拭子的灵敏度(73.0%)高于颊拭子(52.0%)。此外,WANG 等^[42]通过 Meta 分析得出,利用核酸扩增技术检测口腔标本诊断肺结核时,合并灵敏度为 50%,合并特异度为 97%。

3.1 口腔拭子在不同人群中的诊断效能 既往在青少年和成人肺结核患者进行的研究中,舌拭子 qPCR 检测展现出优异的诊断价值。STEADMAN 等^[40]在乌干达坎帕拉的 2 个健康中心对 397 例咳嗽超 2 周的青少年和成年人进行了舌拭子手动 qPCR 检测,结果显示,与微生物学培养结果(参考标准)相比,舌拭子 qPCR 检测的灵敏度达 92.6%,特异度为 99.1%,与痰液 Xpert MTB/RIF 相当。在另一项于中国进行的前瞻性多中心研究中,研究者对 729 名参与者的舌拭子采用 TB-EASY qPCR 检测,同样以微生物培养结果作为参考标准,其灵敏度为 87.4%,特异度为 98.0%^[26]。以上 2 项研究均采用手动 PCR 检测方式,而 WOOD 等^[39]在南非进行的研究中使用 2 个自动化 PCR 检测平台对收集的舌拭子进行检测。结果显示,相对于微生物参考标准,Xpert MTB/RIF 的灵敏度为 75.5%,特异度为 100.0%;MTB Ultima 的灵敏度为 71.6%,特异度为 96.9%。由于上述研究的开展地区不同、纳入人群不同,且拭子采集时间、处理方法等多方面也存在差异,因此,目前尚不能判定手动 qPCR 检测口腔拭子的灵敏度优于自动化 qPCR 检测工具。

尽管上述研究均表明舌拭子具有良好的诊断性能,但在儿童患者情况似乎并非如此。COX 等^[30]在南非的两家医院开展研究,收集了 291 名年龄<15 岁、疑似患有肺结核的儿童颊拭子和舌拭子,并运用 Xpert MTB/RIF 进行检测,同时以诱导痰的 Xpert MTB/RIF 检测和培养结果作为参考标准,研究结果显示,颊拭子检测的灵敏度仅为 27.3%,舌拭子的灵敏度更低,只有 19.3%。亚组分析还发现,在 HIV 阳性儿童群体中,口腔拭子检测的灵敏度也仅有 33.3%。在秘鲁开展的另一项研究中,FLORES 等^[35]收集了疑似肺结核儿童的颊拭子,并采用 qPCR 检测。研究发现,根据涂片和培养结果的不同,颊拭子检测的灵敏度存在较大差异。在痰培养阳性的患儿中,颊拭子检测的灵敏度为 21.0%;同时痰涂片阳性患儿的颊拭子检测灵敏度(57.0%)明显高于涂片阴性患儿(5.9%)。然而,总体来看,这些检测的灵敏度都不太理想,可能与儿童 MTB 载量低、采样配合度差有关,在接下来的研究中也也许可以联合粪便检测以提高灵敏度。

有研究对 HIV 感染状态进行亚组分析,发现合并 HIV 感染的结核病患者口腔拭子的 qPCR 信号比未感染患者弱^[38]。在乌干达坎帕拉进行的一项研究中,对舌拭子进行 Xpert Ultra 检测也发现合并 HIV 感染患者的拭子的 C_q 值更高^[27]。不仅如此,在同一研究中口腔拭子在 HIV 感染者中的灵敏度也随之降低。如在 ANDAMA 等^[32]研究中,舌拭子 Xpert MTB/RIF 相对于痰液 Xpert MTB/RIF 检测的总体灵敏度为 77.8%,而在 HIV 感染者中灵敏度降到了

68.5%。但在肯尼亚进行的一项研究中显示,口腔拭子信号强度与 HIV 感染状态无关^[36]。造成以上研究结论相矛盾的原因可能是在肯尼亚进行的那项研究中样本量更小、MTB 载量更高,此外也不能排除检测方法和拭子类型差异所造成的影响。未来研究应统一方法学并控制混杂因素以明确影响机制。

3.2 口腔拭子检测阳性率的影响因素 口腔拭子在不同人群中均展现出一定潜力,但诊断效能受多种因素影响。不同采样部位和样本处理方式均对诊断结果有显著影响。如 LUABEYA 等^[38]发现,同品牌的舌拭子信号比颊拭子或牙龈拭子更强,牙龈拭子表现则不如颊拭子;与此同时还发现清晨采集的舌拭子信号强于前一天任意时间点采集的舌拭子。ANDAMA 等^[32]的研究则发现,拭子采集数量也会影响检测下限,在他们的研究中发现双拭子法的检测限低于单拭子法(76.5 CFU *vs.* 101.7 CFU)。样本处理方法也至关重要,如 CHILAMBI 等^[29]的研究表明,不同处理条件下舌拭子 Xpert MTB/RIF 检测限不同,将 Xpert MTB/RIF 样本试剂和 TET 缓冲液按 1:1 比例处理的拭子检测限最低,为 22.7 CFU/700 μ L。患者自身因素同样不可忽视。在多项研究中均发现,通过痰液检测的半定量结果评估,痰液中 MTB 载量较高的患者,其口腔拭子阳性率越高,口腔拭子中培养出 MTB 的可能性也越大^[26-27,32,36]。在 MESMAN 等^[34]的研究中,通过单变量分析发现痰涂片阳性和/或有空洞性疾病的患者的口腔拭子标本,检测出 MTB 的可能性更大,患糖尿病也可能影响 MTB 检测结果。因此,口腔拭子的诊断效能是多因素共同作用的结果,在实际应用中,需综合考虑这些因素,以提升其诊断准确度。

4 总结与展望

4.1 口腔拭子的应用前景 口腔拭子因操作方便、无创且重复性高的特点,已在不同人群的结核病诊断中崭露出应用前景。口腔拭子不仅适用于门诊及住院患者,还可以用于肺结核密切接触者的自我检测,并可作为社区大规模筛查的工具,为社区肺结核的防控及管理提供另一种思路。

4.2 目前存在的问题与挑战 尽管多项研究已经表明了口腔拭子在肺结核诊断中的潜力,然而其在临床环境和社区筛查中的应用方面仍面临着以下几个问题:(1)当前在口腔拭子的采集、处理及检测等关键环节,尚未形成一套标准化的操作流程,导致不同研究得出的灵敏度和特异度数据波动较大。因此未来迫切需要开展大量系统性的研究工作,以制订出统一且规范的标准。(2)目前仍缺乏对特定人群如 HIV 感染者、儿童的大规模研究,限制了口腔拭子在这些患者中的推广和实施。为验证口腔拭子的临床普遍适用性,研究者们还需针对这些人群开展更多研究。(3)现有的数据显示,在儿童患者中口腔拭子检测结核病的灵敏度欠佳。为了突破这一困境,在未来的研究中,可以考虑采用联合检测的策略,将口腔拭子与其他非痰无创标本(如粪便、尿液等)相结合进行检

测,或者综合分析多种生物标志物及采用病原体富集技术等,从而提高检测的灵敏度。

4.3 展望 随着检测技术的持续优化,口腔拭子凭借其无创方便及减少气溶胶传播风险的优势,正逐渐成为肺结核检测的理想样本类型。口腔拭子还适用于无痰/少痰患者,有望替代传统痰液检测,实现肺结核的早期发现,有效阻断 MTB 在人群中的传播,为 WHO 实现 2035 年减少结核病的目标提供有力支持。

利益冲突 所有作者均声明不存在利益冲突。

作者贡献 刘妍:研究构思、文献查阅、资料整理、论文初稿;郭述良:指导审阅、论文定稿。

参考文献

- [1] TRAJMAN A, CAMPBELL J R, KUNOR T, et al. Tuberculosis [J]. *Lancet*, 2025, 405(10481): 850-866.
- [2] DU W L, SONG J, WANG J G, et al. Performance of Xpert MTB/RIF Ultra and Xpert MTB/RIF for the diagnosis of Tuberculosis through testing of formalin-fixed paraffin-embedded tissues [J]. *Biomed Environ Sci*, 2019, 32(12): 922-925.
- [3] RABIE H, VAN DER ZALM M M. Defining the usefulness of oral swabs in tuberculosis diagnosis [J]. *Lancet Glob Health*, 2024, 12(1): e4-e5.
- [4] CHURCH E C, STEINGART K R, CANGELOSI G A, et al. Oral swabs with a rapid molecular diagnostic test for pulmonary tuberculosis in adults and children: a systematic review [J]. *Lancet Glob Health*, 2024, 12(1): e45-e54.
- [5] IOOS V, CORDEL H, BONNET M. Alternative sputum collection methods for diagnosis of childhood intrathoracic tuberculosis: a systematic literature review[J]. *Arch Dis Child*, 2019, 104(7): 629-635.
- [6] 夏辉, 赵雁林. 基于舌拭子的结核分枝杆菌复合群核酸检测方法在肺结核诊断和筛查中的应用前景与挑战[J]. *中国防痨杂志*, 2025, 47(8): 976-980.
- [7] KABIR S, RAHMAN S M M, AHMED S, et al. Xpert ultra assay on stool to diagnose pulmonary tuberculosis in children[J]. *Clin Infect Dis*, 2021, 73(2): 226-234.
- [8] ZHANG F, WANG Y, ZHANG X, et al. Diagnostic accuracy of oral swab for detection of pulmonary tuberculosis: a systematic review and Meta-analysis[J]. *Front Med (Lausanne)*, 2023, 10: 1278716.
- [9] PATHAK J L, YAN Y, ZHANG Q, et al. The role of oral microbiome in respiratory health and diseases[J]. *Respir Med*, 2021, 185: 106475.
- [10] KHURSHID Z, ZAFAR M, KHAN E, et al. Human saliva can be a diagnostic tool for Zika virus detection [J]. *J Infect Public Health*, 2019, 12(5): 601-604.
- [11] LI Y, OU Y, FAN K, et al. Salivary diagnostics: opportunities and challenges [J]. *Theranostics*, 2024, 14(18): 6969-6990.
- [12] XUE N, XIA X, WANG Y, et al. Establishing age-group specific reference intervals of human salivary proteome and its preliminary application for epilepsy diagnosis[J]. *Sci China Life Sci*, 2025, 68(3): 809-824.
- [13] LIU W, PI Z, WANG X, et al. Microbiome and lung cancer: carcinogenic mechanisms, early cancer diagnosis, and promising microbial therapies[J]. *Crit Rev Oncol Hematol*, 2024, 196: 104322.
- [14] ZHANG S, KONG C, YANG Y, et al. Human oral microbiome dysbiosis as a novel non-invasive biomarker in detection of colorectal cancer [J]. *Theranostics*, 2020, 10(25): 11595-11606.
- [15] BISWAS B, ROY S, BANERJEE I, et al. IL-10/IL-6 ratio from nasal & oral swab samples, acts as an inflammatory indicator for COVID-19 patients infected with the delta variant [J]. *Helvion*, 2023, 9(6): e16985.
- [16] GURUMURTHY M, SCHWAB J, PENTAKO-TA S R, et al. Validation of the diabetomics CovAB SARS-CoV-2 antibody test in children: comparison with serology[J]. *Microbiol Spectr*, 2024, 12(11): e0064624.
- [17] DIONNE J A, GIACANI L, TAMHANE A, et al. Prevalence and predictors of oral treponema pallidum detection by quantitative polymerase chain reaction in early syphilis[J]. *J Infect Dis*, 2024, 229(6): 1628-1636.
- [18] MANE A, JAIN S, JAIN A, et al. Diagnostic performance of oral swab specimen for SARS-CoV-2 detection with rapid point-of-care lateral flow antigen test[J]. *Sci Rep*, 2022, 12(1): 7355.
- [19] DE PAOLIS E, PERRUCCI A, MARCHETTI C, et al. BRCA testing on buccal swab to improve access to healthcare and cancer prevention: a performance evaluation[J]. *Int J Gynecol Cancer*, 2022, 32(11): 1419-1426.
- [20] AFSHAR A R, PEKMEZCI M, BLOOMER M M, et al. Next-generation sequencing of retinoblastoma identifies pathogenic alterations beyond RB1 inactivation that correlate with aggressive histopathologic features[J]. *Ophthalmology*, 2020, 127(6): 804-813.
- [21] VALINETZ E D, CANGELOSI G A. A look inside: oral sampling for detection of non-oral infectious diseases[J]. *J Clin Microbiol*, 2021,

- 59(10):e0236020.
- [22] HUNG D L, LI X, CHIU K H, et al. Early-morning vs spot posterior oropharyngeal saliva for diagnosis of SARS-CoV-2 infection: implication of timing of specimen collection for community-wide screening [J]. *Open Forum Infect Dis*, 2020, 7(6): ofaa210.
- [23] MOHANASUNDARAM A, GOHIL N V, ET-EKOCHAY M O, et al. *Mycobacterium tuberculosis*: a new hitchhiker in the etiopathogenesis of periodontitis [J]. *Int J Surg*, 2024, 110(6): 3606-3616.
- [24] 吴进凤, 杨震, 张福真, 等. 口腔拭子检测对肺结核诊断价值的 Meta 分析 [J]. *中国防痨杂志*, 2024, 46: 815-822.
- [25] DRAGER S, BRUNI F, BERNASCONI M, et al. Impact of swabbing location, self-swabbing, and food intake on SARS-CoV-2 RNA detection [J]. *Microorganisms*, 2024, 12(3).
- [26] WANG Y, CUI J, LI Y, et al. Rapid quantitative PCR on tongue swabs for pulmonary tuberculosis in adults: a prospective multicentre study [J]. *Eur Respir J*, 2025, 65(1): 2401493.
- [27] WOOD R C, ANDAMA A, HERMANSEY G, et al. Characterization of oral swab samples for diagnosis of pulmonary tuberculosis [J]. *PLoS One*, 2021, 16(5): e0251422.
- [28] AHL S C L, EMSWELLER D, HELFERS S J, et al. No extraction? No problem. Direct to PCR processing of tongue swabs for diagnosis of tuberculosis disease as an alternative to sputum collection [J]. *Microbiol Spectr*, 2024, 12(1): e0310723.
- [29] CHILAMBI G S, REISS R, DAIVAA N, et al. Optimal processing of tongue swab samples for *Mycobacterium tuberculosis* detection by the Xpert MTB/RIF Ultra assay [J]. *Microbiol Spectr*, 2025, 13(3): e0240324.
- [30] COX H, WORKMAN L, BATEMAN L, et al. Oral swab specimens tested with xpert MTB/RIF ultra assay for diagnosis of pulmonary tuberculosis in children: a diagnostic accuracy study [J]. *Clin Infect Dis*, 2022, 75(12): 2145-2152.
- [31] OLSON A M, WOOD R C, WEIGEL K M, et al. High-sensitivity detection of *Mycobacterium tuberculosis* DNA in tongue swab samples [J]. *J Clin Microbiol*, 2024: e0114024.
- [32] ANDAMA A, WHITMAN G R, CROWDER R, et al. Accuracy of tongue swab testing using Xpert MTB-RIF ultra for tuberculosis diagnosis [J]. *J Clin Microbiol*, 2022, 60(7): e0042122.
- [33] SHAPIRO A E, OLSON A M, KIDOGUCHI L, et al. Complementary nonsputum diagnostic testing for tuberculosis in people with HIV using oral swab PCR and urine lipoarabinomannan detection [J]. *J Clin Microbiol*, 2022, 60(8): e0043122.
- [34] MESMAN A W, CALDERON R I, POLLOCK N R, et al. Molecular detection of *Mycobacterium tuberculosis* from buccal swabs among adult in Peru [J]. *Sci Rep*, 2020, 10(1): 22231.
- [35] FLORES J A, CALDERON R, MESMAN A W, et al. Detection of *Mycobacterium tuberculosis* DNA in buccal swab samples from children in Lima, Peru [J]. *Pediatr Infect Dis J*, 2020, 39(11): e376-e380.
- [36] LACOURSE S M, SEKO E, WOOD R, et al. Diagnostic performance of oral swabs for non-sputum based TB diagnosis in a TB/HIV endemic setting [J]. *PLoS One*, 2022, 17(1): e0262123.
- [37] WOOD R C, LUABEYA A K, WEIGEL K M, et al. Detection of *Mycobacterium tuberculosis* DNA on the oral mucosa of tuberculosis patients [J]. *Sci Rep*, 2015, 5: 8668.
- [38] LUABEYA A K, WOOD R C, SHENJE J, et al. Noninvasive detection of tuberculosis by oral swab analysis [J]. *J Clin Microbiol*, 2019, 57(3): e10847.
- [39] WOOD R C, LUABEYA A K, DRAGOVICH R B, et al. Diagnostic accuracy of tongue swab testing on two automated tuberculosis diagnostic platforms, cepheid Xpert MTB/RIF ultra and molbio truenat MTB ultima [J]. *J Clin Microbiol*, 2024, 62(4): e0001924.
- [40] STEADMAN A, ANDAMA A, BALL A, et al. New manual quantitative polymerase chain reaction assay validated on tongue swabs collected and processed in uganda shows sensitivity that rivals sputum-based molecular tuberculosis diagnostics [J]. *Clin Infect Dis*, 2024, 78(5): 1313-1320.
- [41] DEVIAENE M, WEIGEL K M, WOOD R C, et al. Sample adequacy controls for infectious disease diagnosis by oral swabbing [J]. *PLoS One*, 2020, 15(10): e0241542.
- [42] WANG Y, HE Y, WANG L, et al. Diagnostic yield of nucleic acid amplification tests in oral samples for pulmonary tuberculosis: a systematic review and Meta-analysis [J]. *Open Forum Infect Dis*, 2023, 10(3): ofad082.