· 环境与职业卫生 ·

2014—2021 年苏州市绿地暴露对初治肺结核患者不良治疗结局的影响

刘威威,张晓龙,崔彩岩,傅颖,王禹,蒋骏
苏州市疾病预防控制中心结核病防制所,江苏 苏州 215317

摘要:目的 探讨苏州市绿地暴露对初治肺结核患者不良治疗结局的影响。**方法** 收集苏州市 2014 年 1 月 1 日—2021 年 12 月 31 日的 18 502 例初治肺结核患者数据,结合患者居住地 250 m 和 500 m 缓冲区范围内归一化差异植被指数,通过 Cox 回归模型评估绿地暴露对初治肺结核患者不良治疗结局的影响。**结果** 高夜间灯光强度区域的初治肺结核患者,在 250 m 缓冲区内,调整个体层面和环境层面的协变量,Q4 和 Q5 组的 *HR* 值和 95% *CI* 分别为 0.692(0.487 ~ 0.984)和 0.353(0.183 ~ 0.683)。在 500 m 缓冲区内,相应 Q4 和 Q5 组的 *HR* 值和 95% *CI* 分别为 0.587(0.396 ~ 0.869)和 0.212(0.078 ~ 0.582),表现出更强的保护效应。Wald 线性趋势检验表明存在线性关系。亚组分析结果表明绿地暴露对女性、年轻患者、室内工作者、城市居民、临床诊断病例更为有益。**结论** 在高夜间灯光强度区域居住的初治肺结核患者中,增加绿地暴露可降低初治肺结核患者不良治疗结局的发生。

关键词:绿地暴露;肺结核;不良结局;Cox 回归
中图分类号:R521 **文献标志码:**A **文章编号:**1003 - 8507(2025)22 - 4078 - 07
DOI:10.20043/j.cnki.MPM.202506216

Impact of green space exposure on adverse treatment outcomes among newly treated pulmonary tuberculosis patients, Suzhou, 2014 – 2021

LIU Wei – wei, ZHANG Xiao – long, CUI Cai – yan, FU Ying, WANG Yu, JIANG Jun
Department of Tuberculosis, Center for Disease Control and Prevention of Suzhou, Suzhou, Jiangsu 215317, *China*

Abstract: Objective To investigate the impact of green space exposure on adverse treatment outcomes among newly diagnosed pulmonary tuberculosis patients in Suzhou. **Methods** Data from 18 502 newly treated pulmonary TB patients in Suzhou between January 1, 2014 and December 31, 2021 were collected. Green space exposure was quantified using the Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) within 250 – meter and 500 – meter buffer zones around residential addresses. Cox proportional hazards regression models were applied to assess associations between green space exposure and adverse outcomes, adjusting for individual – and environmental – level covariates. **Results** Among patients residing in high nighttime light (NTL) intensity areas, those in the highest quartiles (Q4 and Q5) of green space exposure within the 250 – meter buffer exhibited significantly lower risks of adverse outcomes after covariate adjustment, with hazard ratios (*HRs*) of 0.692 (95% *CI*: 0.487 – 0.984) and 0.353 (95% *CI*: 0.183 – 0.683), respectively. In the 500 – meter buffer, stronger protective effects were observed, with *HRs* of 0.587 (95% *CI*: 0.396 – 0.869) for Q4 and 0.212 (95% *CI*: 0.078 – 0.582) for Q5. Wald tests for linear trends confirmed a dose – response relationship ($P_{trend} < 0.05$). Subgroup analyses revealed greater benefits of green space exposure for females, younger patients, indoor workers, urban residents, and clinically diagnosed cases. **Conclusion** Increased green space exposure is associated with reduced risks of adverse treatment outcomes among newly diagnosed PTB patients in high – NTL areas, underscoring its potential public health significance in tuberculosis management.

Keywords: Green space exposure; Pulmonary tuberculosis; Adverse outcomes; Cox regression

结核病是一种由结核分枝杆菌感染引起的慢性传染性疾病。根据《2024 年全球结核病报告》,在 30 个结核病高负担国家里面,我国结核病发病数排第 3 位,约占全球发病总数的 6.8%[1]。2023 年全球结核病死亡人数为 125 万,重返全球单一传染病死因首位[1]。因此,识别结核病治疗期间对治疗结局可能的影响因素,减少结核病患者疾病负担和改善预后十分

基金项目:江苏省防痨协会科研课题(FLKT202407);苏州市卫生青年骨干人才"全国导师制"培训项目(QNGG2022031)
作者简介:刘威威(1995—),男,硕士,医师,研究方向:结核病防制工作
通信作者:蒋骏,E – mail:junjiang.jj@163.com

必要。目前,除了营养不良、糖尿病等公认的个体因素外,环境因素对结核病预后的影响也逐渐受到重视,但是很少有研究探索结核病治疗期间的环境保护因素。

绿地指城市公园、道路绿化等植被覆盖的区域[2],通常被认为是多种疾病的环境保护因素,通过多种机制(如减少空气污染暴露、调节气温、缓解精神心理压力等)对健康产生积极作用[3-5]。本研究通过大样本回顾性队列,尝试多尺度缓冲区分析,探讨绿地暴露与初治肺结核患者不良治疗结局的剂量-反应关系,为政府公共卫生干预策略提供参考依据。

1　资料与方法

1.1　*资料来源*　苏州市初治肺结核患者数据来自中国疾病预防控制信息系统的结核病管理信息系统。收集 2014 年 1 月 1 日—2021 年 12 月 31 日登记为初治肺结核患者的病案信息,包括基本信息,诊断情况,治疗及转归情况。本研究为回顾性队列研究,排除了基线信息缺失患者、复治患者、耐药患者、流动人口患者,以及居住地址缺乏空气污染物等暴露数据者。

1.2　*相关定义*　所有参与研究的患者均符合《WS 288-2008 肺结核诊断》[6]和《WS 196-2017 肺结核分类》[7]标准。根据《中国结核病防治工作技术指南(2021 版)》[8],患者的治疗转归分为成功治疗和不良治疗结局两类。其中,成功治疗包括治愈和完成疗程;不良治疗结局则包括死亡和治疗失败。

1.3　*暴露评估*　绿地暴露的评估是基于归一化植被指数(normalized difference vegetative index, NDVI)进行。研究数据从国家生态科学数据中心(https://nesdc.org.cn)上获得。夜间灯光数据(The nighttime light, NTL)作为区域城市化、人类行为和经济水平的代理指标,用以校正个体的社会经济水平与居住环境[9-10]。研究数据来自网站(https://eogdata.mines.edu)的公开数据集。细颗粒物(Particulate Matter 2.5, $PM_{2.5}$)数据来自中国高分辨率高质量近地表空气污染物数据集(https://tapdata.org.cn)。道路密度数据来源于中国科学院资源环境科学数据中心(https://www.resdc.cn)。

将研究对象的"ID 号"作为唯一识别符,对其确诊登记时的居住地址进行地理编码获取经纬度坐标。脱敏处理后,利用 ArcGIS 10.8 将 NDVI、NTL、$PM_{2.5}$ 和道路密度估计值分配给每一位研究对象。其中,绿地暴露与初治肺结核患者居住地址的分布,见图 1。

1.4　*统计学分析*　描述性分析中,偏态分布的计量资料表示为"中位数(四分位间距)",计数资料表示为"频数"和"构成比"。组间差异比较采用独立样本 t 检验或 χ^2 检验。

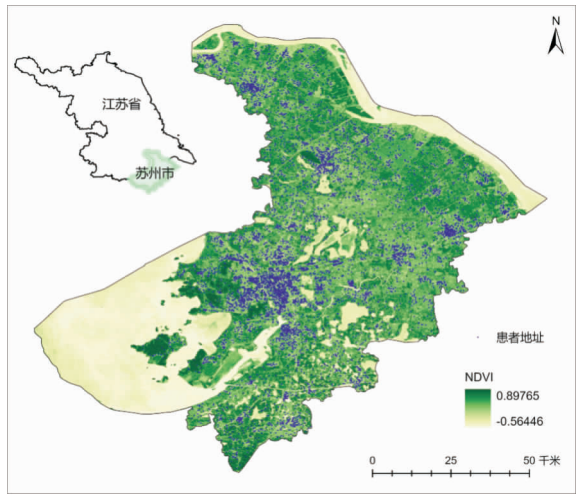


图 1　绿地暴露与初治肺结核患者的分布(审图号:苏 E 审(2025)0247 号)

Fig. 1　Distribution of green space exposure and newly treated pulmonary tuberculosis patients (Approval No.: Su E (2025) No. 0247)

为更好地满足风险函数假设,将 NDVI 转换为五分位数,并采用 Wald 检验分析各分位数间的线性趋势。根据单变量 Cox 模型判断与结局事件发生的关联性,筛选个体协变量(P 值 <0.2)作为潜在混杂因素纳入多变量 Cox 回归模型,并以敏感性分析验证稳健性。为控制城市化水平对绿地暴露效应估计的干扰,按 NTL 分层,层内调整其他协变量。NDVI 分别针对 250 m 和 500 m 缓冲区,对与初治肺结核患者不良治疗结局的相关性进行分析,以 P 值 <0.05 为显著性阈值。研究构建三个模型来评估绿地暴露对初治肺结核患者不良治疗结局的影响。模型一纳入了患者的个人特征和治疗相关因素,模型二在模型一的基础上纳入环境相关因素 $PM_{2.5}$,模型三在模型二的基础上进一步纳入交通相关因素道路密度。通过亚组分析评估性别、年龄、工作环境、居住地、诊断结果和 $PM_{2.5}$ 对效应值的修饰作用。针对每个亚组分别建立最终的多变量 Cox 回归模型,并报告具有统计学意义(P 值 <0.05)的分层特异性效应。

最后,使用限制性立方样条(Restricted Cubic Spline, RCS)对高夜间灯光强度暴露下 NDVI 与初治肺结核患者不良治疗结局的暴露-反应关系进行检验。以绿地暴露水平的第 10、50 和 90 百分位数值点作为 RCS 模型拟合的三个节点位置,并通过 Wald 统计检验非线性。

2　结　果

2.1　*描述性分析*　18 502 例初治肺结核患者中,累

计随访 11 122 人年,平均每位患者随访 219 ± 68 天,中位数 194 天。其中,13 028 例(70.41%)为男性,3 937 例(21.28%)年龄在 65 岁以上,9 130 例(49.34%)工作在室外,8 059 例(43.56%)在农村,527 例(2.84%)为糖尿病患者。按照患者随访期间居住地址 500 m 缓冲区内 NDVI 中位数 0.292 作为分界值划分高低暴露,居住于绿地高暴露区域的初治肺结核患者相比低暴露区域患者而言,男性更为居多、老龄化、工作在室外、居住在农村、夜间灯光强度以及道路密度较低,见表 1。

表 1 初治肺结核患者的一般人口学资料

Table 1 General demographic characteristics of newly treated pulmonary tuberculosis patients

变量	500 m 缓冲区内 NDVI 暴露		统计量	*P* 值
	低暴露(9 251)	高暴露(9 251)		
性别[*n*(%)]			4.658	0.031
女性	2 804(30.3)	2 670(28.9)		
男性	6 447(69.7)	6 581(71.1)		
年龄(岁)[*n*(%)]			115.770	<0.001
<65	7 582(82.0)	6 983(75.5)		
≥65	1 669(18.0)	2 268(24.5)		
工作环境[*n*(%)]			137.007	<0.001
室内	5 084(55.0)	4 288(46.4)		
室外	4 167(45.0)	4 963(53.6)		
居住地[*n*(%)]			392.984	<0.001
城市	5 890(63.7)	4 553(49.2)		
农村	3 361(36.3)	4 698(50.8)		
患者来源[*n*(%)]			0.668	0.414
被动	9 148(98.9)	9 136(98.8)		
主动	103(1.1)	115(1.2)		
诊断结果[*n*(%)]			0.655	0.418
临床诊断病例	4 835(52.3)	4 780(51.7)		
确诊病例	4 416(47.7)	4 471(48.3)		
糖尿病[*n*(%)]			9.299	0.002
无	8 953(96.8)	9 022(97.5)		
有	298(3.2)	229(2.5)		
$PM_{2.5}$(μg/m²)[*M*(*IQR*)]	42.0(17.8)	42.0(17.2)	1.031	0.303
道路密度[*M*(*IQR*)]	5.552(2.234)	4.461(2.587)	51.368	<0.001
NTL[*M*(*IQR*)]	29.690(20.035)	16.548(24.015)	44.081	<0.001

研究对象及其随访期间居住地周围 250 m 和 500 m缓冲区内绿地暴露五分位数间的分布情况,见表 2。在 250 m 和 500 m 缓冲区内,NDVI 的平均值分别为 0.297 和 0.305,中位数和四分位区间分别为 0.284(*IQR* = 0.115)和 0.292(*IQR* = 0.105);500 m 缓冲区内的绿地暴露水平在各五分位相较于 250 m 略高。此外,相关性分析结果显示,250 m 缓冲区和 500 m 缓冲区范围内 NDVI 与道路密度、NTL 之间呈现负相关性。

表 2 按缓冲区和五分位数划分的 NDVI 统计

Table 2 Distribution of NDVI by buffer zones and quintiles

绿地暴露	例数	平均值	中位数	四分位间距	最小值	最大值
250 m 缓冲区						
Q1	3 695	0.185	0.193	0.035	−0.085	0.218
Q2	3 706	0.241	0.242	0.021	0.218	0.263
Q3	3 700	0.284	0.284	0.020	0.263	0.305
Q4	3 701	0.333	0.332	0.028	0.306	0.365
Q5	3 700	0.440	0.422	0.086	0.365	0.766
Q1 − Q5	18 502	0.297	0.284	0.115	−0.086	0.766
500 m 缓冲区						
Q1	3 701	0.202	0.210	0.033	−0.098	0.234
Q2	3 707	0.252	0.252	0.019	0.234	0.270
Q3	3 693	0.290	0.292	0.018	0.270	0.309

（续表）

绿地暴露	例数	平均值	中位数	四分位间距	最小值	最大值
Q4	3 701	0.334	0.332	0.028	0.310	0.368
Q5	3 700	0.444	0.427	0.091	0.368	0.769
Q1 – Q5	18 502	0.305	0.292	0.105	–0.099	0.769

2.2 *治疗转归的影响因素分析*　个人潜在混杂因素经过单因素 Cox 回归分析，年龄、性别、工作环境、居住地、患者来源、诊断结果和糖尿病与初治肺结核患者不良治疗结局发生相关（P 值 <0.2）。以是否发生不良治疗结局为因变量（0 = 成功治疗，1 = 不良结局），将上述差异具有统计学意义的个人潜在混杂因素作为协变量纳入到多因素 Cox 回归分析。

分析结果表明：在高夜间灯光强度区域及 250 m 缓冲区内绿地暴露情况下，模型三 Q4 和 Q5 组的 *HR* 值和 95% *CI* 分别为 0.692（0.487 ~ 0.984）和 0.353（0.183 ~ 0.683）。Wald 线性趋势检验显示绿地暴露与不良治疗结局存在线性关系。在高夜间灯光强度区域及 500 m 缓冲区内绿地暴露情况下，模型三 Q4 和 Q5 组的 *HR* 值和 95% *CI* 分别为 0.587（0.396 ~ 0.869）和 0.212（0.078 ~ 0.582）。Wald 线性趋势检验显示绿地暴露与不良治疗结局依旧存在线性关系。此外，研究发现 500 m 缓冲区内绿地暴露的保护效应更强。然而，研究未观察到低夜间灯光强度区域在 250 m 和 500 m 缓冲区内绿地暴露与初治肺结核患者不良治疗结局的发生存在关联。见表 3。

表 3　绿地暴露不同分组中，$PM_{2.5}$ 与其它相关暴露校正后对初治肺结核患者不良治疗结局影响的 Cox 回归分析

Table 3　Cox regression analysis of the effect of $PM_{2.5}$ exposure on adverse treatment outcomes in newly diagnosed pulmonary tuberculosis patients, stratified by green space exposure groups and adjusted for other relevant exposures

NDVI	低夜间灯光（9 246）		
	模型一 *HR* 值（95% *CI*）	模型二 *HR* 值（95% *CI*）	模型三 *HR* 值（95% *CI*）
250 m			
Q1	1.000	1.000	1.000
Q2	0.979（0.714 ~ 1.343）	0.982（0.716 ~ 1.348）	0.976（0.711 ~ 1.340）
Q3	1.020（0.748 ~ 1.391）	1.024（0.751 ~ 1.396）	0.999（0.731 ~ 1.365）
Q4	1.081（0.797 ~ 1.465）	1.085（0.800 ~ 1.472）	1.036（0.759 ~ 1.415）
Q5	1.185（0.901 ~ 1.560）	1.190（0.904 ~ 1.566）	1.095（0.813 ~ 1.474）
Wald	0.101	0.097	0.422
500 m			
Q1	1.000	1.000	1.000
Q2	0.959（0.672 ~ 1.369）	0.963（0.675 ~ 1.374）	0.963（0.675 ~ 1.374）
Q3	1.147（0.820 ~ 1.605）	1.152（0.823 ~ 1.612）	1.143（0.816 ~ 1.601）
Q4	1.202（0.879 ~ 1.645）	1.208（0.882 ~ 1.654）	1.186（0.862 ~ 1.633）
Q5	1.396（1.048 ~ 1.860）	1.403（1.053 ~ 1.870）	1.353（0.991 ~ 1.847）
Wald	0.003	0.002	0.019
NDVI	高夜间灯光（9 246）		
	模型一 *HR* 值（95% *CI*）	模型二 *HR* 值（95% *CI*）	模型三 *HR* 值（95% *CI*）
250 m			
Q1	1.000	1.000	1.000
Q2	0.966（0.710 ~ 1.312）	0.959（0.706 ~ 1.303）	0.957（0.705 ~ 1.301）
Q3	0.856（0.615 ~ 1.191）	0.850（0.611 ~ 1.182）	0.845（0.607 ~ 1.176）
Q4	0.712（0.504 ~ 1.006）	0.709（0.502 ~ 1.003）	0.692（0.487 ~ 0.984）
Q5	0.367（0.191 ~ 0.706）	0.363（0.188 ~ 0.699）	0.353（0.183 ~ 0.683）
Wald	0.001	0.001	0.001
500 m			
Q1	1.000	1.000	1.000
Q2	0.907（0.672 ~ 1.226）	0.907（0.671 ~ 1.226）	0.904（0.669 ~ 1.222）
Q3	0.946（0.693 ~ 1.290）	0.947（0.694 ~ 1.292）	0.928（0.677 ~ 1.271）
Q4	0.600（0.408 ~ 0.884）	0.602（0.408 ~ 0.887）	0.587（0.396 ~ 0.869）
Q5	0.220（0.081 ~ 0.600）	0.221（0.081 ~ 0.602）	0.212（0.078 ~ 0.582）
Wald	0.001	0.001	0.001

注：模型 1 纳入年龄、性别、工作环境、居住地、患者来源、诊断结果、糖尿病；模型 2 在模型 1 的基础上纳入 $PM_{2.5}$；模型 3 在模型 2 的基础上纳入道路密度；夜间灯光以中位数 24.376 作为划分的界值，分高、低两组。

2.3 亚组分析 通过对高夜间灯光强度区域患者的性别、年龄、工作环境、居住地、诊断结果以及 $PM_{2.5}$ 进行亚组分析。分析结果显示:绿地暴露分别是女性、较年轻患者(<65 岁)、室内工作者、城市居民以及临床诊断病例的保护因素;相较于 250 m 缓冲区,500 m 缓冲区的绿地暴露显著降低初治肺结核患者不良治疗结局的发生。见表 4。

表 4 高 NTL 区域,绿地暴露的校正风险比与置信区间

Table 4 Adjusted hazard ratios and confidence intervals for green space exposure in high NTL areas

变量	例数	250 m 缓冲区 *HR* 值(95% *CI*)	500 m 缓冲区 *HR* 值(95% *CI*)
总体	9 247	0.063(0.011 ~ 0.373)	0.028(0.003 ~ 0.237)
性别			
女性	2 918	0.009(0.000 ~ 0.488)	0.000(0.000 ~ 0.042)
男性	6 329	0.117(0.016 ~ 0.856)	0.102(0.010 ~ 1.056)
年龄(岁)			
<65	7 911	0.041(0.002 ~ 0.744)	0.010(0.000 ~ 0.363)
≥65	1 336	0.067(0.007 ~ 0.637)	0.040(0.003 ~ 0.561)
工作环境			
室内	5 965	0.005(0.000 ~ 0.081)	0.003(0.000 ~ 0.074)
室外	3 282	0.542(0.050 ~ 5.929)	0.210(0.012 ~ 3.759)
居住地			
城市	6 872	0.038(0.004 ~ 0.365)	0.027(0.002 ~ 0.406)
农村	2 375	0.139(0.008 ~ 2.352)	0.029(0.001 ~ 0.924)
诊断结果			
临床诊断病例	4 858	0.053(0.002 ~ 1.382)	0.005(0.000 ~ 0.277)
确诊病例	4 389	0.072(0.009 ~ 0.606)	0.060(0.005 ~ 0.758)
$PM_{2.5}$			
低暴露	5 309	0.103(0.010 ~ 1.079)	0.029(0.002 ~ 0.485)
高暴露	3 938	0.038(0.002 ~ 0.598)	0.035(0.001 ~ 0.965)

2.4 暴露反应关系 通过模型拟合,RCS 采用三节点(第 10、50 和 90 百分位点)嵌套 Cox 比例风险回归模型进行,展示暴露 - 反应曲线及其 95% 上下置信区间。结果表明,在夜间灯光强度较强区域,绿地暴露与初治肺结核患者不良治疗结局之间存在非线性关系。见图 2。

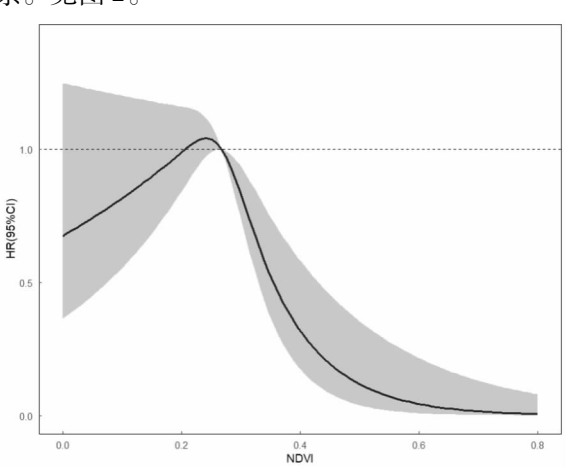


图 2 绿地暴露与初治肺结核患者不良治疗结局之间的暴露 - 反应曲线

Fig. 2 Exposure - response curve for green space exposure and adverse treatment outcomes in newly treated pulmonary tuberculosis patients

3 讨 论

苏州市临界区域是结核病的重点防控区域,提高道路交通网络建设,重视绿色空间建设,对于降低苏州市结核病发病率起着重要作用[11]。本次研究揭示了绿地暴露对初治肺结核患者治疗结局的保护效应。高夜间灯光强度区域的初治肺结核患者,在绿地暴露 250 m 缓冲区内,Q4 和 Q5 组的 *HR* 值和 95% *CI* 分别为 0.692(0.487 ~ 0.984)和 0.353(0.183 ~ 0.683)。而在 500 m 缓冲区内,相应 Q4 和 Q5 组的 *HR* 值和 95% *CI* 分别为 0.587(0.396 ~ 0.869)和 0.212(0.078 ~ 0.582),提示绿地暴露对初治肺结核患者的治疗结局可能存在保护性关联效应。

国内外既往研究[12-13]与本研究结果类似,Ge 等在耐多药结核队列中发现绿地削弱了 $PM_{2.5}$ 与死亡率的关联,佐证了绿地可通过提高空气质量,间接改善结核病预后结局。Ge 等进一步证明低 NTL 区 NDVI(500 m 范围)同样降低耐药结核患者死亡风险(*HR* =0.690),与本研究发现的 500 m 缓冲区更强效应互为支撑。此外,空间尺度(500 m >250 m)的保护梯度揭示了社区级绿地的关键作用,这可能与患者日常活动的主要覆盖范围,城市居民行为模式直接关联。提示无论初治或耐药结核患者,绿地暴露均是独立的保

护因素,其效应在高城市化水平下更为显著,为通过城市规划干预结核病防控提供了科学依据。

多项研究[14-16]揭示了绿地暴露对肺结核预后影响的可能性生物学机制。首先,植被通过沉降 $PM_{2.5}$、吸收氮氧化物等污染物,可降低肺部持续炎症损伤和氧化应激水平,减轻结核病灶进展风险。其次,绿地暴露显著缓解心理压力,通过下调 HPA 轴活性和皮质醇分泌,增强 CD4 + T 细胞应答能力。动物模型证实压力可抑制 Th1 免疫,从而提升机体清除结核分枝杆菌的效能。也有研究表明,高绿地覆盖率促进患者户外康复活动,间接改善治疗依从性。

本研究亚组分析发现,绿地暴露对男性的保护性作用更弱,这与王玥等[17]的研究结果一致,可能与男性作为主要劳动力,社交活动面大,多有不良生活行为习惯有关[18]。年龄≥65 岁患者获益有限,源于免疫衰老削弱环境增益效果[19]。确诊病例不良结局风险较大,与马斌忠等[20]的研究结果一致,病原学阳性患者携带大量结核分枝杆菌,病情严重,治疗难度大,且容易出现就诊延迟[21]。室外工作患者风险更大,源于这些患者经济收入较低,环境卫生条件较差,结核病防治知识不足。城市地区居民中保护作用更强,表明绿地暴露通过降低空气污染和减轻压力产生更大效益。在绿地暴露的不同缓冲区内,$PM_{2.5}$ 的高低暴露效应不一致。既往流行病学研究[14,16]证实,交通相关空气污染与结核病发病率呈负相关。绿色植通过吸收空气中的悬浮颗粒、促进植物表面对气态污染物的吸附来降低污染物浓度。这些研究表明绿化程度、空气污染和结核发病之间可能存在非线性暴露 - 反应关系。

本次研究存在局限性。首先,研究基于卫星综合模型并以村级居住地址匹配绿地以及相关环境因素暴露水平,不完全反映个体真实暴露情况;其次,虽然已排除缺乏居住地信息或空气污染和绿地暴露数据的流动人口与本地患者,但错误分类和选择偏倚的可能性仍不能完全排除。

综上所述,绿地暴露与初治肺结核患者不良治疗结局存在负向关联,需关注绿色环境空间建设,以降低初治肺结核患者不良治疗结局。

利益冲突声明　本研究不存在任何利益冲突

参考文献

[1] World Health Organization. Global tuberculosis report 2024[R]. Geneva: World Health Organization, 2024.

[2] 杨博逸,张一丹,黄文忠,等. 绿地暴露与中国人群健康关联的研究进展[J]. 环境与职业医学,2022,39(1):30 - 35.
Yang BY, Zhang YD, Huang WZ, et al. Research progress on the association between green space exposure and health in Chinese population [J]. Journal of Environmental and Occupational Medicine, 2022, 39(1): 30 - 35. (In Chinese)

[3] Wang X, Feng B, Wang J. Green spaces, blue spaces and human health: an updated umbrella review of epidemiological meta - analyses[J]. Front Public Health, 2025, 13: 1505292.

[4] Tang M, Liu W, Li H, et al. Greenness and chronic respiratory health issues: a systematic review and meta - analysis[J]. Front Public Health, 2023, 11: 1279322.

[5] Mueller W, Milner J, Loh M, et al. Exposure to urban greenspace and pathways to respiratory health: An exploratory systematic review [J]. Science of the Total Environment, 2022, 829: 154447.

[6] 中华人民共和国卫生部. WS 288 - 2008 肺结核诊断标准[S]. 北京:人民卫生出版社,2008.
2 Ministry of Health of the People's Republic of China. WS 288 - 2008 Diagnostic standards of pulmonary tuberculosis[S]. Beijing: People's Medical Publishing House, 2008. (In Chinese)

[7] 中华人民共和国国家卫生和计划生育委员会. WS 196 - 2017 肺结核分类[S]. 北京:中国标准出版社,2017.
National Health and Family Planning Commission of the People's Republic of China. WS 196 - 2017 Classification of tuberculosis [S]. Beijing: Standards Press of China, 2017. (In Chinese)

[8] 赵雁林,陈明亭. 中国结核病防治工作技术指南[M]. 北京:人民卫生出版社,2021.
Zhao YL, Chen MT. Technical guidelines for tuberculosis prevention and control in China[M]. Beijing: People's Medical Publishing House, 2021. (In Chinese)

[9] Guo T, Shen F, Xin H, et al. Association of fine particulate matter and residential greenness with risk of pulmonary tuberculosis retreatment: Population - Based retrospective study [J]. JMIR Public Health Surveill, 2024, 10: e50244.

[10] Di Y, Peng Y, Hao X, et al. The association between pulmonary tuberculosis recurrence and exposure to fine particulate matter and residential greenness: A population - based retrospective study[J]. One Health, 2025, 20: 101035.

[11] 张晓龙,崔彩岩,傅颖,等. 2023 年苏州市肺结核发病风险空间格局及影响因素[J]. 江苏预防医学,2025,36(2):135 - 139.
Zhang XL, Cui CY, Fu Y, et al. Spatial pattern and influencing factors of tuberculosis incidence risk in Suzhou City in 2023[J]. Jiangsu J Prew Med, 2025, 36(2): 135 - 139. (In Chinese)

[12] Ge E, Gao J, Wei X, et al. Effect modification of greenness on PM (2.5) associated all - cause mortality in a multidrug - resistant tuberculosis cohort[J]. Thorax, 2022, 77(12): 1202 - 1209.

[13] Ge EJ, Gao JH, Ren ZP, et al. Greenness exposure and all - cause mortality during multi - drug resistant tuberculosis treatment: A population - based cohort study [J]. Science of the Total Environment, 2021, 771: 145422.

[14] Zhang K, He J, Chen Z, et al. The impact of air pollution on physical functioning decline and the benefits of greenness: evidence from a nationwide cohort study[J]. The Journals of Gerontology. Series a, Biological Sciences and Medical Sciences, 2024, 79(4): 42.

[15] Zhang R, Zhang CQ, Rhodes RE. The pathways linking objectively - measured greenspace exposure and mental health: A systematic review of observational studies [J]. Environmental Research, 2021, 198: 111233.

(下转第 4187 页)

Global Burden of Disease Study 2021 [J]. Lancet Infectious Diseases, 2024, 24(3): e123 – e145.

[11] 曾四清. Joinpoint 回归模型及其在传染病流行趋势分析中的应用[J]. 中国卫生统计,2019,36(5):787 – 791.
Zeng SQ. Joinpoint regression model and its application in epidemic trend analysis of infectious diseases[J]. Chinese Journal of Health Statistics, 2019, 36(5): 787 – 791. (In Chinese)

[12] 王歆尧,姜美丽,庞元捷,等. 中国结核病疾病负担现状[J]. 中华流行病学杂志,2024,45(6):857 – 864.
Wang XY, Jiang ML, Pang YJ, et al. Current status of tuberculosis burden in China[J]. Chinese Journal of Epidemiology, 2024, 45(6): 857 – 864. (In Chinese)

[13] Wang L, Zhang H, Ruan Y, et al. Tuberculosis prevalence in China,1990 – 2010: a longitudinal analysis using National survey data[J]. Lancet, 2014, 383(9934): 2057 – 2064.

[14] Sun H, Wang J, Zhang Y, et al. Trends of tuberculosis burden in China,1990 – 2017: a joinpoint and age – period – cohort analysis [J]. Front Public Health, 2020, 8: 162.

[15] Li X, Zhang Y, Xu Z, et al. Changing tuberculosis epidemiology and control in China:challenges and opportunities[J]. PLOS One, 2021, 16(12): e0261137.

[16] Sun JM, Wang C, Jin DQ, et al. Fatal congenital tuberculosis owing to late diagnosis of maternal tuberculosis: case report and review of congenital tuberculosis in China [J]. Paediatrics and International Child Health, 2020, 40(3): 194 – 198.

[17] Seddon JA, Jenkins HE, Liu L, et al. Global burden of paediatric multidrug – resistant and extensively drug – resistant tuberculosis: a mathematical modelling study [J]. Lancet Infectious Diseases, 2016, 16(10): 1193 – 1201.

[18] World Health Organization. Roadmap towards ending TB in children and adolescents, 2nd ed[EB/OL]. [2025 – 09 – 30]. https://www.who.int/publications/i/item/9789241514668.

[19] Nguyen Y, McNabb KC, Farley JE, et al. Examining family planning and adverse pregnancy outcomes for women with active tuberculosis disease: a systematic review[J]. BMJ Open, 2022, 12(3): e054833.

[20] 岳英,黄婷婷,任斐,等. 先天性耐药结核病一例并文献复习[J]. 中国防痨杂志,2022,44(3):252 – 257.
Yue Y, Huang TT, Ren F, et al. Congenital drug – resistant tuberculosis: a case report and literature review [J]. Chinese Journal of Antituberculosis, 2022, 44(3): 252 – 257. (In Chinese)

[21] 王怡婷,孟祥莉,付茵,等. 宏基因组测序应用于结核病防治的研究进展[J]. 中国防痨杂志,2024,46(8):976 – 981.
Wang YT, Meng XL, Fu Y, et al. Research advances in the application of metagenomic next – generation sequencing in tuberculosis prevention and treatment [J]. Chinese Journal of Antituberculosis, 2024, 46(8): 976 – 981. (In Chinese)

[22] 王小敏,陈锦云,曾显芹,等.《世界卫生组织结核病整合指南模块 3:诊断 – – 结核病检测的快速诊断》第三版解读[J]. 中国防痨杂志,2024,46(9):1006 – 1022.
Wang XM, Chen JY, Zeng XQ, et al. Interpretation of "WHO consolidated guidelines on tuberculosis. Module 3: diagnosis – rapid diagnostics for tuberculosis detection" (3rd edition) [J]. Chinese Journal of Antituberculosis, 2024, 46(9): 1006 – 1022. (In Chinese)

收稿日期:2025-06-24

(上接第 4083 页)

[16] Zhu S, Wu Y, Wang Q, et al. Long – term exposure to ambient air pollution and greenness in relation to pulmonary tuberculosis in China: A nationwide modelling study [J]. Environmental Research, 2022, 214(Pt 3): 114100.

[17] 王玥,田振杰,马春燕,等. 2008—2017 年新疆奎屯市肺结核流行特征分析[J]. 现代预防医学,2019,46(3):407 – 410.
Wang Y, Tian ZJ, Ma CY, et al. Analysis of epidemiological characteristics of tuberculosis in Kuitun City, Xinjiang from 2008 to 2017[J]. Modern Preventive Medicine, 2019, 46(3): 407 – 410. (In Chinese)

[18] Louwagie G, Kanaan M, Morojele NK, et al. Effect of a brief motivational interview and text message intervention targeting tobacco smoking, alcohol use and medication adherence to improve tuberculosis treatment outcomes in adult patients with tuberculosis: a multicentre, randomised controlled trial of the ProLife programme in South Africa[J]. BMJ Open, 2022, 12(2): e056496.

[19] 张娅,张婷,汪清雅,等. 重庆市活动性肺结核患者直接医疗费用及其构成分析[J]. 中国热带医学,2022,22(5):429 – 433.
Zhang Y, Zhang T, Wang QY, et al. Direct medical costs and its composition of active pulmonary tuberculosis patients in Chongqing [J]. China Tropical Medicine, 2022, 22(5): 429 – 433. (In Chinese)

[20] 马斌忠,赵晓银,王朝才,等. 2015—2019 年青海省老年肺结核患者治疗转归及影响因素[J]. 疾病监测,2023,38(8):934 – 938.
Ma BZ, Zhao XY, Wang CC, et al. Treatment outcome and influencing factors of elderly pulmonary tuberculosis patients in Qinghai province from 2015 to 2019 [J]. Disease Surveillance, 2023, 38(8): 934 – 938. (In Chinese)

[21] 严菁敏,陈莹,于洁,等. 基于 LASSO – logistic 回归的 TB/HIV 患者抗结核治疗结局影响因素研究[J]. 现代预防医学,2023,50(22):4039 – 4045, 4051.
Yan JM, Chen Y, Yu J, et al. Influencing factors of anti – tuberculosis treatment outcome in TB/HIV co – infected patients based on LASSO – logistic regression model[J]. Modern Preventive Medicine, 2023, 50(22): 4039 – 4045, 4051. (In Chinese)

收稿日期:2025-06-13