

绿地暴露与中国人群健康关联的研究进展

杨博逸, 张一丹, 黄文忠, 董光辉

中山大学公共卫生学院劳动卫生与环境卫生学系, 广东 广州 510080



DOI 10.11836/JEOM21402

摘要：

绿地暴露可给人类健康带来益处, 该方面研究在欧美发达国家已开展较多, 并已有综述。我国近年来亦开展了一些研究, 但尚未见相关综述对此证据进行总结和梳理。本文对中国人群绿地健康效应的流行病学研究进行了综述, 以期提供该方面较为全面的证据。综述结果显示: 我国在绿地对健康的影响方面已开展了一定数量的研究。研究证据总体支持绿地暴露可降低心血管疾病、精神心理疾病和不良出生结局的患病风险以及降低死亡率。但是, 目前的研究以横断面研究和研究短期效应的随机对照试验研究为主, 前瞻性队列研究较少。此外, 在绿地暴露评估方面, 绝大多数研究采用归一化植被指数(NDVI)等进行评估, 难以辨别不同绿地的种类和结构, 且不能实现绿地暴露的动态评估。未来需要进一步开展能够精准评估绿地暴露的前瞻性队列研究来对已有证据进行验证和拓展。

关键词：绿地；中国人群；健康效应

Greenspace and health outcomes in Chinese population YANG Boyi, ZHANG Yidan, HUANG Wenzhong, DONG Guanghui (Department of Occupational and Environmental Health, School of Public Health, Sun Yat-sen University, Guangzhou, Guangdong 510080, China)

Abstract:

Greenspace may bring benefits to human health. Evidence on greenness and health has accumulated in western countries, and several reviews have summarized such evidence. Researchers have also conducted some studies on greenspace and human health in Chinese population, but no prior review has pooled or summarized them. To provide more comprehensive evidence on this topic, we searched and summarized studies on greenspace and health that were conducted specifically in Chinese population. We found that a certain number of studies have been conducted in China, and the evidence indicates that greenspace exposure may reduce the odds of cardiovascular diseases, mental health disorders, adverse birth outcomes as well as mortality. However, most of the current reported studies were of cross-sectional design or randomized controlled trials targeting short-term effects, and prospective cohort studies were scarce. Moreover, greenness exposure was mainly assessed using greenness index like normalized difference vegetative index (NDVI), which were static and cannot distinguish construction and species of greenspaces. Future prospective studies with more precise greenness exposure assessment are warranted to evaluate the prior findings.

Keywords: greenspace; Chinese population; health effect

组稿专家

邓芙蓉(北京大学公共卫生学院), E-mail: lotus321321@126.com

基金项目

国家自然科学基金面上项目(81972992, 81872582, M-0420); 中央高校基本科研业务费-青年教师重点培育项目(20ykzd10)

作者简介

并列第一作者。
杨博逸(1987—), 男, 博士, 副教授;
E-mail: yangby23@mail.sysu.edu.cn
张一丹(1998—), 女, 硕士生;
E-mail: Zhangyidan620@163.com

通信作者

董光辉, E-mail: donggh5@mail.sysu.edu.cn

伦理审批 不需要

利益冲突 无申报

收稿日期 2021-08-29

录用日期 2021-12-20

文章编号 2095-9982(2022)01-0030-06

中图分类号 R12

文献标志码 A

引用

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.

本文链接

www.jeom.org/article/cn/10.11836/JEOM21402

Funding

This study was funded.

Correspondence to

DONG Guanghui, E-mail: donggh5@mail.sysu.edu.cn

Ethics approval Not required

Competing interests None declared

Received 2021-08-29

Accepted 2021-12-20

To cite

YANG Boyi, ZHANG Yidan, HUANG Wenzhong, et al. Greenspace and health outcomes in Chinese population[J]. Journal of Environmental and Occupational Medicine, 2022, 39(1): 30-35.

Link to this article

www.jeom.org/article/en/10.11836/JEOM21402

自 20 世纪以来, 全球经历了快速的城市化过程。目前超过 50% 的世界人口居住在城市, 而且该比例在 2050 年预估将超过 65%^[1]。中国亦经历了类似的过程, 尤其改革开放以来, 全国范围内城市化速度显著增加。据最新的第七次全国人口普查结果显示, 2020 年中国城镇人口占比高达 64%。城市化给人们的生活带来便捷的同时, 也带来了诸多环境污染问题, 如空气污染、噪声污染、水污染以及土壤污染等。除这些污染外, 城市化带来的另一显著改变是天然植被的破坏, 以及因之导致的城市人群绿地暴露水平的下降^[2-3]。绿地通常指自然植被覆盖的区域, 如城市公园、森林、道路绿化带以及私家花园等。根据亲生命性假说: 人类天生具有亲近自然环境的本能^[4]。那么, 这种城市化所导致的绿地暴露水平不足是否会影响人群健康, 引起了全球研究者的广泛关注。

理论上,绿地暴露可能通过以下几种途径影响健康:(1)降低空气污染物、噪声、高温等环境危害暴露水平;(2)促进体力活动;(3)减轻精神心理压力^[5]。基于这些假设,研究者已对绿地暴露和多种健康结局(如死亡率、心脑血管疾病、呼吸系统疾病、精神心理疾病、出生结局等)的关系进行了探讨,其研究结果基本支持绿地暴露可给人类健康带来益处^[6-7]。然而,以往的这些研究绝大多数开展于西班牙、德国以及荷兰等欧美发达国家,我国该方面的研究起步较晚。鉴于国家或地区间绿地特征(如绿地类型、结构以及树种等)存在差异,其对人群的健康效应亦可能不同。尽管目前已有一些综述性文章对绿地的健康效应进行了定性或定量总结,但大多仅关注 1 或 2 种(类)疾病结局,且纳入研究多来自发达国家^[8-10],因此这些证据尚不系统,且在推论至我国人群时可能存在局限。因此,本文拟对中国人群绿地健康效应的流行病学研究进行综述,以期提供该方面较为全面的证据,为该领域研究者进一步开展研究以及城市规划决策者制定城市绿地规划措施提供科学依据。

1 绿地暴露与心血管系统健康

目前,已有多项研究评估了绿地暴露与心血管系统健康结局的关联。本课题组基于“东北 33 社区研究”(横断面研究),采用归一化植被指数(normalized difference vegetative index, NDVI)和土壤调整植被指数(soil-adjusted vegetation index, SAVI)进行绿地暴露评估,在成年人群中系统评估了绿地暴露与心血管健康的关联。研究结果发现:经性别、年龄、民族、受教育程度、家庭收入和地区国民生产总值(gross domestic product, GDP)等因素调整后,随着 NDVI 和 SAVI 水平的升高,成年人群罹患心血管疾病(cardiovascular disease, CVD)、高血压、糖尿病、血脂紊乱、肥胖以及代谢综合征的可能性均显著降低^[11-15]。本课题组在新疆喀什地区开展的一项横断面研究控制了类似的混杂因素后,也证实绿地暴露可改善血脂和血糖代谢^[16-17]。此外,一项在安徽蚌埠中老年人群中开展的横断面研究发现,在调整年龄、性别和受教育水平因素后,与低 NDVI 水平的个体相比,NDVI 水平高者罹患高血压、冠心病和脑卒中的风险分别降低 55%~85%、75%和 45%^[18]。另一项在哈尔滨 4155 名成年人中开展的横断面研究中,Leng 等^[19]采用绿化比例、绿景指数以及是否有常绿树种来评估绿地暴露水平,发现上述绿地指标与肥胖、高血压、血脂紊乱和 CVD 患病率存在有

益关联。此外,Hou 等^[20]在河南农村人群中开展的研究发现绿地暴露和空腹血糖水平降低有关。

除成年人群外,本课题组也基于“东北七城市研究”(横断面研究)和“中国七省市研究”(横断面研究)评估了绿地暴露对儿童青少年心血管系统健康的影响。类似地,在调整了年龄、性别、父母受教育程度、民族、城乡、地区、地区人均 GDP、家庭年收入和季节等混杂因素后,上述研究结果发现随着绿地暴露水平的增加,儿童青少年人群罹患高血压和肥胖的风险显著降低^[21-22]。基于“广东省先天性心脏病登记研究”,本课题组发现调整母亲年龄、胎次、怀孕期间吸烟、环境烟草烟雾暴露、怀孕期间饮酒、个体受教育水平、社区受教育水平、居住于城市/农村地区、怀孕当年的环境 PM₁ 平均水平等因素后,孕期绿地暴露和妊娠期糖尿病风险降低有关^[23]。在另外一项开展于广州人群的出生队列研究中,Lin 等^[24]发现孕期 NDVI 水平和糖化血红蛋白水平降低存在关联。

也有一些随机对照试验在严格控制了试验环境、受试者饮食和行为因素后,评估了绿地暴露对心血管系统健康的短期影响。例如,Lyu 等^[25]招募了 60 名男性大学生,并使其分别在竹林和城区暴露 3 d,通过比较两组人群暴露前后的血压、心率和外周血氧饱和度,发现暴露于竹林区域可显著降低收缩压水平,而城区暴露人群未见该效应。另一项研究中,Mao 等^[26]招募了 24 名患有原发性高血压的老年人,分别使其在常绿阔叶林和城市环境下进行为期 7 d 的徒步,发现暴露于常绿阔叶林前后,研究对象的血压、内皮素-1、同型半胱氨酸、血管紧张素 I 型受体、血管紧张素 II 型受体、血管紧张素原水平显著下降,而暴露于城区的人群中未见此效应。在患有慢性心衰的病人中,也观察到类似的效应^[27]。

上述研究基本支持绿地暴露可降低 CVD、高血压、糖尿病和血脂紊乱的患病率,另外也有益于心血管生理代谢指标的改善。

2 绿地暴露与呼吸系统健康

Fan 等^[28]开展的一项覆盖中国多个区域的横断面调查研究纳入了 66752 名中老年人,发现校正年龄、性别、婚姻状况、教育背景、吸烟状况、二手烟暴露史、居住地、身高、肺结核病史、儿童时期因严重肺炎入院史、室内生物物质或煤炭接触史、工作场所空气粉尘或危险化学气体接触史、地区相对湿度、温度和细颗粒物(PM_{2.5})年平均浓度后,NDVI_{100m} 每增加一个四

分位数间距(interquartile range, IQR), 慢性阻塞性肺疾病患病风险增加约 8%。Li 等^[29]在苏州市 5 643 名中学生中开展的横断面研究评估了 NDVI 和居住地离公园的距离与哮喘、肺炎、过敏性鼻炎和湿疹的关系, 研究结果显示, 调整年龄、性别、父母受教育程度、家庭环境烟草烟雾暴露和哮喘病史等因素后, NDVI 和上述疾病之间不存在关联, 但随着居住地离公园距离的增大, 罹患上述疾病的风险降低。Wang 等^[30]开展的一项病例对照研究发现, 居住区域内有树木可显著降低肺癌的患病风险; 但是, 居住地离公园的距离越大, 肺癌患病风险反而越低。一项针对武汉市 700 名老年人的横断面研究也未发现公园可及性和呼吸系统疾病之间存在关联^[31]。另外, 本课题组基于“东北七城市研究”发现, 调整年龄、性别、身高、体重、父母教育水平、家庭收入、环境烟草暴露、住宅煤炭使用、宠物饲养、住宅装修、家族过敏史、早产和季节等因素后, 随 NDVI_{500 m} 水平的增加, 儿童肺功能更佳(即 1 s 用力呼气容积和用力肺活量水平显著增加)^[32]; 此外, 基于该研究也发现随着绿地暴露水平增加, 儿童哮喘患病率降低^[33]。

上述观察性研究结果显示绿地暴露与不同呼吸系统健康结局的关联方向不一致, 甚至绿地暴露可能表现出危害效应。但是, 每种结局的研究数量尚有限, 有待于未来的研究进一步明确。

3 绿地暴露和出生结局

母亲怀孕期间绿地暴露对子代健康的影响是近年来该研究领域的热点之一, 但国内该方面的研究尚不多见。Lin 等^[34]在北京市开展一项基于 18 665 对母婴的出生队列研究, 采用 NDVI 评估了绿地暴露水平, 并检测了胎儿的估计胎儿体重、腹围、头围以及股骨长度等指标。在调整了孕产妇年龄、民族、是否就业、受教育水平、环境 PM_{2.5} 浓度和温度后, 结果显示与居住地 NDVI 水平较低(≤ 0.25)的孕妇相比, NDVI 水平较高(> 0.25)的孕妇其胎儿的估计体重、腹围、头围更大, 但未见 NDVI 与出生体重存在显著关联。Sun 等^[35]在广州市开展的一项病例对照研究(2 044 例流产孕妇和 2 285 例对照孕妇)发现, 居住区域 NDVI 水平在 0.383~0.496 间的孕妇, 孕期高温对其流产的影响低于居住区域 NDVI 水平小于 0.383 的孕妇。另外, 本课题组在广东省 21 个城市开展的一项病例对照研究发现, 在调整了民族、家庭收入、产妇年龄、是否为永久居民、居住地点、道路密度、距最近主干道的距离、街道交

叉口数量、地区 GDP、怀孕季节和年份等因素后, 与居住区域 NDVI 水平较低(≤ 0.21)的孕妇相比, NDVI 水平较高(> 0.21)的孕妇其子代罹患先天性心脏病的风险显著降低^[36]。本课题组另外一项在茂名市开展的出生队列研究发现, 孕妇怀孕期间较高的绿地暴露水平可显著增加新生儿的出生体重、体长以及孕周, 但这种有益关联仅限于居住在城市的孕妇, 而居住在农村的孕妇中未见该效应^[37]。上述证据基本支持母亲孕期绿地暴露可降低新生儿不良出生结局风险。

4 绿地暴露和传染性疾病

传染性疾病的流行受外界环境因素(如气温、湿度、大气质量等)的显著影响, 而绿地环境与多种传染病相关环境因素(如降低气温, 增加湿度, 为虫媒提供栖息地等)存在关联。因此, 少数研究也对绿地暴露和传染病的关系进行了评估。Liu 等^[38]分析 2007—2016 年全国传染病报告数据和绿地的关联, 发现随着绿地暴露水平的增加, 痢疾的发生风险下降, 但是结核和疟疾的发生风险增加。Du 等^[39]在区县层面评估了广东省多种环境因素(包括绿地)暴露和手足口病发病率的关系, 发现绿地暴露水平与手足口发病率呈负向关联($RR=0.889$, 95%CI: 0.883~0.895)。Chen 等^[40]评估了广州和佛山 70 多种环境和社会经济因素与登革热发病率的关系, 发现佛山市森林覆盖显著增加登革热发病风险。另外, Hundessa 等^[41]发现绿地是卵形疟原虫环境适宜区的重要决定因素。总之, 有限的研究结果表明绿地暴露与不同种类传染病间的关系不同。

5 绿地暴露和精神心理健康

目前在人群中开展的绿地与健康关联的研究中, 对精神心理健康的关注最多。本课题组前期在广州 35 个社区的 1 029 名成年人中, 以 NDVI 和街景数据进行评估, 发现其绿地暴露水平结果一致; 调整性别、年龄、受教育程度、婚姻状况、户籍状况、家庭年收入和医疗保险参保情况等因素后, 随着绿地暴露水平的增加, 研究对象的心理幸福感增强; 并且存在通过绿地暴露降低空气污染暴露这一潜在途径^[42]。Xue 等^[43]通过分析来自中国 25 个省份 21 543 名成年人自测心理健康评分和 NDVI 的关系, 发现 NDVI 每降低 0.05 个单位, 心理健康评分降低的风险增加 19% (心理健康评分越高代表被测试者的心理状态越好)。Liu 等^[44]基于一项全国 20 533 名研究对象的横断面研究发现, 经调整社区层面的因素(社区人均收入和社区

人口密度)及个人层面的因素(性别、年龄、受教育程度、婚姻状况、就业状况、当地户口、目前吸烟状况、目前饮酒状况、是否参加医疗保险、是否有身体疾病、家庭人均收入和户口类型)后,居住区域有绿地覆盖的人群,其罹患抑郁症的风险显著降低,且体力活动、心理压力以及社交能力发挥了显著的中介作用。该研究团队在另一项北京人群的研究也得到了类似的结果^[45]。此外,也有一些研究通过让研究对象在绿地空间活动一定的时间后,测量绿地暴露前后研究对象精神心理健康指标的变化,来评估绿地的短期健康效应。例如,Elisadek等^[46]选择了346名年轻成年人,分为四组,分别使其在建筑物密集而绿植少、植有樱花树、英国梧桐和水杉的道路上行走15 min,并交换道路场景。各组研究对象在行走前后均进行问卷调查以评估心理状况(包括情绪、焦虑、健康恢复以及主观活力等)。研究结果发现,行走在有绿植的三种道路的研究对象,其心理状况有所改善,具体表现为紧张、疲倦、焦虑等症状显著缓解。另一项在贵阳市开展的研究也发现森林浴可显著缓解青年大学生的焦虑状况^[47]。上述研究证据基本支持绿地暴露与心理健康存在有益关联,但研究多为横断面研究或仅评估了短期效应,未来的研究需将特定精神障碍或疾病作为结局,评估其与长期绿地暴露间的因果关联。

6 绿地暴露和一般健康状况

除上述特定疾病结局外,一些研究也评估了绿地暴露和一般健康状况(大多采用调查问卷进行评估)的关联。在一项基于中国老年人群的前瞻性队列研究中,Zhu等^[48-49]评估了居住区域绿地暴露和老年人生活自理能力[通过“您在洗澡/穿衣/如厕/位置转移/进食/修饰(如洗脸、刷牙等)方面需要帮助吗?”这6个自报问题评估]以及衰弱综合征(通过衰弱指数评估,包括工具性日常生活活动、功能受限、日常生活活动、认知功能、自报健康状况、访谈者评定的健康状况、心理健康、听觉和视觉能力、心律和慢性病等39个自我报告项目)的关联,发现与居住区域NDVI水平低(Q_1)的人群相比,居住于NDVI水平高区域(Q_4)的老年人生活自理能力障碍和衰弱综合征的发生风险分别降低28%(95%CI: 21%~35%)和14%(95%CI: 13%~23%)。Huang等^[50]在上海市7692名老人中探讨了绿地暴露(以居住地周围绿地比例和离绿地空间的距离进行评估)和自测健康状况(通过自测健康指标进行评估,即询问被调查对象“总体而言,您对过去一个月的健康状

况有何评价?”)的关联,发现居住地周围绿地越多,老年人自测健康状况更好。同时,居住地离绿地空间越近,自测健康状况亦越好。类似地,Huang等^[51]分析了全国368399名老年人绿地暴露和自测健康的关系,得到了同样的有益关联结果,尤其是在人口密度较高的城市人群中。Chen等^[52]在北京4291名工人中开展的一项横断面研究也发现,对周围绿地越满意的人群其自我报告健康状况越好。总体而言,以上研究均发现了居住区域绿地暴露与居民自测一般健康状况存在有益关联。

7 绿地暴露和死亡率

一项基于中国23754名老年人的前瞻性队列研究发现,调整年龄、性别、民族、婚姻状况、地区、童年社会经济状况、成人社会经济状况、社交休闲活动、吸烟、饮酒状况和体育锻炼因素后,与NDVI_{250m}水平较低(Q_1)的研究对象相比,NDVI_{250m}水平较高(Q_4)的研究对象总死亡率下降27%(95%CI: 24%~30%)^[53]。Li等^[54]基于全国人群开展的一项生态学研究发现,城市森林/绿地比率可显著降低PM_{2.5}浓度,进而降低心肺系统疾病所导致的死亡。类似地,Takano等^[55]在上海市人群中开展的研究发现,死亡率与公园、花园以及绿地比例呈显著负向关联。

8 绿地暴露和其他健康结局

除上述健康结局外,一些研究还评估了绿地暴露对睡眠质量^[56]、免疫功能^[25]、维生素D^[57]的影响。例如Xie等^[56]开展的一项河南农村人群的横断面分析发现,NDVI和增强型植被指数每增加一个IQR,匹兹堡睡眠质量指数(指数越高代表睡眠质量越差)分别下降0.055(95%CI: 0.012~0.095)和0.090(95%CI: 0.025~0.151)。Lyu等^[25]的研究发现,与在城市环境中的个体相比,在竹林中进行为期3d疗养的个体,其自然杀伤细胞的活性以及自然杀伤细胞和穿孔素、溶粒素、溶酶A/B表达细胞的数量显著上升,而皮质酮的水平显著下降。此外,一项基于65岁及以上老年人的队列研究发现,绿地暴露水平和维生素D缺乏的发病风险呈显著负向关联,尤其是在男性人群中^[57]。

9 总结和展望

综上所述,尽管相较于欧美国家起步较晚,但我国在绿地对健康的影响方面已开展了一定数量的研究。研究证据总体支持绿地暴露对健康可产生有益效

应,比如降低心血管疾病、精神心理疾病和不良出生结局的患病风险以及降低死亡率。但是,目前的研究以横断面研究和研究短期效应的随机对照试验研究为主,前瞻性队列研究较少,因此这些证据在因果关系的推论和长期效应评价方面还有待于未来的研究进一步明确。此外,在绿地暴露评估方面,绝大多数研究采用 NDVI 等植被指数和绿化比例进行评估,NDVI 对绿色植物敏感,是测量植被空间分布的常用指标,但难以辨别绿地的种类和结构,且无法识别垂直的绿化形式,如绿化墙等;而绿化比例是指能被公众利用的绿地所占的比例,由官方发布,但其数据可能滞后,从而低估实际的绿化比例。因此未来借助先进技术的绿地评估可能提供更加精确的暴露数据和健康效应评估。

参考文献

- [1] United Nations. World urbanization prospects: the 2014 revision[EB/OL].[2020-12-01].<https://population.un.org/wup/Publications/Files/WUP2014-Report.pdf>.
- [2] NIEUWENHUIJSEN MJ, KHREIS H, TRIGUERO-MAS M, et al. Fifty shades of green: pathway to healthy urban living[J]. *Epidemiology*, 2017, 28(1): 63-71.
- [3] COX DT C, SHANAHAN DF, HUDSON HL, et al. The impact of urbanisation on nature dose and the implications for human health[J]. *Landscape Urban Plan*, 2018, 179: 72-80.
- [4] WILSON E O. Biophilia[M]. Cambridge: Harvard University Press, 1984.
- [5] MARKEVYCH I, SCHOIERER J, HARTIG T, et al. Exploring pathways linking greenspace to health: Theoretical and methodological guidance[J]. *Environ Res*, 2017, 158: 301-317.
- [6] GIANFREDI V, BUFFOLI M, REBECCHI A, et al. Association between urban greenspace and health: a systematic review of literature[J]. *Int J Environ Res Public Health*, 2021, 18(10): 5137.
- [7] YANG BY, ZHAO T, HU LX, et al. Greenspace and human health: an umbrella review[J]. *Innovation (N Y)*, 2021, 2(4): 100164.
- [8] LUO YN, HUANG WZ, LIU XX, et al. Greenspace with overweight and obesity: a systematic review and meta-analysis of epidemiological studies up to 2020[J]. *Obes Rev*, 2020, 21(11): e13078.
- [9] DAVIS Z, GUHN M, JARVIS I, et al. The association between natural environments and childhood mental health and development: a systematic review and assessment of different exposure measurements[J]. *Int J Hyg Environ Health*, 2021, 235: 113767.
- [10] ROJAS-RUEDA D, NIEUWENHUIJSEN MJ, GASCON M, et al. Green spaces and mortality: a systematic review and meta-analysis of cohort studies[J]. *Lancet Planet Health*, 2019, 3(11): e469-e477.
- [11] YANG BY, HU LW, JALALUDIN B, et al. Association between residential greenness, cardiometabolic disorders, and cardiovascular disease among adults in China[J]. *JAMA Netw Open*, 2020, 3(9): e2017507.
- [12] YANG BY, LIU KK, MARKEVYCH I, et al. Association between residential greenness and metabolic syndrome in Chinese adults[J]. *Environ Int*, 2020, 135: 105388.
- [13] YANG BY, MARKEVYCH I, HEINRICH J, et al. Residential greenness and blood lipids in urban-dwelling adults: the 33 communities Chinese health study[J]. *Environ Pollut*, 2019, 250: 14-22.
- [14] YANG BY, MARKEVYCH I, HEINRICH J, et al. Associations of greenness with diabetes mellitus and glucose-homeostasis markers: the 33 communities Chinese health study[J]. *Int J Hyg Environ Health*, 2019, 222(2): 283-290.
- [15] YANG BY, MARKEVYCH I, BLOOM MS, et al. Community greenness, blood pressure, and hypertension in urban dwellers: the 33 communities Chinese health study[J]. *Environ Int*, 2019, 126: 727-734.
- [16] FAN S, YANG BY, XUE Z, et al. Associations between residential greenness and blood lipids in Chinese Uyghur adults[J]. *Environ Int*, 2020, 142: 105903.
- [17] FAN S, XUE Z, YUAN J, et al. Associations of residential greenness with diabetes mellitus in Chinese Uyghur adults[J]. *Int J Environ Res Public Health*, 2019, 16(24): 5131.
- [18] JIA X, YU Y, XIA W, et al. Cardiovascular diseases in middle aged and older adults in China: the joint effects and mediation of different types of physical exercise and neighborhood greenness and walkability[J]. *Environ Res*, 2018, 167: 175-183.
- [19] LENG H, LI S, YAN S, et al. Exploring the relationship between green space in a neighbourhood and cardiovascular health in the winter city of China: A study using a health survey for Harbin[J]. *Int J Environ Res Public Health*, 2020, 17(2): 513.
- [20] HOU J, TU R, DONG Y, et al. Associations of residing greenness and long-term exposure to air pollution with glucose homeostasis markers[J]. *Sci Total Environ*, 2021, 776: 145834.
- [21] BAO WW, YANG BY, ZOU ZY, et al. Greenness surrounding schools and adiposity in children and adolescents: findings from a national population-based study in China[J]. *Environ Res*, 2021, 192: 110289.
- [22] XIAO X, YANG BY, HU LW, et al. Greenness around schools associated with lower risk of hypertension among children: findings from the seven Northeastern cities study in China[J]. *Environ Pollut*, 2020, 256: 113422.
- [23] QU Y, YANG B, LIN S, et al. Associations of greenness with gestational diabetes mellitus: the Guangdong registry of congenital heart disease (GRCHD) study[J]. *Environ Pollut*, 2020, 266: 115127.
- [24] LIN L, DONG G, TANG N, et al. Association between residential greenness and glycosylated hemoglobin in pregnant women: findings from the baseline data of Yuexiu birth cohort[J]. *Int J Hyg Environ Health*, 2021, 234: 113721.
- [25] LYU B, ZENG C, XIE S, et al. Benefits of a three-day bamboo forest therapy session on the psychophysiology and immune system responses of male college students[J]. *Int J Environ Res Public Health*, 2019, 16(24): 4991.
- [26] MAO GX, CAO YB, LAN XG, et al. Therapeutic effect of forest bathing on human hypertension in the elderly[J]. *J Cardiol*, 2012, 60(6): 495-502.
- [27] MAO G, CAO Y, WANG B, et al. The salutary influence of forest bathing on elderly patients with chronic heart failure[J]. *Int J Environ Res Public Health*, 2017, 14(4): 368.
- [28] FAN J, GUO Y, CAO Z, et al. Neighborhood greenness associated with chronic obstructive pulmonary disease: a nationwide cross-sectional study in China[J]. *Environ Int*, 2020, 144: 106042.
- [29] LI L, HART J E, COULL BA, et al. Effect of residential greenness and nearby parks on respiratory and allergic diseases among middle school adolescents in a Chinese city[J]. *Int J Environ Res Public Health*, 2019, 16(6): 991.
- [30] WANG L, ZHAO X, XU W, et al. Correlation analysis of lung cancer and urban spatial factor: based on survey in Shanghai[J]. *J Thorac Dis*, 2016, 8(9): 2626-2637.
- [31] XIE B, AN Z, ZHENG Y, et al. Healthy aging with parks: association between

- park accessibility and the health status of older adults in urban China[J]. *Sustain Cities Soc*, 2018, 43: 476-486.
- [32] ZHOU Y, BUI DS, PERRET JL, et al. Greenness may improve lung health in low-moderate but not high air pollution areas: seven Northeastern Cities' study[J]. *Thorax*, 2021, 76(9): 880-886.
- [33] ZENG XW, LOWE AJ, LODGE CJ, et al. Greenness surrounding schools is associated with lower risk of asthma in schoolchildren[J]. *Environ Int*, 2020, 143: 105967.
- [34] LIN L, LI Q, YANG J, et al. The associations of residential greenness with fetal growth in utero and birth weight: a birth cohort study in Beijing, China[J]. *Environ Int*, 2020, 141: 105793.
- [35] SUN X, LUO X, CAO G, et al. Associations of ambient temperature exposure during pregnancy with the risk of miscarriage and the modification effects of greenness in Guangdong, China[J]. *Sci Total Environ*, 2020, 702: 134988.
- [36] NIE Z, YANG B, OU Y, et al. Maternal residential greenness and congenital heart defects in infants: a large case-control study in Southern China[J]. *Environ Int*, 2020, 142: 105859.
- [37] XIAO X, GAO M, ZHOU Y, et al. Is greener better? Associations between greenness and birth outcomes in both urban and non-urban settings[J]. *Int J Epidemiol*, 2021, doi: 10.1093/ije/dyab164.
- [38] LIU L, ZHONG Y, AO S, et al. Exploring the relevance of green space and epidemic diseases based on panel data in China from 2007 to 2016[J]. *Int J Environ Res Public Health*, 2019, 16(14): 2551.
- [39] DU Z, LAWRENCE WR, ZHANG W, et al. Bayesian spatiotemporal analysis for association of environmental factors with hand, foot, and mouth disease in Guangdong, China[J]. *Sci Rep*, 2018, 8(1): 15147.
- [40] CHEN Y, YANG Z, JING Q, et al. Effects of natural and socioeconomic factors on dengue transmission in two cities of China from 2006 to 2017[J]. *Sci Total Environ*, 2020, 724: 138200.
- [41] HUNDESSA S, LI S, LIU DL, et al. Projecting environmental suitable areas for malaria transmission in China under climate change scenarios[J]. *Environ Res*, 2018, 162: 203-210.
- [42] WANG R, YANG B, YAO Y, et al. Residential greenness, air pollution and psychological well-being among urban residents in Guangzhou, China[J]. *Sci Total Environ*, 2020, 711: 134843.
- [43] XUE T, ZHU T, ZHENG Y, et al. Declines in mental health associated with air pollution and temperature variability in China[J]. *Nat Commun*, 2019, 10(1): 2165.
- [44] LIU Y, WANG R, XIAO Y, et al. Exploring the linkage between greenness exposure and depression among Chinese people: mediating roles of physical activity, stress and social cohesion and moderating role of urbanicity[J]. *Health Place*, 2019, 58: 102168.
- [45] HELBICH M, YAO Y, LIU Y, et al. Using deep learning to examine street view green and blue spaces and their associations with geriatric depression in Beijing, China[J]. *Environ Int*, 2019, 126: 107-117.
- [46] ELSADEK M, LIU B, LIAN Z, et al. The influence of urban roadside trees and their physical environment on stress relief measures: a field experiment in Shanghai[J]. *Urban For Urban Gree*, 2019, 42: 51-60.
- [47] ZHOU C, YAN L, YU L, et al. Effect of short-term forest bathing in urban parks on perceived anxiety of young-adults: a pilot study in Guiyang, Southwest China[J]. *Chin Geogr Sci*, 2019, 29(1): 139-150.
- [48] ZHU A, YAN L, WU C, et al. Residential greenness and frailty among older adults: a longitudinal cohort in China[J]. *J Am Med Dir Assoc*, 2020, 21(6): 759-765.e2.
- [49] ZHU A, YAN LL, WU CD, et al. Residential greenness, activities of daily living, and instrumental activities of daily living: a longitudinal cohort study of older adults in China[J]. *Environ Epidemiol*, 2019, 3(5): e065.
- [50] HUANG B, LIU Y, FENG Z, et al. Residential exposure to natural outdoor environments and general health among older adults in Shanghai, China[J]. *Int J Equity Health*, 2019, 18(1): 178.
- [51] HUANG B, HUANG C, FENG Z, et al. Association between residential greenness and general health among older adults in rural and urban areas in China[J]. *Urban For Urban Gree*, 2021, 59: 126907.
- [52] CHEN Y, STEPHENS M, JONES CA. Does residents' satisfaction with the neighbourhood environment relate to residents' self-rated health? Evidence from Beijing[J]. *Int J Environ Res Public Health*, 2019, 16(24): 5051.
- [53] JI JS, ZHU A, BAI C, et al. Residential greenness and mortality in oldest-old women and men in China: a longitudinal cohort study[J]. *Lancet Planet Health*, 2019, 3(1): e17-e25.
- [54] LI C, SONG Y, TIAN L, et al. Urban form, air quality, and cardiorespiratory mortality: a path analysis[J]. *Int J Environ Res Public Health*, 2020, 17(4): 1202.
- [55] TAKANO T, FU J, NAKAMURA K, et al. Age-adjusted mortality and its association to variations in urban conditions in Shanghai[J]. *Health Policy*, 2002, 61(3): 239-253.
- [56] XIE Y, XIANG H, DI N, et al. Association between residential greenness and sleep quality in Chinese rural population[J]. *Environ Int*, 2020, 145: 106100.
- [57] ZHU A, ZENG Y, JI JS. Residential greenness alters serum 25(OH)D concentrations: a longitudinal cohort of Chinese older adults[J]. *J Am Med Dir Assoc*, 2020, 21(12): 1968-1972.e2.

(英文编辑: 汪源; 责任编辑: 陈姣)