

应用街景数据评估绿地空间暴露与儿童青少年过敏性鼻炎患病率的关联

黄伟乐¹, 王若宇², 刘方婕³, 黄文忠³, 董光辉³, 于红瑶³

1. 深圳市宝安区石岩预防保健所, 广东 深圳 518108
2. 爱丁堡大学地理科学学院, 英国 爱丁堡 EH8 9XP
3. 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/JEOM21243

摘要：

[背景] 绿地空间暴露与儿童青少年过敏性鼻炎(AR)的关联性研究多在发达国家开展, 并且结论并不一致。

[目的] 应用街景数据探讨绿地空间暴露与我国儿童青少年 AR 患病的关联。

[方法] 2012—2013 年, 在我国东北地区 3 个城市 40868 名 2~17 岁儿童青少年中开展了 1 项横断面研究, 其中男孩 20886 人(51.1%)、女孩 19982 人(48.9%), 通过问卷调查获得 AR 患病的相关信息。应用人工智能方法提取 2012—2013 年腾讯街景图像中的绿地信息(包括树木和草地等), 计算研究对象所在学校附近(800 m 和 1000 m 缓冲区)的绿景指数(GVI), 并将其作为绿地空间暴露的评价指标。应用混合效应 logistic 回归模型评估 GVI 每增加 1 个四分位间距(IQR), AR 患病的比值比(OR)。此外, 根据 PM_{2.5} 暴露情况, 将研究对象分为 PM_{2.5} 低暴露组($\leq 56.23 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$)和高暴露组($> 56.23 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$), 并探讨 PM_{2.5} 是否在 GVI 与 AR 的关联中发挥效应修正作用。

[结果] 研究对象的年龄为(10.40±3.68)岁, 其中 3963(9.7%)人曾经被医生诊断为 AR。调整协变量后, 在 800 m 缓冲区, 树木和总绿地的 GVI 每增加 1 个 IQR(树木: 0.031; 总绿地: 0.029), AR 的 OR 及 95%CI 值分别降低 15%(10%~19%)和 14%(10%~19%)。PM_{2.5} 与 GVI 的交互作用存在统计学意义($P < 0.1$), 在 PM_{2.5} 低暴露组中树木和总绿地的 GVI 与 AR 患病率降低相关, 而在 PM_{2.5} 高暴露组则无关联。应用 1000 m 缓冲区 GVI 进行敏感性分析, 其所得结果与 800 m 缓冲区基本一致。

[结论] 绿地特别是树木的覆盖率增加与儿童青少年 AR 患病风险降低相关, 并且这种相关关系可能在低浓度 PM_{2.5} 的地区更为明显。

关键词： 街景; 绿地; 全卷积; 绿景指数; 过敏性鼻炎

Association between street view greenness and allergic rhinitis in children HUANG Weile¹, WANG Ruoyu², LIU Fangjie³, HUANG Wenzhong³, DONG Guanghui³, YU Hongyao³ (1. Shiyao Preventive Health Care Institute, Bao'an District, Shenzhen 518108, China; 2. Institute of Geography, School of GeoSciences, The University of Edinburgh, Edinburgh EH8 9XP, UK; 3. Guangdong Provincial Engineering Technology Research Center of Environmental Pollution and Health Risk Assessment, Department of Occupational and Environmental Health, School of Public Health, Sun Yat-sen University, Guangzhou 510080, China)

Abstract:

[Background] Studies on the association between greenness exposure and allergic rhinitis (AR) in children are mostly conducted in developed countries, and the conclusion is not consistent.

[Objective] Using street view data to explore the association between greenness exposure and allergic rhinitis (AR) prevalence in Chinese children.

[Methods] A cross-sectional study was conducted among 40868 children aged 2-17 years in three cities of Northeast China from 2012 to 2013, which consisted of 20886 (51.1%) boys and 19982 (48.9%) girls. The information of AR prevalence was obtained through questionnaire. Based on downloaded street view images from Tencent Maps, a green view index (GVI) of green vegetation (trees and grass) within 800 m and 1000 m buffer of the participants' schools was calculated by using artificial intelligence, and it was used as a surrogate of the greenness

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(81872582)

作者简介

黄伟乐(1982—), 男, 学士, 主管医师; E-mail: 4038844@qq.com

通信作者

于红瑶, E-mail: yuhyao@mail.sysu.edu.cn

伦理审批

已获取

利益冲突 无申报

收稿日期 2021-05-24

录用日期 2021-12-10

文章编号 2095-9982(2022)01-0017-06

中图分类号 R12

文献标志码 A

补充材料

www.jeom.org/article/cn/10.11836/JEOM21243

►引用

黄伟乐, 王若宇, 刘方婕, 等. 应用街景数据评估绿地空间暴露与儿童青少年过敏性鼻炎患病率的关联 [J]. 环境与职业医学, 2022, 39(1): 17-22.

►本文链接

www.jeom.org/article/cn/10.11836/JEOM21243

Funding

This study was funded.

Correspondence to

YU Hongyao, E-mail: yuhyao@mail.sysu.edu.cn

Ethics approval Obtained

Competing interests None declared

Received 2021-05-24

Accepted 2021-12-10

Supplemental material

www.jeom.org/article/en/10.11836/JEOM21243

► To cite

HUANG Weile, WANG Ruoyu, LIU Fangjie, et al. Association between street view greenness and allergic rhinitis in children[J]. Journal of Environmental and Occupational Medicine, 2022, 39(1): 17-22.

► Link to this article

www.jeom.org/article/en/10.11836/JEOM21243

exposure. A mixed-effect logistic regression model was used to estimate the odds ratio (OR) of AR prevalence in children for per increase of inter-quartile range (IQR) of GVI. In addition, according to ambient PM_{2.5} concentration, the participants were divided into a low PM_{2.5} exposure group ($\leq 56.23 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$) and a high exposure group ($> 56.23 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$) to investigate whether PM_{2.5} was a modifier on the association between GVI and AR.

[Results] The average age of the subjects was (10.40±3.68) years and 3 963 (9.7%) subjects reported diagnosed AR. Within 800 m buffer, an IQR increase in GVI for trees (IQR=0.031, OR=0.85, 95%CI: 0.81-0.90) and overall greenness (IQR=0.029, OR=0.86, 95%CI: 0.81-0.90) was associated with lower adjusted odds ratio of AR. The interaction between PM_{2.5} and GVI was statistically significant ($P < 0.1$), that is, the negative associations of trees and overall greenness with AR were observed only at low PM_{2.5} exposure levels. The sensitivity analysis results of GVI within 1 000 m buffer was consistent with that within 800 m buffer.

[Conclusion] Exposure to green vegetation, especially trees, may be associated with decreased risks of AR in children, and such associations may be more obvious in areas with a low PM_{2.5} concentration.

Keywords: street view; greenness; fully convolutional network; green view index; allergic rhinitis

过敏性鼻炎 (allergic rhinitis, AR) 是一种常见的慢性呼吸系统疾病, 全球发病率为 10%~40%, 其中高收入国家患病率普遍高于中、低收入国家^[1-2]。流行病学调查显示, 随着我国经济发展和城市化进程不断加快, AR 的患病率呈明显上升趋势^[3]。AR 的主要症状为鼻痒、鼻塞、流鼻涕和频繁打喷嚏等^[4]。虽然不是致命性疾病, 但 AR 可影响患者的生活质量和心理健康^[5]。儿童青少年为 AR 的易感人群, 约有 80% 的 AR 患者在 20 岁之前出现相关症状^[6]。由 AR 引发的睡眠质量降低和抑郁等症状将严重影响儿童青少年的身心发育, 从而给家庭和社会带来沉重负担^[7-8]。

大气污染和微生物群落减少与过敏性疾病的发病密切相关^[9]。绿地(包括树木、草地等)具有净化空气和增加环境微生物群落的特点, 因此其与过敏性疾病的关系引起了学者们的广泛关注^[10-11]。已有关于绿地空间暴露和儿童青少年 AR 关系的报道, 这些研究主要在发达国家开展, 由于绿色植被种类、暴露评估方法和研究对象等存在差异, 其所得结论并不一致^[12]。一些研究发现绿地与 AR 患病率降低呈正相关^[11-13], 而另一些研究则发现绿地与 AR 患病率降低无关联甚至是负向关联^[14-15]。我国目前关于绿地空间暴露健康效应方面的研究还处于起步阶段^[16], 绿地和 AR 的关联性研究开展较少。

现阶段普遍使用的绿地评估参数—归一化植被指数(normalized difference vegetation index, NDVI)是通过卫星鸟瞰图像计算的, 将其作为地面人群的绿地暴露指标存在一定的局限性^[17]。随着人工智能技术的发展, 一种新兴的从沿街街景图像中提取绿地信息的方法已开始获得学者们的青睐^[18-19]。本研究拟采用该方法评估绿地空间暴露, 并探讨其与我国儿童青少年 AR 患病的关联, 以期为城市绿地规划和 AR 防控提

供理论依据。

1 对象与方法

1.1 研究对象

2012—2013 年, 在我国东北地区 3 个城市(沈阳、大连、抚顺)开展了 1 项关于儿童青少年呼吸健康的横断面研究。在这 3 个城市中, 共有 15 个行政区纳入研究, 其中沈阳 6 个、大连 5 个、抚顺 4 个。在每个行政区, 分别随机抽取 1 所幼儿园、小学、初中和高中。如果所选幼儿园/学校的学生总数少于 500 人, 再随机选择 1 所幼儿园/学校, 最终有 53 所幼儿园/学校纳入此研究。纳入标准: 从所选的幼儿园/学校的每个年级随机抽取 1 个班级, 将这个班级的学生纳入研究。排除标准: 在当前居住地居住不满 2 年的学生, 无该校学籍和后转入该班的学生。本研究已获中山大学医学伦理委员会审批(批号: L2018-019)。在收集个人信息之前, 父母/监护人签署了书面知情同意书。

1.2 AR 的定义

采用美国胸科学会流行病学标准化项目调查表(ATSDLD-78-A)中文版, 收集 AR 患病的资料。问卷由家长/监护人填写。AR 患病的定义是基于对“医生曾诊断您的孩子患过过敏性鼻炎吗?”的肯定回答。

1.3 街景绿地评估

研究对象白天的大部分时间都在幼儿园/学校, 因此该研究将研究对象所在的幼儿园/学校作为研究地点。以幼儿园/学校为中心, 分别以 800 m 和 1 000 m 为缓冲区的半径, 评估该环形缓冲区内绿地(包括树木、灌木、绿墙和草地)的覆盖情况。McMorris 等^[20]的研究显示, 1 000 m 的距离步行用时约为 20 min, 因此本研究设置的缓冲区域也可在一定程度上反映研究对象家庭附近和上学路线的绿地覆盖水平。本研究应

用 OpenStreetMap (<https://www.openstreetmap.org>) 在缓冲区内选择采样点,从腾讯地图上下载每个采样点 2012 年或 2013 年 6 月至 8 月(一年中植物最绿的时段,能够最大程度反映研究地区间绿地覆盖差异)拍摄的街景图像。根据街景图像计算采样点绿色植被水平,从而评估幼儿园/学校周围道路沿线的绿地覆盖情况。为权衡评估所用计算时间和准确性,本研究将 100 m 作为两个采样点之间的最小距离。为获得每个采样点的全景图,本研究在每个采样点的东、南、西、北 4 个方向采集图像,其分辨率为 480×320 像素。本研究共收集到 315 830 张街景图像,平均每个学校 5 960 张,用于评估其附近绿地覆盖水平。

应用全卷积网络(fully convolutional network, FCN-8s)语义分割技术识别街景图像中的绿色植被^[18]。首先,从带注释的 ADE20K 数据集(一种语义分割数据集)中采集一组带注释的图像及其语义分割图像来训练 FCN-8s 模型。然后,将幼儿园/学校附近采样点的街景图像(图 1A)输入到模型中,推断出其语义分割图像(图 1B)。对于本研究中的 FCN-8s 模型,训练数据和测试数据的总体准确率分别为 82.5%和 81.3%。在语义分割图像中,识别绿色植被(树木、灌木、绿墙和草地等),并用绿景指数(green view index, GVI)表示, GVI 定义为 4 个方向(东、南、西、北)上绿色植被的总像素数与图像总像素数的比值。由于灌木和绿墙的数量较少,故把它们与树木合并起来。因此,树木的 GVI 是树木、灌木和绿墙的总像素数与图像总像素数的比值,草地的 GVI 是草地的总像素数与图像总像素数的比值。

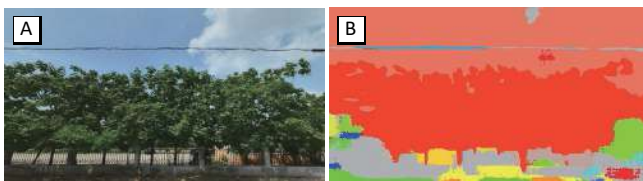


图 1 采样点的街景图像(A)及其语义分割图像(B)
Figure 1 Street view image (A) and converted segmentation image (B)

1.4 协变量

该研究将调查问卷中与绿地暴露和过敏性疾病相关的变量作为协变量进行调整,包括年龄(岁)、性别(男、女)、锻炼时间($\text{h}\cdot\text{周}^{-1}$)、家庭年收入(<1 万元、1 万~<3 万元、3 万~<10 万元、 ≥ 10 万元),父母教育(定义为父母一方完成的最高教育水平;高中及以上、高中以下)、肥胖(是、否)和饲养宠物(是、否)。

1.5 细颗粒物(fine particulate matter, $\text{PM}_{2.5}$)的调节效应评估

研究发现绿地空间暴露与大气污染对健康的影响存在交互作用^[21-22]。在我国东北地区, $\text{PM}_{2.5}$ 是最常见的大气污染物。因此,本研究拟探讨 $\text{PM}_{2.5}$ 是否在绿地空间暴露与儿童青少年 AR 患病的关联中发挥效应修正作用,即暴露于高浓度 $\text{PM}_{2.5}$ 和低浓度 $\text{PM}_{2.5}$ 的儿童青少年其绿地空间暴露与 AR 患病之间的关联程度是否相同。

从国家环境监测中心网站下载 $\text{PM}_{2.5}$ 的地面日均浓度,从美国航空航天局网站下载气溶胶光学厚度(aerosol optical depth, AOD)。首先,以 $\text{PM}_{2.5}$ 日均地面水平为应变量,以 AOD、气象和土地利用数据为自变量,建立模型,空间分辨率为 0.1° (≈ 10 km)。该模型对 $\text{PM}_{2.5}$ 的日均浓度具有良好的预测能力,相关系数为 0.83,均方根误差为 $18.5 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ 。将研究地点的地址转换为经纬度坐标数据,利用该模型对 2009—2012 年 $\text{PM}_{2.5}$ 日浓度进行评估,并计算出 4 年平均浓度(2009—2012 年)作为 $\text{PM}_{2.5}$ 长期暴露浓度。根据 $\text{PM}_{2.5}$ 长期暴露浓度将研究对象分为低 $\text{PM}_{2.5}$ 暴露组(\leq 中位数: $56.23 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$)和高 $\text{PM}_{2.5}$ 暴露组($>$ 中位数: $56.23 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$)。

1.6 统计学分析

分别使用 t 检验和卡方检验来比较连续变量和分类变量在患 AR 儿童和非 AR 儿童之间的差异。由于生活在同一行政区的研究对象之间存在一定的同质性,该研究应用混合效应 logistic 回归模型评估 GVI 与 AR 之间的关系。在模型中,研究对象为第一水平,行政区为第二水平。在控制年龄、性别、运动时间、家庭年收入、父母教育、肥胖和饲养宠物等变量后,计算 800 m 缓冲区 GVI($\text{GVI}_{800\text{m}}$)每增加 1 个四分位间距(interquartile range, IQR),患 AR 的优势比(odd ratio, OR)和 95%置信区间(confidence interval, CI)。通过在模型中加入 GVI 与 $\text{PM}_{2.5}$ 暴露水平的交互项,评估 $\text{PM}_{2.5}$ 的效应修正作用。此外,应用 1000 m 缓冲区的 GVI($\text{GVI}_{1000\text{m}}$)进行敏感性分析。使用 R 3.6.3 进行数据分析。主效应的 $P < 0.05$,交互作用的 $P < 0.1$ 为有统计学意义。该项目统计分析工作在中山大学公共卫生学院高性能计算平台完成。

2 结果

2.1 研究对象基本情况

该研究总共纳入 46 950 名 2~17 岁儿童青少年,其中 43 710 名返回了调查问卷,2 842 名学生符合排除标准被排除,最终该研究纳入 40 868 名儿童青少

年, 他们的年龄为(10.40±3.68)岁, 其中男孩 20886 人(51.1%)、女孩 19982 人(48.9%)。研究对象中 3963 (9.7%) 人曾经被医生诊断为 AR。患有 AR 的与未患有 AR 的研究对象在年龄、体育锻炼时间、性别比例、父母受教育程度、家庭年收入、饲养宠物、肥胖和绿地暴露等方面的差异有统计学意义($P < 0.05$)。详见表 1。

表 1 研究对象基本信息

Table 1 Characteristics of participants

| 变量(Variable) | 总计(Total) (n=40 868) | 过敏性鼻炎 Allergic rhinitis | | P |
|--|-------------------------|----------------------------|--------------------|-------|
| | | 是(Yes) (n=3963) | 否(No) (n=36905) | |
| 年龄/岁(Age/years)($\bar{x} \pm s$) | 10.44±3.68 | 11.06±3.43 | 10.38±3.70 | <0.05 |
| 体育锻炼时间/(h·周 ⁻¹) Exercise time/(h·week ⁻¹) ($\bar{x} \pm s$) | 6.37±7.56 | 5.94±7.29 | 6.41±7.59 | <0.05 |
| 性别(Gender)[n(%)] | | | | <0.05 |
| 男(Male) | 20886(51.1) | 2430(11.63) | 18456(88.37) | |
| 女(Female) | 19982(48.9) | 1533(7.67) | 18449(92.33) | |
| 父母任何一方完成的最高教育水平<高中 Highest level of education attained by either parent< high school [n(%)] | | | | <0.05 |
| 高中以下 Below high school | 9686(23.7) | 850(21.4) | 8836(23.9) | |
| 高中及以上 High school and above | 31182(76.3) | 3113(78.6) | 28069(76.1) | |
| 家庭年收入/元 Family income per year/Yuan [n(%)] | | | | <0.05 |
| <10000 | 7596(18.6) | 722(18.2) | 6874(18.6) | |
| 10000~ | 14047(34.4) | 1263(31.9) | 12784(34.6) | |
| 30000~ | 15660(38.3) | 1558(39.3) | 14102(38.2) | |
| ≥100000 | 3565(8.7) | 420(10.6) | 3145(8.5) | |
| 饲养宠物(Pet kept) [n(%)] | 4410(10.8) | 523(13.2) | 3887(10.5) | <0.05 |
| 肥胖(Obesity) [n(%)] | 3098(7.6) | 353(8.9) | 2745(7.4) | <0.05 |
| GVI _{800m} [M(IQR)] | | | | |
| 树木(Tree) | 0.083(0.031) | 0.082(0.032) | 0.083(0.031) | <0.05 |
| 草地(Grass) | 0.001(0.004) | 0.002(0.004) | 0.001(0.004) | <0.05 |
| 总绿地(Overall) | 0.089(0.029) | 0.088(0.030) | 0.090(0.029) | <0.05 |

2.2 GVI 与 AR 的关联

表 2 所示为 800 m 缓冲区 GVI 与 AR 的关联。模型 I 为粗模型, 模型 II 为调整了年龄、性别、锻炼时间、家庭年收入、父母受教育程度、肥胖和饲养宠物等协变量的模型。调整协变量后, 树木 GVI_{800m} 和总体绿地 GVI_{800m} 与 AR 呈负向关联, 树木和总绿地 GVI_{800m} 每增加 1 个 IQR(树木: 0.031; 总绿地: 0.029), AR 的 OR 及 95%CI 值分别降低 15%(10%~19%)和 14%(10%~19%)。

表 2 GVI_{800m} 每增加 1 个 IQR 与儿童青少年过敏性鼻炎的关联Table 2 The association between GVI_{800m} per IQR increase and allergic rhinitis in children

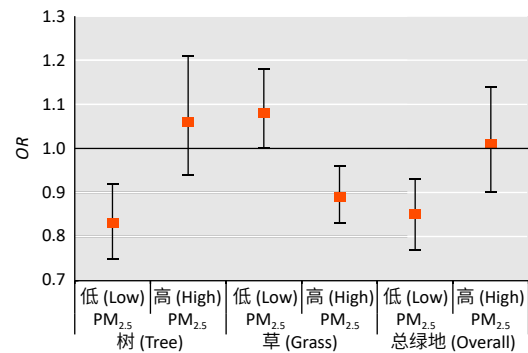
| 绿地种类 Type of greenness | 模型 I (Model I) | | | 模型 II (Model II) | | |
|---------------------------|----------------|-----------|-------|------------------|-----------|-------|
| | OR | 95%CI | P | OR | 95%CI | P |
| 树木(Tree) | 0.94 | 0.90~0.99 | <0.05 | 0.85 | 0.81~0.90 | <0.05 |
| 草地(Grass) | 1.05 | 1.00~1.10 | <0.05 | 1.03 | 0.98~1.08 | 0.19 |
| 总绿地(Overall) | 0.95 | 0.91~1.00 | <0.05 | 0.86 | 0.81~0.90 | <0.05 |

[注] 模型 I, 粗模型; 模型 II, 调整年龄、性别、锻炼时间、家庭年收入、父母受教育程度、肥胖和饲养宠物; 树木、草地和总绿地 GVI_{800m} 的 1 个 IQR 分别为 0.031、0.004、0.029。

[Note] Model I, crude model; Model II, adjusted for age, gender, exercise time, family income, parental income, obesity and pet kept; Tree per IQR, 0.031; Grass per IQR, 0.004; Overall greenness per IQR, 0.029.

2.3 PM_{2.5} 对 GVI 与 AR 关联的修正作用

GVI_{800m} 与 PM_{2.5} 存在交互作用($P < 0.1$)。调整协变量后, 在 PM_{2.5} 低暴露组, 树木 GVI_{800m} 和总绿地 GVI_{800m} 与 AR 呈负向关联, 树木和总绿地 GVI_{800m} 每增加 1 个 IQR(树木: 0.031; 总绿地: 0.029), AR 的 OR 及其 95%CI 值分别降低 17%(8%~25%)和 15%(7%~23%)。而在 PM_{2.5} 高暴露组, GVI_{800m} 与 AR 的关联无统计学意义。详见图 2。



[注] 模型调整年龄、性别、锻炼时间、家庭年收入、父母受教育程度、肥胖和饲养宠物; 低暴露组, PM_{2.5} ≤ 56.23 µg·m⁻³; 高暴露组, PM_{2.5} > 56.23 µg·m⁻³; 树木 GVI_{800m} 1 个 IQR 为 0.031; 草地 GVI_{800m} 1 个 IQR 为 0.004; 总绿地 GVI_{800m} 1 个 IQR 为 0.029。P_{交互}均 < 0.1。

[Note] Model is adjusted for age, gender, exercise time, family income per year, parental education, obesity, and pet kept; Low exposure area, PM_{2.5} ≤ 56.23 µg·m⁻³; High exposure area, PM_{2.5} > 56.23 µg·m⁻³; GVI_{800m} of tree per IQR, 0.031; GVI_{800m} of grass per IQR, 0.004; GVI_{800m} of overall greenness per IQR, 0.029. All P_{inter} < 0.1.

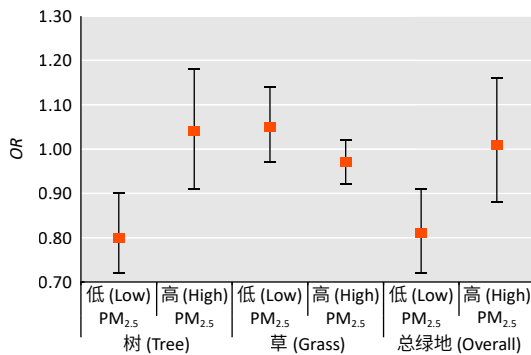
图 2 PM_{2.5} 对 GVI_{800m} 与儿童青少年过敏性鼻炎关联的修正作用
Figure 2 Modifying effect of PM_{2.5} on the association between per IQR increase of GVI_{800m} and allergic rhinitis in children

2.4 敏感性分析

GVI_{1000m} 与 GVI_{800m} 高度相关。例如, 树木 GVI_{1000m} 和 GVI_{800m} 相关系数为 0.98($P < 0.05$), 草地 GVI_{1000m} 和 GVI_{800m} 相关系数为 0.96($P < 0.05$), 总绿地 GVI_{1000m}

和 GVI_{800m} 相关系数为 0.95 ($P < 0.05$)。详见补充材料图 S1。

GVI_{1000m} 与 AR 的关系与 GVI_{800m} 的结果相似, 即 GVI_{1000m} 与 $PM_{2.5}$ 也存在交互作用 ($P < 0.1$), 树木和总绿地 GVI_{1000m} 与 AR 在 $PM_{2.5}$ 低暴露组存在关联, 而在 $PM_{2.5}$ 高暴露组关联无统计学意义。详见图 3。



[注] 模型调整年龄、性别、锻炼时间、家庭年收入、父母受教育程度、肥胖和饲养宠物; 低暴露组, $PM_{2.5} \leq 56.23 \mu g \cdot m^{-3}$; 高暴露组, $PM_{2.5} > 56.23 \mu g \cdot m^{-3}$; 树木 GVI_{800m} 1 个 IQR 为 0.033; 草地 GVI_{800m} 1 个 IQR 为 0.004; 总绿地 GVI_{800m} 1 个 IQR 为 0.034。 $P_{交互} < 0.1$ 。

[Note] Model is adjusted for age, gender, exercise time, family income per year, parental education, obesity, and pet kept; Low exposure area, $PM_{2.5} \leq 56.23 \mu g \cdot m^{-3}$; High exposure area, $PM_{2.5} > 56.23 \mu g \cdot m^{-3}$; GVI_{800m} of tree per IQR, 0.033; GVI_{800m} of grass per IQR, 0.004; GVI_{800m} of overall greenness per IQR, 0.034. All $P_{inter} < 0.1$.

图 3 $PM_{2.5}$ 对 GVI_{1000m} 与儿童青少年过敏性鼻炎关联的修正作用

Figure 3 Modifying effect of $PM_{2.5}$ on the association between per IQR increase of GVI_{1000m} and allergic rhinitis in children

3 讨论

本研究通过评估 GVI 与 AR 患病的关联发现, 绿地空间暴露与儿童青少年 AR 患病率降低相关, 而且树木的覆盖水平在这种关联中发挥主要作用。此外, 本研究还发现 $PM_{2.5}$ 对 GVI 与 AR 患病的关联存在效应修正作用, 即仅在 $PM_{2.5}$ 浓度较低的地区, GVI 与 AR 患病的关联有统计学意义。

以往的绿地空间暴露与 AR 关联性研究普遍采用 NDVI 作为评价指标。但 NDVI 是通过卫星遥感图像反演的, 该图像是鸟瞰模式的, 因此不能充分反映人们日常地面水平的绿地空间暴露^[17]。例如, 不对公众开放的绿地, 能在卫星图像中呈现, 但却不能被人们用来进行休闲娱乐, 因此会产生评估值与真实暴露值之间的差异。此外, 树木在垂直面的茂密程度以及树荫下草地的面积也不能通过 NDVI 反映。因此, 学者们认为这些局限性可能是导致绿地健康效应研究结论不一致的主要原因^[23]。本研究采用一种新兴的绿地评估方法, 即用街景图像来计算绿地暴露水平^[18, 24-25]。这些

图像都是用人眼高度的车载照相机沿街拍摄的, 因此 GVI 更能充分反映人们日常绿地空间的实际暴露水平。

目前, 我国绿地空间暴露与儿童青少年 AR 的相关研究开展的较少。据笔者所知, 仅 Li 等^[26]于 2014—2015 年在苏州市 5 643 名中学生中开展了绿地空间暴露与 AR 患病率的关联性评估, 结果显示, 居住地 NDVI 水平以及距公园的远近与 AR 患病率的关联无统计学意义 ($OR: 0.97$; $95\%CI: 0.76 \sim 1.24$)^[26]。Li 等将居住地, 而不是学校, 作为学生的暴露评估地点, 并采用 NDVI 作为评估指标, 这可能是其与本研究结果不一致的主要原因。此外, Li 等的研究在我国南方城市进行, 而本研究是在东北地区开展的, 南、北方绿色植被种类的差异也可能会导致研究结果不一致^[27]。

本研究发现绿地, 特别是树木, 与少年儿童 AR 患病率降低明显相关。这一结论与 Dzhambov 等^[13]的研究报道相一致。Dzhambov 等^[13]对生活在阿尔卑斯山附近的 1 251 名 8~12 周岁儿童进行调查发现, 学校附近 100 m 缓冲区 NDVI 和树木覆盖每增加 1 个 IQR, 学龄儿童 AR 的患病率分别降低 14% ($95\%CI: 1\% \sim 26\%$) 和 26% ($95\%CI: 6\% \sim 43\%$)。此外, Fuertes 等^[11]在荷兰 3 339 名儿童中开展的研究也显示, 居住地 500 m 缓冲区 NDVI 每增加 0.2 个单位, AR 的患病率降低 33% ($95\%CI: 5\% \sim 53\%$)。树木与 AR 患病率降低关联的确切机制尚不完全清楚。一种假设是, 树木可通过降低空气污染来促进健康^[28]。有研究发现, 树木和灌木的叶子可吸收或过滤掉大气污染物^[29]。本研究的结果也支持这一假设, 即对研究对象按 $PM_{2.5}$ 暴露水平分组后, 绿地与 AR 患病率降低的关联只在 $PM_{2.5}$ 低暴露组具有统计学意义。空气质量好的地区往往有更多的绿地覆盖, 这可能是绿地与 AR 患病率降低相关联的原因。

本研究中, 在每个幼儿园/学校应用近 6 000 张街景图像评估其附近绿地覆盖情况, 因此能够客观地反映出研究对象的绿地空间暴露情况; 同时, FCN-8s 模型能够区分自然植被和人工植被, 从而排除人工植被, 如绿色塑料盆景等的干扰, 使绿色植被覆盖水平的评估客观、精准。此外, 本研究还应用 1 000 m 缓冲区进行敏感性分析, 使研究结论更加可信。但是, 本研究也存在几个局限性。首先, 由于横断面研究设计, 本研究只能推断绿地空间暴露与儿童青少年 AR 患病之间的关联, 而不能确定因果关系。其次, 由于 AR 患病的信息是通过自填式调查问卷获得的, 而不是医院病历记录, 因此不能排除回忆偏差的影响。此外, 本研究没有考虑研究对象居住地周围和上学沿途的绿地

覆盖情况,但由于我国的就近入学政策,该研究中的大部分研究对象都居住在学校附近,并且该研究采用了较大的缓冲区(800 m 和 1000 m),因此其 GVI 数据能够一定程度上反映研究对象居住地附近和上学沿途的绿地覆盖。

综上所述,利用街景图像与人工智能评估绿地空间暴露很有应用前景。通过这种新兴方法,我们观察到绿地空间暴露与儿童青少年 AR 患病率降低相关联,并且 PM_{2.5} 在这个关联中发挥效应修正作用。这一发现可为研究人员揭示绿色植被对 AR 患病的影响及其机制提供有价值的信息。

参考文献

- [1] MENG Y, WANG C, ZHANG L. Advances and novel developments in allergic rhinitis[J]. *Allergy*, 2020, 75(12): 3069-3076.
- [2] ZHANG Y, ZHANG L. Increasing prevalence of allergic rhinitis in China[J]. *Allergy Asthma Immunol Res*, 2019, 11(2): 156-169.
- [3] 王孟, 郑铭, 王向东, 等. 中国过敏性鼻炎流行病学研究进展[J]. 中国耳鼻咽喉头颈外科, 2019, 26(8): 415-420.
WANG M, ZHENG M, WANG XD, et al. Progress in epidemiology of allergic rhinitis in China[J]. *Chin Arch Otolaryngol-Head Neck Surg*, 2019, 26(8): 415-420.
- [4] BOUSQUET J, ANTO JM, BACHERT C, et al. Allergic rhinitis[J]. *Nat Rev Dis Primers*, 2020, 6(1): 95.
- [5] CHENG L, CHEN J, FU Q, et al. Chinese society of allergy guidelines for diagnosis and treatment of allergic rhinitis[J]. *Allergy Asthma Immunol Res*, 2018, 10(4): 300-353.
- [6] GENTILE D, BARTHOLOW A, VALOVRTA E, et al. Current and future directions in pediatric allergic rhinitis[J]. *J Allergy Clin Immunol Pract*, 2013, 1(3): 214-226.
- [7] DYKEWICZ MS, WALLACE DV, AMROL DJ, et al. Rhinitis 2020: a practice parameter update[J]. *J Allergy Clin Immunol*, 2020, 146(4): 721-767.
- [8] SCHULER IV CF, MONTEJO JM. Allergic rhinitis in children and adolescents[J]. *Pediatr Clin North Am*, 2019, 66(5): 981-993.
- [9] PAWANKAR R, WANG JY. Climate change, air pollution, and biodiversity in Asia Pacific and impact on respiratory allergies[J]. *Immunol Allergy Clin North Am*, 2021, 41(1): 63-71.
- [10] LIU HL, SHEN YS. The impact of green space changes on air pollution and microclimates: a case study of the Taipei Metropolitan Area[J]. *Sustainability*, 2014, 6(12): 8827-8855.
- [11] FUERTES E, MARKEYVCH I, BOWATTE G, et al. Residential greenness is differentially associated with childhood allergic rhinitis and aeroallergen sensitization in seven birth cohorts[J]. *Allergy*, 2016, 71(10): 1461-1471.
- [12] LAMBERT KA, BOWATTE G, THAM R, et al. Residential greenness and allergic respiratory diseases in children and adolescents - A systematic review and meta-analysis[J]. *Environ Res*, 2017, 159: 212-221.
- [13] DZHAMBOV AM, LERCHER P, RÜDISSE J, et al. Allergic symptoms in association with naturalness, greenness, and greyness: a cross-sectional study in schoolchildren in the Alps[J]. *Environ Res*, 2021, 198: 110456.
- [14] MARKEYVCH I, LUDWIG R, BAUMBACH C, et al. Residing near allergenic trees can increase risk of allergies later in life: LISA Leipzig study[J]. *Environ Res*, 2020, 191: 110132.
- [15] PARMES E, PESCE G, SABEL CE, et al. Influence of residential land cover on childhood allergic and respiratory symptoms and diseases: evidence from 9 European cohorts[J]. *Environ Res*, 2020, 183: 108953.
- [16] 张丽娜, 陈仁杰, 孟夏, 等. 绿地空间暴露与人群健康效应的研究进展[J]. 环境与职业医学, 2021, 38(2): 175-182.
ZHANG LN, CHEN RJ, MENG X, et al. Research progress on exposure and health effects of green space[J]. *J Environ Occup Med*, 2021, 38(2): 175-182.
- [17] LI X, ZHANG C, LI W, et al. Assessing street-level urban greenery using Google Street View and a modified green view index[J]. *Urban For Urban Gree*, 2015, 14(3): 675-685.
- [18] 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.
- [19] XIAO Y, ZHANG Y, SUN Y, et al. Does green space really matter for residents' obesity? A new perspective from Baidu Street View[J]. *Front Public Health*, 2020, 8: 332.
- [20] MCMORRIS O, VILLENEUVE PJ, SU J, et al. Urban greenness and physical activity in a national survey of Canadians[J]. *Environ Res*, 2015, 137: 94-100.
- [21] JI JS, ZHU A, LV Y, et al. Interaction between residential greenness and air pollution mortality: analysis of the Chinese Longitudinal Healthy Longevity Survey[J]. *Lancet Planet Health*, 2020, 4(3): e107-e115.
- [22] DONG GH, QIAN Z, LIU MM, et al. Breastfeeding as a modifier of the respiratory effects of air pollution in children[J]. *Epidemiology*, 2013, 24(3): 387-394.
- [23] VILLENEUVE PJ, YSELDYK RL, ROOT A, et al. Comparing the normalized difference vegetation index with the Google Street view measure of vegetation to assess associations between greenness, walkability, recreational physical activity, and health in Ottawa, Canada[J]. *Int J Environ Res Public Health*, 2018, 15(8): 1719.
- [24] LU Y. Using Google Street View to investigate the association between street greenery and physical activity[J]. *Landsc Urban Plan*, 2019, 191: 103435.
- [25] LU Y, SARKAR C, XIAO Y. The effect of street-level greenery on walking behavior: evidence from Hong Kong[J]. *Soc Sci Med*, 2018, 208: 41-49.
- [26] LI L, HART JE, 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.
- [27] ŠKARKOVÁ P, KADLUBIEC R, FISCHER M, et al. Refining of asthma prevalence spatial distribution and visualization of outdoor environment factors using GIS and its application for identification of mutual associations[J]. *Cent Eur J Public Health*, 2015, 23(3): 258-266.
- [28] DADVAND P, DE NAZELLE A, TRIGUERO-MAS M, et al. Surrounding greenness and exposure to air pollution during pregnancy: an analysis of personal monitoring data[J]. *Environ Health Perspect*, 2012, 120(9): 1286-1290.
- [29] GÓMEZ-BAGGETHUN E, GREN Å, BARTON D N, et al. Urban ecosystem services[M]//ELMQVIST T, FRAGKIAS M, GOODNESS J, et al. Urbanization, Biodiversity and Ecosystem Services: Challenges and Opportunities: A Global Assessment. Dordrecht: Springer, 2013: 175-251.

(英文编辑: 汪源; 责任编辑: 陈姣)