



城市绿地暴露与公共健康关系研究现状

李梦雪¹, 文艳苹², 胡广¹

(1. 浙江理工大学建筑工程学院, 杭州 310018; 2. 杭州市疾病预防控制中心, 杭州 310021)

摘要: 城市绿地对居民的身心健康具有显著的正向效应, 研究居民在城市绿地中的暴露情况和公共健康的关系, 对于快速城市化背景下的城市公共安全和可持续发展具有重要意义。收集 2007—2022 年 Web of Science 数据库中的 550 篇相关文献, 利用文献计量分析方法对文献出版数量、被引频次、学科分布、共被引关系和关键词突现等进行系统分析, 梳理城市绿地暴露与公共健康关系的研究现状。结果表明: 城市绿地暴露与公共健康关系研究呈现出缓慢增长和快速爆发两个发展阶段; 城市化程度高、经济发达的国家相关研究较多, 呈多学科交叉的特点; 研究主题主要集中在体力活动、空气污染、住宅绿地、心理健康和城市健康等领域, 研究重点从早期偏重环境健康效应逐渐转移到绿地公平性研究。未来的研究可以结合新技术探究绿地暴露对生理和心理健康的各类效应及内在机制, 同时也要关注绿地暴露的公平性及其对新发传染病的影响。

关键词: 城市绿地; 绿地暴露; 公共健康; 文献计量分析

中图分类号: TU986

文献标志码: A

文章编号: 1673-3851(2024)04-0492-15

引文格式: 李梦雪, 文艳苹, 胡广. 城市绿地暴露与公共健康关系研究现状[J]. 浙江理工大学学报(自然科学), 2024, 51(4): 492-506.

Reference Format: LI Mengxue, WEN Yanping, HU Guang. Research status of urban greenspace exposure and public health relation[J]. Journal of Zhejiang Sci-Tech University, 2024, 51(4): 492-506.

Research status of urban greenspace exposure and public health relation

LI Mengxue¹, WEN Yanping², HU Guang¹

(1. School of Civil Engineering and Architecture, Zhejiang Sci-Tech University, Hangzhou 310018, China; 2. Hangzhou Center for Disease Control and Prevention, Hangzhou 310021, China)

Abstract: Urban greenspace has a significant positive effect on the physical and mental health of urban residents. Understanding the relationship between residents' exposure to urban greenspace and public health is important for urban public safety and sustainable development under the background of rapid urbanization. By collecting 550 relevant articles in the database of Web of Science from 2007 to 2022, the number of publications, citation frequency, distribution across disciplines, co-citation relationship and keyword emergence were deeply analyzed by using bibliometric analysis to illustrate the current status of the research on the relationship between urban greenspace exposure and public health. The results indicated the research on the urban greenspace exposure and public health relation underwent two developing stages of slow growth and rapid explosion in history. Many studies were carried out in these highly urbanized and developed countries, with typical interdisciplinary characteristics. Study topics focused on physical activity, air pollution, neighboring greenspace, mental health, and urban health, with a shifting from an early emphasis on environmental health to the current emphasis on green equity. In the future, new technologies can be applied in exploring the various effects of greenspace exposure on

收稿日期: 2023-11-10 网络出版日期: 2024-04-12

基金项目: 国家自然科学基金项目(32171570); 浙江省医药卫生科技计划项目(2023KY1002)

作者简介: 李梦雪(1997—), 女, 河南三门峡人, 硕士研究生, 主要从事景观生态学方面的研究。

通信作者: 胡广, E-mail: hug163@163.com

physiological and mental health as well as its underlying mechanisms. At the same time, more attention should be paid to the equity of greenspace exposure and its impact on the emerging epidemic diseases.

Key words: urban greenspace; greenspace exposure; public health; bibliometric analysis

0 引言

城市化已成为当今人类社会发展的主要趋势,全球现有 55% 的人口生活在城市地区,预计到 2050 年时城市人口可能达到 70%^[1]。随着城市的快速扩张,城市居民的人居环境和生活方式发生颠覆性改变。其中,高强度的工作压力和不健康的生活方式对城市居民的健康造成巨大威胁。城市居民中高发的肥胖、高血压、心血管疾病等慢性疾病和抑郁、焦虑等精神疾病,逐渐成为城市公共健康乃至城市可持续发展的严峻挑战之一^[2]。1984 年,世界卫生组织在加拿大多伦多举行的“超越卫生保健”会议上首次提出了“健康城市”概念。健康城市是一个以人的健康为中心的城市,在城市的建设和管理过程中需要将预防疾病、促进健康的各种措施整合成一体,既要改善城市的医疗卫生条件,又要改善社会经济条件、美化人居环境^[3]。2016 年 10 月,中共中央、国务院发布《“健康中国 2030”规划纲要》,提出要强化居民预防疾病意识,实现从“治病”向“预防”的转变。由此可见,通过经济、社会和环境等多种途径提升城市居民的公共健康水平和强化全民健康意识是实现健康城市发展目标的核心内容。

城市绿地是有水体、植被覆盖的公共空间,是自然要素的载体,为居民提供了体育运动、休闲、娱乐和社交的场所。公共健康是以个人健康为前提和基础,指向的是全体社会成员的健康。长时间接触绿地不仅可以改善和消除负面的情绪和行为,还有助于集中注意力、促进人与人之间的沟通,增强社会凝聚力和归属感^[4-5]。此外,居民接触绿地对预防和治疗慢性病和心理疾病也具有积极作用。“绿地暴露”是指居民与绿色空间的接触强度,作为一个新兴的概念,近年来被广泛用于量化城市绿地的健康效益^[6]。国外对绿地暴露与公共健康关系(Greenspace exposure and public health relation, GEPHR)的研究开展较早,研究表明较高的绿地暴露水平可以降低居民癌症^[7]、心血管疾病^[8]和其他疾病^[9]的患病风险。国内相关研究正处在起步发展期,一般集中在绿地暴露的心理疗愈效应,较少涉及城市绿地对生理疾病的量化实证研究^[10-12]。

本文收集了 2007—2022 年全球城市 GEPHR

研究的相关文献,利用 CiteSpace 软件进行文献计量分析和可视化分析,梳理和总结绿地暴露及其健康效应的研究现状、热点以及与公共健康的内在联系,并对该领域的未来发展趋势提出建议。

1 数据来源与研究方法

本文以 Web of Science(WOS)数据库为文献来源,基于关键词检索式{("green space*" OR "greenspace*") AND ("human public health*" OR "Alzheimer's disease" OR "obesity" OR "mental health" OR "infectious disease" OR "diabetes" OR "hypertension" OR "cardiovascular disease" OR "neurodegenerative disease" OR "cancer" OR "respiratory disease" OR "Stroke SMR" OR "heart" OR "cholesterol" OR "epidemic") AND ("exposure" OR "availability" OR "visibility" OR "accessibility" OR "duration" OR "access frequency" OR "Green space quality") AND ("urban" OR "city")}进行文献检索,检索时间截至 2022 年 12 月 31 日,人工删除重复研究及非学术类文献后,共检索到 550 篇文献。

利用 Excel 软件和 WOS 在线分析平台对文献的出版数量、被引频次、学科分布等进行总体分析,然后利用 CiteSpace 软件^[13-15]对文献的期刊来源、共被引关系、关键词演化等进行深入分析,以梳理 GEPHR 的研究现状。

2 绿地暴露与公共健康研究的发展与特点

2.1 绿地暴露的内涵与度量

2.1.1 绿地暴露的内涵

园艺疗法^[16]、森林疗法^[17-19]、农艺疗法^[20]、绿色运动^[21]等是通过增加人们对自然环境或自然要素的接触机会,来干预和辅助治疗身心健康。在 20 世纪 20 年代,关于暴露的研究最初被应用于探究职业病的危险因素。随着发达国家社会经济的迅速发展,城市环境受到了空气、水、噪声和有毒物质等的污染,威胁着人们的健康^[22-23]。20 世纪 90 年代,国际暴露科学协会(International Society of Exposure Science)建立。2006 年,Barr^[24]提出了“暴露科学”的定义,认为“暴露科学”是研究化学、物理或生物制剂与人体接触交互作用的过程及机制,以揭示导致

人体不良健康效应或预防不良健康结果的科学。2018年,Zhang等^[25]根据“暴露科学”的概念,将“绿地”的概念扩展为更广泛的“绿地暴露”概念,并运用结构方程模型分析了绿地暴露对健康的直接影响。Yu等^[26]对“绿地暴露”的定义是衡量个人(或群体)与自然环境之间的接触量,认为“接触”自然环境是实现自然对人类健康益处的前提。因此,城市绿地暴露可以理解为城市居民与城市绿地接触的频率和程度,可以通过测算研究人群对绿地的可获得性、可达性和可视性等来评估量化^[27]。

2.1.2 绿地暴露的度量

绿地暴露的强度一般通过主观和客观两类指标进行度量。主观指标是指在接触绿地时,通过人的感知和使用行为反映的绿地对居民的吸引力和居民对绿地的满意度、偏好度、使用频率和停留时间等方面的情况。客观指标主要从距离、绿地面积、数量及人们对绿地的获取程度等方面反映城市绿地的分布和供给情况,例如居民住宅距离最近绿地的距离、周边绿地覆盖率、公园绿地面积等。绿地暴露指标的数据主要通过问卷调查、土地利用数据、卫星图像、街景图像等获取原始数据并通过相关计算得到。

a)公众感知与行为指标。绿地感知是指人们利用视觉、听觉、嗅觉等感官,对绿地的特征和效益进行主观评价,以反映绿地的质量水平。Zhang等^[28]通过问卷调查了解居民访问绿地的频率、时间和偏好,发现绿地可以缓解压力,促进居民进行体力活动,进而影响心理健康。高品质的绿地可以为居民提供娱乐交往和锻炼的空间,增加居民访问周围绿地的频率,进一步改善和提高居民的身心健康。Pretty等^[29]评估了英国4个地区10个绿色运动(在自然环境中进行的体力活动,如步行、骑车、钓鱼等)对健康的影响,发现绿色运动在很大程度上缓解了抑郁、紧张、焦虑等消极情绪。

b)绿视率指标。绿视率(Green view index, GVI)是绿色植被在人们的视线内所占有的比例^[30]。随着科学技术的不断发展,绿视率可以通过深度学习提取街景图像中绿色植被的覆盖率来计算。Larkin等^[31]将谷歌街景图像分割成不同区域以计算城市街道的GVI,结果发现,绿视率与其他绿地暴露指标(绿地覆盖率、树木覆盖率和距离公园的距离等)相关性较低;与其他暴露指标相比,绿视率是一种更具人性化和综合性的绿地暴露指标,能够更真实地评估城市中绿地的垂直分布^[32]。

c)归一化植被指数。归一化植被指数(Normalized

difference vegetation index, NDVI)是一种常用的绿色指标。它是基于植被对红外光和可见光的吸收特性,通过计算红外波段和可见光波段的反射率之间的比值,来反映植被生长的状况。其取值范围为-1到1之间;值越高表示地表绿量越大,植被条件越好。许多大尺度的研究选择从卫星遥感数据中提取NDVI作为量化受访者住所周围绿地暴露的指标。Gonzales-Inca等^[33]通过测量参与者住宅区域不同范围的NDVI,研究了住宅绿化程度与抑郁症之间的关系。结果发现,住宅周围的绿地越多,抑郁风险越低。Xiao等^[34]将参与者居住区的NDVI作为评估住宅绿化的指标,发现住宅绿化与肺功能慢性阻塞性肺病呈负相关,但在不同的区域和人群中存在差异。Beyer等^[35]也将NDVI作为绿地指标之一,探讨城乡差异对心理健康的影响。

d)距离。距离是计算绿地可达性的重要因素之一。距离的远近会影响居民使用绿地的频率。研究表明,绿地与居住区的最佳距离是100~300 m,如果超过这一距离,居民使用绿地的频率就会下降^[36-37]。Reklaitiene等^[38]根据居民住址距离公园的远近来反映绿地的可达性,研究了绿地可达性与抑郁症患病率之间的关系,并发现女性比男性更容易受到绿地可达性的影响。此外,距离也被用作探究绿地暴露与居民全因死亡率、慢性非传染性疾病等生理健康关系的指标之一。Tamosiunas等^[39]发现,居住地到绿地的距离与心血管疾病的死亡率没有显著影响,但公园使用者的心血管疾病和糖尿病的患病率明显低于不使用公园者。Grazuleviciene等^[40]发现,与绿地的距离每增加300 m,血压偏高的概率就会增加14%,这表明绿地暴露与一些慢性疾病存在显著关系。

e)绿地覆盖率。绿地覆盖率是指在某一区域内各类绿地的总面积占该区域总面积的比值。这一指标被广泛应用于不同层面,如邻里、街道附近、县级、市级等,以评估城市绿地的暴露度。Aerts等^[41]发现,比利时的城乡地区居民住宅绿地覆盖率与心理治疗药物销售呈负相关关系,而且在城市中增加任何类型的绿地面积都能够降低居民对药物的需求。Barboza等^[42]调查了欧洲31个国家的不同城市的绿地面积和数量,发现在雅典、布鲁塞尔、哥本哈根、里加等一些绿地匮乏的城市,其居民死亡率最高。上述研究表明,增加绿地面积对于促进城市居民健康的重要性。

2.2 GEPHR 研究的发展历史

截至2022年底,已有550篇关于GEPHR研究的学术论文发表,总引用频数为25182次,篇均引用次数为45.79次,其中69篇为高被引论文。从图1可以看出:GEPHR研究论文发表数量整体呈上升趋势,研究规模正在逐渐扩大。在2010年之前,关于GEPHR的研究非常少,每年仅发表1~2篇相关论文,主要涉及城市绿地中环境污染暴露对人类健康的影响;也有少量研究强调了城市绿地的积极作用,发现增加城市绿地面积可以减少环境污染,同时提高居民的健康水平和生活质量。2010—2016年

是GEPHR研究的起步发展期,相关研究的发文数量缓慢上升,研究主要关注森林环境、绿色运动、城市绿地的使用性等因素与肥胖、体力活动、抑郁和焦虑等健康方面的关系。2017—2022年是该领域研究的快速爆发期,相关论文发表数量大幅增加,其中2022年论文数量达到122篇;GEPHR研究的内容更加趋于综合化、多元化,研究重点是居住绿地、城市公园、建筑环境、环境质量与居民的生理、心理健康的影响和机制,自然环境、深度学习、绿地公平性、新型冠状病毒感染疫情、绿地空间分析等成为新的研究方向。

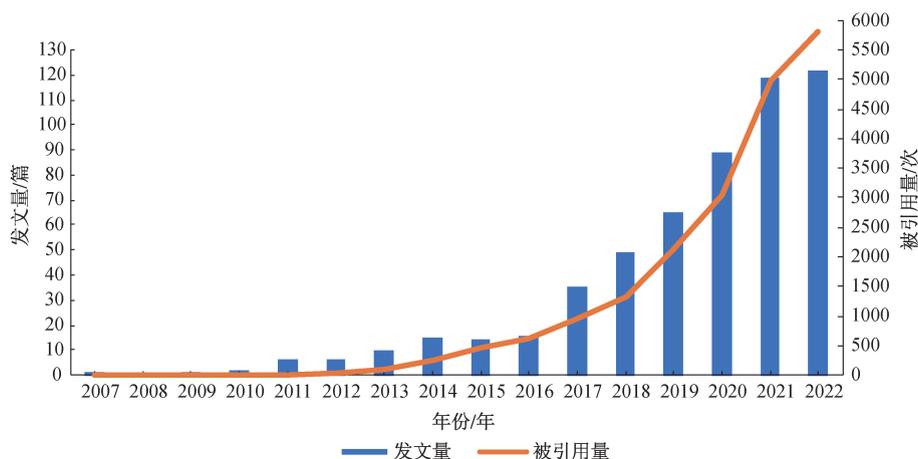


图1 2007—2022年GEPHR研究年度发文量和被引用次数分布图

2.3 GEPHR研究的热点地区

从不同国家合作关系和发文数量来看,GEPHR研究主要集中在城市人口占比高、经济发达的西方国家。GEPHR研究国家合作关系示意图如图2所示,美国是发表论文最多且与其他地区合作最为密切的国家,中国和英国紧随其后。中国与英国、美国、德国、澳大利亚、瑞典等国家的合作最为频繁。GEPHR研究发文量前10的国家如表1所示,除美国与中国外,人口占比较少、城市化程度高、经济发达的欧洲国家在GEPHR研究方面有更多的发文量。在一些人口密度大且经济不发达的非洲、南美和亚洲的发展中国家,其现实的人居环境更容易导致公共健康问题。这些发展中国家正在经历快速的城市化进程,在提高居民生活水平和促进城市经济发展的同时,也给当地人居环境和公共卫生带来了严峻挑战,但GEPHR相关研究受重视程度却远低于发达国家。

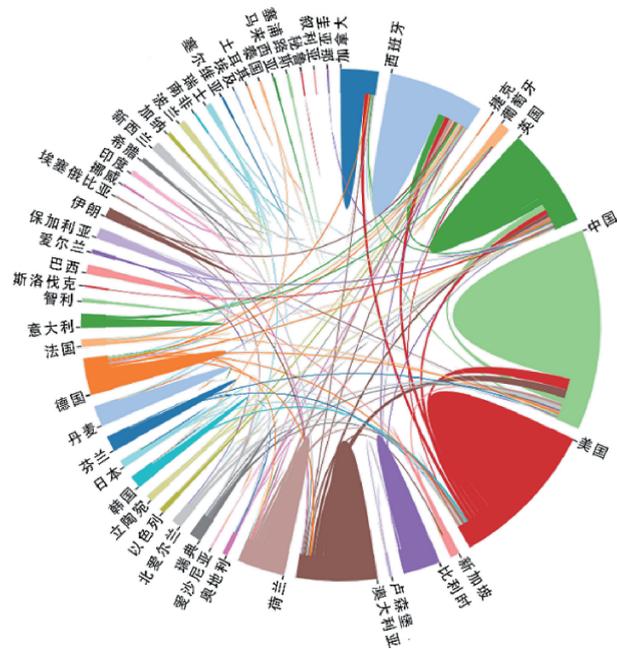


图2 GEPHR研究国家间合作关系示意图

2.4 GEPHR研究的来源期刊与学科

GEPHR研究的发文量最多的期刊是 *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 共发表95篇;其次是

Landscape and Urban Planning 和 *Environmental Research*, 发文量均在50篇左右。文献被引次数最多的期刊是 *Environmental Research*, 总引用次数达到了367次(表2)。这表明了环境科学和城市学

表1 GEPHR 研究发文量前 10 的国家统计表

国家	发文量/篇	全球人口占比/%	城市人口比例/%	人均 GDP/美元
美国	131	4.16	82.7	76348
中国	130	17.54	61.4	12814
英国	82	0.83	83.9	45295
澳大利亚	53	0.33	86.2	65526
日本	53	0.59	80.8	29421
加拿大	36	0.49	81.6	55085
荷兰	36	0.22	92.2	56489
德国	33	1.05	77.5	48636
比利时	17	0.15	98.1	50114
瑞典	16	0.13	88.0	55689

是 GEPHR 研究的主要发表领域。这些期刊的发文主题涵盖了城市规划与管理、环境研究、疾病预防和人类活动等多个研究领域,发表的论文主要通过经济、社会、卫生、环境等多个角度研究城市绿地和公共健康之间的关系和内在机理,以应对城市面临的日益严重的公共健康风险,为促进城市健康发展提供科学依据和策略。

各学科 GEPHR 研究的发文量如图 3 所示,从图中可以看出,GEPHR 研究表现出典型的多学科交叉特点。除了与传统的环境和健康研究领域相关的公共环境卫生、环境科学、环境研究等学科外,城市研究、生态学、林业、自然地理学等也有涉猎。

表2 GEPHR 研究主要期刊来源统计表

期刊	文献总数/篇	总被引用次数/次	平均被引用次数/次
<i>International Journal of Environmental Research and Public Health</i>	95	270	2.84
<i>Environmental Research</i>	50	367	7.34
<i>Landscape and Urban Planning</i>	45	153	3.40
<i>Urban Forestry & Urban Greening</i>	40	94	2.35
<i>Environment International</i>	29	239	8.24
<i>Health & Place</i>	29	101	3.48
<i>BMC Public Health</i>	15	83	5.53
<i>Science of the Total Environment</i>	14	29	2.07
<i>Environmental Health Perspectives</i>	11	92	8.36
<i>Social Science Medicine</i>	11	103	9.36

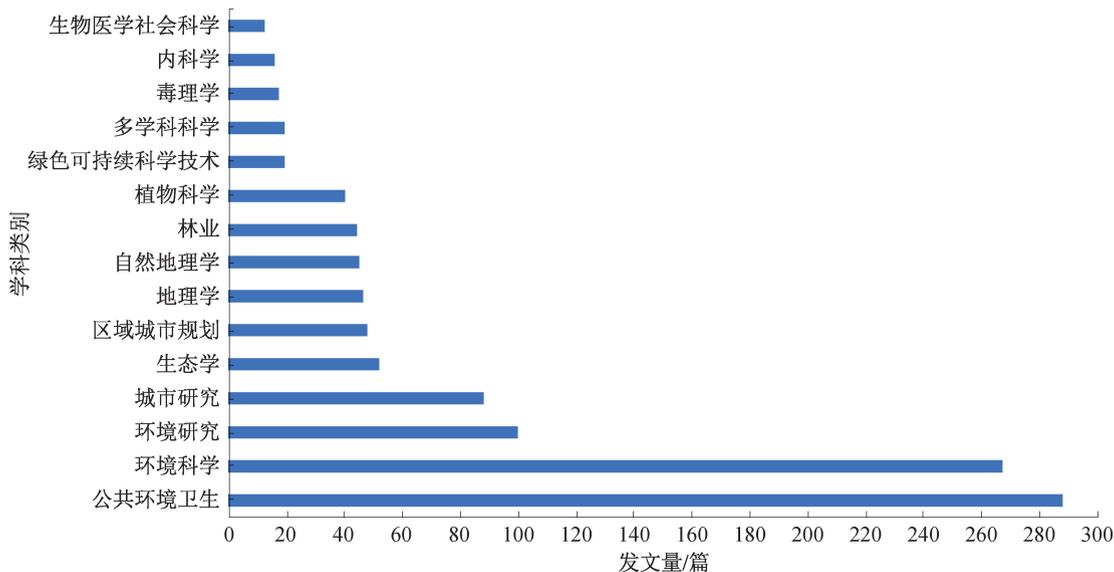


图3 各学科 GEPHR 研究的发文量

2.5 基于文献共被引关系的热点分析

利用 CiteSpace 进行文献共被引分析,可以深入挖掘 GEPHR 研究的历史变迁和内在联系。GEPHR 文献共被引分析如图 4 所示,2017—2022 年是文献被引用次数最多的时期。其中 Markevych

等^[43]、Hartig 等^[44]和 Gascon 等^[45]的论文被频繁引用(表 3),其研究均强调了绿地在城市中的重要性,不仅可以提供生态服务和改善城市环境质量,还可以促进居民身心健康,对于提高公共健康水平具有潜在影响。

表 3 GEPHR 研究主要被引论文统计表

作者	年份	期刊	引用次数/次	中介性
Markevych 等 ^[43]	2017	<i>Environmental Research</i>	151	0.29
Hartig 等 ^[44]	2014	<i>Annual Review of Public Health</i>	75	0.18
Gascon 等 ^[45]	2015	<i>International Journal of Environmental Research and Public Health</i>	75	0.08
Twohig-Bennett 等 ^[46]	2018	<i>Environmental Research</i>	68	0.03
Dadvand 等 ^[47]	2016	<i>Environment International</i>	49	0.11
Triguero-Mas 等 ^[48]	2015	<i>Environment International</i>	48	0.04
Wood 等 ^[49]	2017	<i>Health & Place</i>	48	0.03
Kondo 等 ^[50]	2018	<i>International Journal of Environmental Research and Public Health</i>	42	0.02
Fong 等 ^[51]	2015	<i>Current Epidemiology Reports</i>	40	0.03

Markevych 等^[43] 和 Maas 等^[52] 的论文中介性的高达 0.29 和 0.26, 是 GEPHR 研究最为关键的文献节点。Markevych 等^[43] 分析了城市绿地对健康的影响途径和机制, 发现绿地暴露对公共健康产生的正面影响主要有 3 个途径: 减少伤害、修复能力和供给能力, 并指出这些途径之间并不是孤立的, 而是相互联系、相互影响。例如, 城市绿地可以通过减少噪音和高温来提高人们的睡眠质量, 有利于恢复

注意力和生理应激; 也可以通过提供休闲和运动场所来增加人们的社会凝聚力, 有利于减少孤独感和抑郁情绪。Maas 等^[52] 通过大量样本数据分析了绿地、社会联系和健康之间关系, 发现城市绿地可以作为一种社会资源, 能够促进居民间的社交行为, 从而改善居民身心健康。上述研究为 GEPHR 研究奠定了理论基础, 并提供了具体的量化研究方法, 对探究该领域的后续研究产生了深远影响。

CiteSpace v. 5.2.R4 (64-bit) Basic
August 18, 2023 at 4:06:50 PM CST
Web: C:\Users\Administrator\Desktop\data
Timespan: 2007-2022 (Slice Length=1)
Selection Criteria: q-index (k=5), LRF=3.0, L/N=10, LBY=5, e=1.0
Network: N=225, E=508 (Density=0.0186)
Largest CC: 177 (77%)
Nodes Labeled: 1.0%
Pruning: Pathfinder

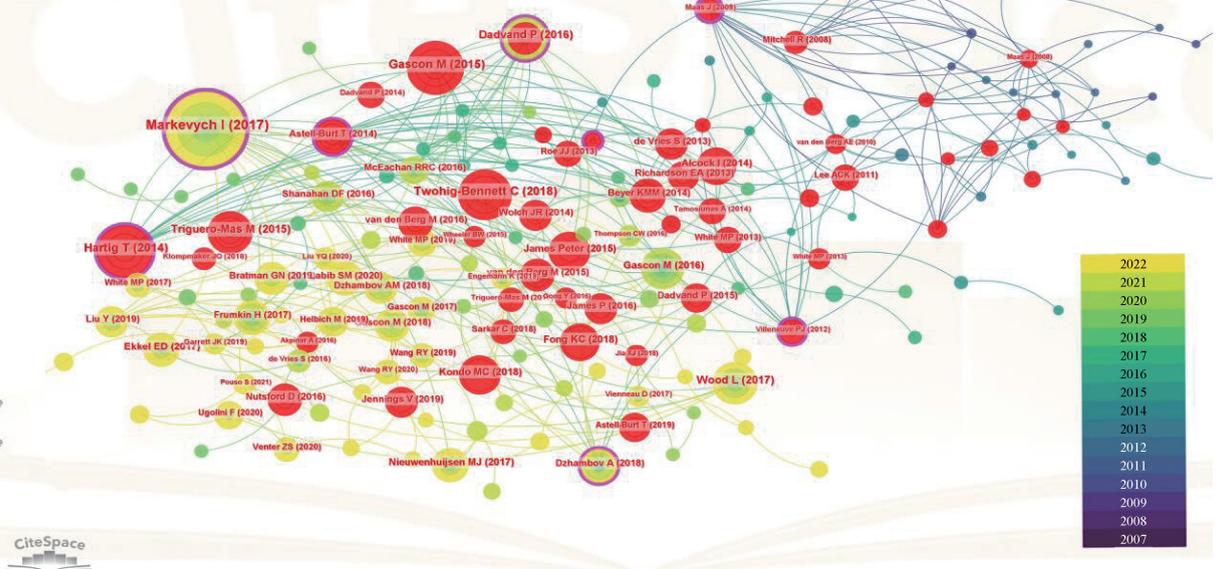


图 4 GEPHR 研究文献共被引图谱

注: 红色圆圈显示的是绿地暴露与健康方面的热点论文, 圆圈大小表示该文献被引用的频次; 圆圈周围的紫色外环表示该领域的中介性, 中介性越高, 说明该节点与其他研究节点联系越紧密。

2.6 基于关键词分析的热点变迁

利用 CiteSpace 对关键词进行突变分析, 有助于了解 GEPHR 研究在不同时期的热点变化, GEPHR 研究在不同年份的关键词突现情况如表 4 所示。从表 4 可以看出: 在 2007—2010 年间, 在各国大力倡导“医体结合”“运动是良医”的背景下, “绿色运动”如走路、体力活动等成为了 GEPHR

研究持续时间最长, 较为突出的关键词。在 GEPHR 研究的起步阶段(2010—2016 年), 由于城市热岛效应、空气污染等环境问题的日益严重, GEPHR 研究的内容绝大部分集中在如何利用绿地来缓解城市热岛效应、改善空气质量以及绿地对环境质量的保护作用。2018 年, 世界卫生组织提出了《2018—2030 年促进身体活动全球行动计划》。随

着城市化和人口老龄化等问题日益凸显,人们对体力活动的缺乏、生存环境的改变和生活压力的增加对身心健康带来的危害也逐渐形成共识。在2017—2019年间,GEPHR研究的重点逐渐转向心理健康、肥胖、城市健康和住宅绿地等方面。如何利用绿地来提高居民的身心健康水平成为了GEPHR研究在该时期高度关注的问题。2018年,城市中的自然环境成为GEPHR研究的热点之一,部分相关研

究开始将城市中的湖泊、河流、海滩等水体纳入绿地的范畴。2019年后,城市绿地规划受到了城市管理者和建设者的高度重视,城市绿地的质量和数量均发生了显著的改善。然而,一些国家和地区仍然存在绿地分布不均衡、社会阶级化严重等社会问题,给公共健康带来了严重挑战。因此,环境正义和绿地公平的研究大量兴起,在社会层面上促进了公共健康水平的提升。

表4 2007—2022年GEPHR研究关键词突现情况

关键词	突现强度	开始年份	结束年份	各年份关键词突现情况
Walking	4.30	2007	2013	
Health	6.08	2010	2015	
Exposure	1.41	2010	2011	
Physical activity	3.53	2012	2015	
Restoration	3.99	2014	2015	
Associations	1.72	2014	2016	
Environment	1.13	2014	2016	
Neighborhood	4.58	2015	2017	
Inequality	2.94	2015	2017	
Greenspace	2.62	2016	2017	
Built environment	1.34	2016	2018	
Obesity	3.83	2017	2019	
Mental health	3.04	2017	2019	
Natural environment	3.96	2018	2019	
urban health	3.33	2019	2020	
Residential greenspace	1.79	2019	2022	
People	2.66	2020	2022	
Environmental justice	0.56	2020	2022	

注:深蓝色表示该关键词出现的时段,红色表示该关键词是这一时期研究领域的热点;浅蓝色表示该关键词还未出现的时段。

梳理关键词分析可知,GEPHR研究的热点随时间的推移而变化,从早期注重绿地如何改善环境问题,转向后期关注绿地如何影响身心健康的各个方面。同时,GEPHR研究的范围也从绿地的质量、数量和分布扩展到了绿地的可达性、可用性和可视性,从多个维度来分析绿地与公共健康之间的关系。在全球化环境污染、城市化以及新型冠状病毒感染疫情等大背景下,将城市中的水体纳入城市规划和建设中也成为了促进城市可持续发展和改善城市健康的重要途径。

3 绿地暴露与公共健康的关系

3.1 绿地暴露与公共健康的相关研究

尽管一些传染病和传统的健康威胁仍然存在,但随着城市化的进程加快,心血管疾病、癌症和肥胖等慢性非传染性疾病已经成为全球公共卫生领域的主要挑战。为了应对这些挑战,城市绿地与公共健康的关系引起了广泛的关注。相关研究表明绿地的比例、与不同绿地类型的距离和绿地中物种的丰富度、均匀度等暴露指标与公共健康存在相关性(表5)。然而,由于数据获取、研究指标和尺度选择的差

表5 GEPHR 研究的主要内容及其绿地暴露指标

疾病类型	绿地暴露指标	主要结论	相关文献
心血管疾病和肺癌	NDVI	NDVI 越高,城市居民心血管疾病死亡率越低	Richardson 等 ^[53] (2010)
糖尿病	距最近公园距离;绿地覆盖率;公园面积和数量	增加住址周围的公园数量,能够降低糖尿病的患病率	Frank 等 ^[54] (2022)
肥胖	距最近公园距离;访问时长和频率	居民在公园的停留时长与肥胖风险呈负相关,即停留时间越长,肥胖风险越低	Suppakittpaisarn 等 ^[55] (2022)
居民主观幸福感	NDVI;绿视率;绿地覆盖面积	绿视率和 NDVI 能够改善教育水平低或收入水平低的居民的消极情绪	Liu 等 ^[56] (2021)
心理健康(压力、焦虑等)	绿地覆盖率;绿视率;物种丰富度;均匀度;距最近公园距离	住宅周围的绿地覆盖率、绿视率与心理健康呈正相关;物种的均匀度和丰富度与心理健康呈负相关;距最近公园的距离与心理健康无显著关系	Zhang 等 ^[57] (2022)
抑郁症	距离最近公园距离和面积;住宅周围公园的数量和总面积	最近公园的面积越大,患重性抑郁的风险就越低;距最近公园的距离、公园的数量和总面积无显著关系	Mukherjee 等 ^[58] (2017)

异,其研究结果存在不一致性。

a)居民死亡率。评估绿地暴露度和居住周围绿化率时,不同缓冲区的 NDVI 和绿地面积百分比常被用作指标。300、500 m 和 1 km 的缓冲区通常被用作绿地暴露度的范围。Villeneuve 等^[59] 和 Bereziartua 等^[60] 发现周围绿化暴露量的增加与自然原因死亡率之间存在显著的负相关关系。居住环境的改善、绿地面积的增加都有助于降低自杀死亡的风险,对于长期居住在贫困社区的居民这种现象尤为明显^[61]。

b)心血管疾病。绿地暴露与心血管疾病关系的相关文献共有 17 篇。体力活动、气候变化、居住环境质量等在探究 GEPHR 与心血管疾病关联性中发挥重要的中介作用。社区绿地的暴露程度与居民的锻炼强度以及心血管疾病的患病风险存在相关性,而且在某种程度上可以作为解释心血管疾病与绿地暴露之间关系的中介因素^[62]。心血管疾病的患病风险与住宅到绿地的距离无关,但与绿地覆盖率相关,增加住宅周围绿地的面积会降低心血管疾病的风险^[63]。Moreira 等^[64] 的研究指出,在中低收入城市中增加行道树和住宅周围公园的数量可以降低高血压、血脂异常、中风的患病风险。

c)癌症。城市绿地对一般的生理健康指标具有明确的促进作用,但其是否能够预防或治疗癌症,目前的研究结果却并不一致。绿地与前列腺癌、膀胱癌和皮肤癌患病率之间没有显著关联性,但与乳腺癌、肺癌和结直肠癌呈负相关^[65]。城市绿地能够有效地改善环境质量,这可能是影响相关癌症患病率的主要原因之一。Felici 等^[66] 分析了城市中氮氧化

物、绿地比例、噪音污染、城市交通等 12 种环境暴露指标,发现居住地靠近海岸与前列腺癌风险降低以及空气污染与皮肤黑色素瘤风险降低之间存在相关性。此外,其他研究发现,儿童白血病的患病率与他们居住周围绿地的类型之间也存在一定的相关性^[67-68]。

d)肥胖。GEPHR 与肥胖的研究机构主要集中在发达国家和地区,美国、新西兰、西班牙等国家的研究发现:绿地与肥胖没有显著的关联^[69-71];而城市中的空气污染、道路交通、交通噪音和不健康的饮食等因素,与肥胖风险的增加有关,在儿童和青少年群体中这种联系尤为显著^[72]。但在中国的一项研究中,发现质量较高的社区绿地能够降低患肥胖的概率,特别是在女性、老年人和低收入的人群的影响更为明显^[73]。上述研究表明,肥胖与绿地暴露之间的关系在不同的性别、年龄和收入水平的人群之间存在差异。

e)心理问题。世界卫生组织将健康定义为“一个人在身体、精神和社会等方面都处于良好的状态”。然而,城市高密度的建筑环境和快节奏的生活方式容易导致人们产生压力、孤独、抑郁等负面情绪。这些心理疾病较生理疾病更加隐蔽,且在较长的积累时间后容易瞬间爆发,造成更大的伤害。近年来,缓压性环境、减压理论和注意恢复理论等均间接或直接证明了城市绿地暴露与居民心理健康之间存在着较强的联系^[74]。城市绿地对居民心理健康的影响是城市绿地暴露效应的热点内容。Nutsford 等^[75] 发现缩短居住区与邻近绿地的距离,增加社区绿地面积,能够有效降低焦虑/情绪障碍患

者的治疗频率;Markevych等^[76]基于德国儿童的健康普查数据,发现住宅周围100 m范围内森林覆盖率越高,儿童患有多动症或注意力不集中的风险越低;Roe等^[77]以苏格兰城市中的社会经济地位较低居民为研究对象,通过对居民的唾液皮质醇样本和压力问卷数据的分析,发现提高绿地比例可以减轻心理压力,且女性从绿地中获得的心理健康受益更大。

绿地对心理健康的影响主要体现在个体对自然环境的感知,从而产生积极情绪和价值观念,促进健康。然而,以往对压力、抑郁症、生活满意度、社区归属感等心理健康问题的评估,主要依靠专业问卷调查中的自评健康和感知评价来获取数据,这些主观数据难以客观准确地反映居民心理健康程度^[78-79]。随着现代技术的发展,虚拟现实技术(VR)的运用使参与者能够获得更真实的接触体验,更好地反映绿地对心理健康的作用^[80]。因此,在获取数据时可以利用脑电、心率、血压等生理指标和新技术的方法,客观地评估参与者在接触绿地前后的心理健康变化^[81]。通过设计更多实验研究,排除其他因素对绿地暴露与心理健康之间关系的干扰,更加准确地评估绿地对心理健康的影响。

绿地暴露量的评估指标在不同的空间尺度上有所差异。在县域、市域或更大的空间尺度上,研究主要采用宏观指标,关注绿地的规模和结构与心血管疾病、癌症、肥胖等公共健康问题的相关性。在住宅、邻里社区等小尺度上,绿地主要对抑郁、压力等心理问题产生显著影响,与生理健康方面的相关性则存在不一致的结论。这可能是由于小尺度研究更易受到个体随机行为、社会文化因素和收入因素等影响,加剧了个体和住宅区在绿地暴露水平上的差异。此外,将死亡率、自杀率等城市尺度的数据作为小尺度区域健康水平的指标,也会造成研究尺度错配问题;在小尺度空间中,仅使用NDVI、与公园的距离、绿地的数量等客观指标衡量社区绿地暴露指标,忽略了居民在接触绿地时的活动行为特征,这也可能是导致研究结果不一致的原因。

3.2 绿地暴露影响公共健康的具体途径

城市绿地对公共健康的改善作用主要体现在两个方面:一是通过降低污染暴露,改善城市环境,以促进公共健康;二是通过提供绿地感知体验,鼓励居民进行体力活动、社会交往和休闲活动,从而影响身心健康。此外,城市中的绿地是否能够合理、充分地“暴露”给城市居民,也是实现其对公共健康正面效益的必要条件。

3.2.1 绿地暴露—污染防护—公共健康

通过增加绿地暴露面积,能够降低居民暴露在空气污染、噪音和高温等有害因素的风险,为居民提供一个安全舒适的生活环境,从而提高公共健康水平。长期暴露于污染空气中会对呼吸系统、心血管系统、神经系统和免疫系统的健康造成伤害^[82-83]。例如,以空气污染为中介的研究分析,发现城市绿地的规模和结构与心血管疾病和死亡率之间存在联系,并在此过程中发挥了中介作用^[84-85]。绿化带、行道树、社区公园和街旁绿地等城市绿地通过稀释和吸收噪音的方式,降低城市道路交通噪声的影响。研究证明,增加绿地面积是一种有效且成本较低的方法。在城市道路沿线设置植物屏障可以降低噪声的10%~24%^[86-87]。已有研究表明,植物的叶片大小、厚度和树干纹理都对噪音吸收起着重要作用^[88]。不同类型的城市绿地和多样性植物的数量和密度能够提供局部降温和增加湿度的效果。高温环境增加了脱水和肾功能丧失、皮肤恶性肿瘤、心理问题、妊娠并发症、过敏以及心血管疾病和肺部疾病的风险,尤其对弱势群体影响更大^[89-90]。绿地的存在可以有效减缓高温对人体健康的不利影响。另外,大面积的透水性绿地能够减少地表径流,对缓解城市内涝发挥重要作用。

3.2.2 绿地暴露—使用者体验—公共健康

居民主要是通过感官(即视觉、听觉、味觉、触觉和嗅觉)与城市绿地进行接触。其中,视觉和听觉是整体环境感知中的重要途径,分别占76%与24%的贡献率^[91]。绿地中的多样的植物、丰富的水景以及鸟儿的啼鸣、蝉的鸣叫和树叶的沙沙声,能够增加自然感,提供居民与绿地互动的机会(频度、强度和停留时间),从而缓解居民的压力,促进内心平静和情绪调节。研究发现,当人们感到头痛或压抑时,到城市绿地中活动可以释放87%的压力,并减轻52%的头痛程度^[92]。然而,当居民与绿地接触时,不仅可能产生正面影响,也可能产生负面影响。例如行道树、街旁绿地以及居住区内的一些植物(如白杨、枫树、榆树)会散发花粉,通过嗅觉和触觉等途径进入人体,可能引发哮喘、皮肤瘙痒等过敏症状,甚至加剧易感人群的焦虑^[93-94]。

城市绿地通过提供安全舒适、便捷和有吸引力的环境来促进居民进行体力活动、步行、锻炼、骑车和社会交往。早期GEPHR研究的热点之一就是体力活动,这也间接地表明绿地暴露与居民的身心健康之间的关系是通过体力活动的作用来实现的。

缺乏体力活动可能会导致肥胖、高血压、冠心病、心血管疾病、自闭症和抑郁等一系列不良生理和心理健康影响。研究显示,在自然要素存在的环境中进行运动比室内或建筑环境中更有益于改善健康^[95-96]。但绿地的特征、绿地与居民住区之间的距离,以及服务设施,都会影响居民进行活动社交互动的的时间和频率。居民接触绿地的机会越多,在绿地中进行活动、社会交往等行为的频率也就越高,从中获得健康效益也就越大。距离绿地 300 m 以内的居民比 1000 m 的每周进行体力活动的频率高出 3 倍^[97]。同时,住宅周围数量多、可达性高的绿地更有利于居民结识新朋友、参加集体活动,并与他人共享社区空间。这种互动有助于建立社区凝聚力和支撑网络,增加居民的归属感和认同感。另外,这种社交联系还可以有效地降低该地区的暴力犯罪数量,提高社区安全和稳定性^[98]。

3.2.3 绿地暴露公平性

城市绿地是城市生态系统的重要组成部分,与城市的发展密不可分,也是建设宜居城市的重要目标之一。但是,在城市化的发展过程中,享受绿地福利的机会往往受经济收入、住房条件、性别、年龄、种族差异等因素影响,导致绿地暴露的不公平加深了城市公共健康的不公平现象^[99]。Xue 等^[100]通过对街道绿化和公园绿化的数量进行评估并将其赋予不同的分值,发现广州环城圈内的城市绿地的空间分布不均匀,人口密度较大的地区,城市绿化较低。已有研究发现,城市绿地不公平性主要表现在:到达最近的城市绿地所需的时间或距离的不公平;享受公园或其他类型的绿地所提供的各种设施和服务的不公平;居民对公园或其他类型的绿地的满意度和偏好的不公平;区域绿地类型和数量的不公平。因此,提升城市绿地的数量和质量,是解决城市绿地公平性的首要任务。

基于公平性的研究发现,针对局部的城市绿地改善并不能有效解决城市整体绿地和公共健康问题,反而对城市中的弱势群体造成负面影响。局部环境的改善和绿色基础设施的完善,大大提高了周边地区的房价。随着居住费用的上涨导致生活压力的增加,当地低收入居民因无法支付昂贵的房租不得不搬离原来的生活环境,之后逐渐被高收入的居民替代,低收入群体与绿色空间的接触机会也将逐渐减少^[101-102]。Astall-Burt 等^[103]发现澳大利亚最大的五个城市的绿地分布更倾向于富裕区域,低收入人群比例较高的区域绿地较少,这进一步加剧了

低收入人群的健康问题。因此,城市管理者应采取积极行动,从城市规划层面来改善绿地空间的分布公平性。例如,通过提高低收入社区的绿地供给,增加绿地的多样性和可达性,提升绿地的质量和吸引力等方式促进城市绿地的公平分配和利用,从而提高全民健康水平和生活幸福感。

4 结论与展望

本文以 WOS 核心合集数据库的相关文献作为数据来源,利用 CiteSpace 等软件进行计量分析,从历史发展、国际合作、学科、期刊和关键词等方面,系统地探讨了 GEPHR 研究的发展趋势和内在联系。研究结果表明,近年来 GEPHR 研究的发文章量和被引量均呈现显著增长,发达国家发文章量最多,这反映了发展中国家关于 GEPHR 研究的严重不足,缺少科学指导的问题。GEPHR 研究呈现出典型的多学科交叉趋势。GEPHR 研究的重点关注领域包括体力活动、空气污染、住宅绿地、心理健康和城市健康,研究内容从早期关注环境因素对公共健康的影响,到后来偏重如何促进身心健康的发展。GEPHR 研究主要是通过降低暴露危险、居民接触绿地的行为和感知特征来直接或间接影响健康。然而,尽管在 GEPHR 研究中已经进行了一些关于城市绿地与公共健康效应机制的研究,但对其定量化和系统化的研究仍然存在不足^[104]。未来的研究将更加关注绿地的公平性,以及量化研究城市绿地对人体健康的影响机制和中介作用。同时,城市中的水体对公共健康的影响也是未来的研究热点。

在城市化和经济快速发展的背景下,人口密度的上升和生活方式的改变不断导致环境问题和相关疾病等威胁公共健康的负面因素的出现。结合当前形势,本文认为该领域可以进一步深入的研究方向主要有:

a) 绿地暴露数据主要依靠遥感数据、调查问卷和街景图像等传统获取方式,但这些数据存在时空分辨率粗放、回收率低、数据质量不一致等局限性,因此,可以考虑将社交大数据、可穿戴传感器、人工智能等新技术与传统获取方式相结合,以获取实时准确的高精度数据,从而不断完善 GEPHR 研究的理论,丰富有关绿地暴露数据的搜集方法。

b) 城市绿地暴露虽对居民健康有积极的影响,但是影响健康的因素并不唯一,如社会属性、城市经济发展水平、居民生活水平等,难以排除混杂因素和反向因果关系的影响,也难以量化效应关系。因此,

需要通过更多的实验性研究,如随机对照试验、准实验设计等,以探索绿地暴露对特定健康指标或某种传染病的影响机制,并将研究理论应用于实践,从而为城市决策者提供更具体可行的建议。

c)现有研究中的公共健康以居民慢性病和心理疾病为主,然而近年来新型冠状病毒感染、禽流感、非典等新发传染病对人类社会造成了巨大破坏,这些疾病以其高度传染性和致死性对城市公共健康产生巨大威胁。因此,城市绿地暴露对传染病流行风险的影响以及疫后疗愈作用,将是未来相关研究的重要方向,有望为全球城市应对传染病威胁提供新的视角和应对策略。

参考文献:

[1] World Population Prospects 2022-Department of Economic and Social Affairs Population Division - United Nations [EB/OL]. (2022-06-21)[2023-04-06]. <https://population.un.org/wpp/>.

[2] 国务院办公厅关于印发中国防治慢性病中长期规划(2017-2025年)的通知:国办发[2017]12号[A/OL]. (2017-02-14) [2023-09-11]. https://www.gov.cn/zhengce/content/2017-02/14/content_5167886.htm.

[3] 陈柳钦. 健康城市建设及其发展趋势[J]. 中国市场, 2010(33): 50-63.

[4] 黄雯雯, 林广思. 城市绿地社会健康的概念、效益及影响因素[J]. 中国园林, 2023, 39(11): 77-82.

[5] 毛齐正, 黄甘霖, 邬建国. 城市生态系统服务研究综述[J]. 应用生态学报, 2015, 26(4): 1023-1033.

[6] Bratman G N, Anderson C B, Berman M G, et al. Nature and mental health: An ecosystem service perspective [J]. *Science Advances*, 2019, 5 (7): eaax0903.

[7] Porcherie M, Linn N, Le Gall A R, et al. Relationship between urban green spaces and cancer: A scoping review [J]. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 2021, 18(4): 1751.

[8] Bianconi A, Longo G, Coa A A, et al. Impacts of urban green on cardiovascular and cerebrovascular diseases: A systematic review and meta-analysis [J]. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 2023, 20(11): 5966.

[9] Seyler B C, Luo H, Wang X L, et al. Assessing the impact of urban greenspace on physical health: An empirical study from Southwest China [J]. *Frontiers in Public Health*, 2023, 11: 1148582.

[10] 夏梁治. 基于园艺疗法的居住小区互动景观研究-以恒

大成都项目为例[D]. 成都: 四川农业大学, 2022: 13-19.

[11] 卞小溪. 居住区绿地对居民身心健康的影响研究[D]. 武汉: 华中科技大学, 2023: 26-72.

[12] 刘泽勋, 周芊蔚, 王爱霞. 城市公园康养功能评价研究[J]. *城市建筑*, 2022, 19(9): 194-198.

[13] Lu R J, Zhao S Y, Wang X Y, et al. Insights into the relationships between health communication and doctor-patient relationship: A scientometric analysis based on CiteSpace and validation of questionnaires [J]. *Inquiry: a Journal of Medical Care Organization, Provision and Financing*, 2023, 60: 469580231152071.

[14] 陈悦, 陈超美, 刘则渊, 等. CiteSpace 知识图谱的方法论功能[J]. *科学学研究*, 2015, 33(2): 242-253.

[15] 侯剑华, 胡志刚. CiteSpace 软件应用研究的回顾与展望[J]. *现代情报*, 2013, 33(4): 99-103.

[16] 高赫骏. 园艺疗法介入对养老机构半失能老人心理健康干预研究[J]. *黑龙江科学*, 2023, 14(19): 22-24.

[17] 公旭洁, 陈亮明. 森林公园中介入园艺疗法活动对居民的身心健康影响研究[J]. *绿色科技*, 2021, 23(11): 1-5.

[18] 王燕琴, 陈洁, 顾亚丽. 浅析日本森林康养政策及运行机制[J]. *林业经济*, 2018, 40(4): 108-112.

[19] 朱玉洁, 翁羽西, 董建文, 等. 森林疗养与健康的实证研究进展[J]. *黑龙江生态工程职业学院学报*, 2020, 33(2): 20-23.

[20] 石福强. 结构式农艺疗法对抗精神病药物源性肥胖患者体质指数及血脂代谢的影响[J]. *临床医学*, 2020, 40(1): 13-15.

[21] Barton J, Pretty J. What is the best dose of nature and green exercise for improving mental health? A multi-study analysis [J]. *Environmental Science & Technology*, 2010, 44(10): 3947-3955.

[22] 李小平. 一个新的交叉学科: 环境暴露学[J]. *国外医学(医学地理分册)*, 2016, 37(2): 81-84.

[23] Franco G. Ramazzini and workers' health [J]. *Lancet*, 1999, 354(9181): 858-861.

[24] Barr D B. Expanding the role of exposure science in environmental health [J]. *Journal of Exposure Science & Environmental Epidemiology*, 2006, 16(2): 473-475.

[25] Zhang L, Zhou S H, Kwan M P, et al. Impacts of individual daily greenspace exposure on health based on individual activity space and structural equation modeling [J]. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 2018, 15(10): 2323.

[26] Yu Z W, Ma W Y, Hu S Y, et al. A simple but actionable metric for assessing inequity in resident greenspace exposure [J]. *Ecological Indicators*, 2023,

- 153; 110423.
- [27] 张金光, 余兆武, 赵兵. 城市绿地促进人群健康的作用途径:理论框架与实践启示[J]. 景观设计学, 2020, 8(4): 104-113.
- [28] Zhang J W, Feng X Q, Shi W H, et al. Health promoting green infrastructure associated with green space visitation [J]. *Urban Forestry & Urban Greening*, 2021, 64: 127237.
- [29] Pretty J, Peacock J, Hine R, et al. Green exercise in the UK countryside: Effects on health and psychological well-being, and implications for policy and planning[J]. *Journal of Environmental Planning and Management*, 2007, 50(2): 211-231.
- [30] 李雾越, 吴军, 李鹏波. 基于绿视率与 NDVI 的城市绿色空间分布及优化策略研究[C]//中国风景园林学会. 风景园林学会 2022 年会. 北京: 中国建筑工业出版社, 2023: 6.
- [31] Larkin A, Hystad P. Evaluating street view exposure measures of visible green space for health research[J]. *Journal of Exposure Science & Environmental Epidemiology*, 2019, 29: 447-456.
- [32] Yu H Y, Zhou Y, Wang R Y, et al. Associations between trees and grass presence with childhood asthma prevalence using deep learning image segmentation and a novel green view index [J]. *Environmental Pollution*, 2021, 286: 117582.
- [33] Gonzales-Inca C, Pentti J, Stenholm S, et al. Residential greenness and risks of depression: Longitudinal associations with different greenness indicators and spatial scales in a Finnish population cohort[J]. *Health & Place*, 2022, 74: 102760.
- [34] Xiao Y L, Gu X Y, Niu H T, et al. Associations of residential greenness with lung function and chronic obstructive pulmonary disease in China [J]. *Environmental Research*, 2022, 209: 112877.
- [35] Beyer K M M, Kaltenbach A, Szabo A, et al. Exposure to neighborhood green space and mental health: Evidence from the survey of the Health of Wisconsin[J]. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 2014, 11(3): 3453-3472.
- [36] Sturm R, Cohen D. Proximity to urban parks and mental health. [J]. *The Journal of Mental Health Policy and Economics*, 2014, 17(1): 19-24.
- [37] Sugiyama T, Cerin E, Owen N, et al. Perceived neighbourhood environmental attributes associated with adults? Recreational walking: IPEN Adult study in 12 countries[J]. *Health & Place*, 2014, 28: 22-30.
- [38] Reklaitiene R, Grazuleviciene R, Dedele A, et al. The relationship of green space, depressive symptoms and perceived general health in urban population [J]. *Scandinavian Journal of Public Health*, 2014, 42(7): 669-676.
- [39] Tamosiunas A, Grazuleviciene R, Luksiene D, et al. Accessibility and use of urban green spaces, and cardiovascular health: Findings from a Kaunas cohort study[J]. *Environmental Health?: a Global Access Science Source*, 2014, 13(1): 20.
- [40] Grazuleviciene R, Dedele A, Danileviciute A, et al. The influence of proximity to city parks on blood pressure in early pregnancy[J]. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 2014, 11(3): 2958-2972.
- [41] Aerts R, Vanlessen N, Dujardin S, et al. Residential green space and mental health-related prescription medication sales; An ecological study in Belgium[J]. *Environmental Research*, 2022, 211: 113056.
- [42] Barboza E P, Cirach M, Khomenko S, et al. Green space and mortality in European cities: A health impact assessment study[J]. *The Lancet Planetary Health*, 2021, 5(10): e718-e730.
- [43] Markevych I, Schoierer J, Hartig T, et al. Exploring pathways linking greenspace to health: Theoretical and methodological guidance[J]. *Environmental Research*, 2017, 158: 301-317.
- [44] Hartig T, Mitchell R, De Vries S, et al. Nature and health[J]. *Annual Review of Public Health*, 2014, 35: 207-228.
- [45] Gascon M, Triguero-Mas M, Martínez D, et al. Mental health benefits of long-term exposure to residential green and blue spaces: A systematic review [J]. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 2015, 12(4): 4354-4379.
- [46] Twohig-Bennett C, Jones A. The health benefits of the great outdoors: A systematic review and meta-analysis of greenspace exposure and health outcomes [J]. *Environmental Research*, 2018, 166: 628-637.
- [47] Davvand P, Bartoll X, Basagaña X, et al. Green spaces and General Health: Roles of mental health status, social support, and physical activity[J]. *Environment International*, 2016, 91: 161-167.
- [48] Triguero-Mas M, Davvand P, Cirach M, et al. Natural outdoor environments and mental and physical health: Relationships and mechanisms [J]. *Environment International*, 2015, 77: 35-41.
- [49] Wood L, Hooper P, Foster S, et al. Public green spaces and positive mental health-investigating the

- relationship between access, quantity and types of parks and mental wellbeing[J]. *Health & Place*, 2017, 48: 63-71.
- [50] Kondo M C, Fluehr J M, McKeon T, et al. Urban green space and its impact on human health [J]. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 2018, 15(3): 445.
- [51] Fong K C, Hart J E, James P. A review of epidemiologic studies on greenness and health: Updated literature through 2017 [J]. *Current Environmental Health Reports*, 2018, 5(1): 77-87.
- [52] Maas J, Van Dillen S M E, Verheij R A, et al. Social contacts as a possible mechanism behind the relation between green space and health[J]. *Health & Place*, 2009, 15(2): 586-595.
- [53] Richardson E, Pearce J, Mitchell R, et al. The association between green space and cause-specific mortality in urban New Zealand: An ecological analysis of green space utility[J]. *BMC Public Health*, 2010, 10: 240.
- [54] Frank L D, Adhikari B, White K R, et al. Chronic disease and where you live: Built and natural environment relationships with physical activity, obesity, and diabetes[J]. *Environment International*, 2022, 158: 106959.
- [55] Suppakittpaisarn P, Charoenlertthanakit N, Yaipimol E, et al. Relationship between the duration of urban nature and a lower waist-hip ratio [J]. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 2022, 19(18): 11606.
- [56] Liu Y, Xiao T, Liu Y Q, et al. Natural outdoor environments and subjective well-being in Guangzhou, China: Comparing different measures of access [J]. *Urban Forestry & Urban Greening*, 2021, 59: 127027.
- [57] Zhang J G, Liu Y H, Zhou S, et al. Do various dimensions of exposure metrics affect biopsychosocial pathways linking green spaces to mental health? A cross-sectional study in Nanjing, China[J]. *Landscape and Urban Planning*, 2022, 226: 104494.
- [58] Mukherjee D, Safraj S, Tayyab M, et al. Park availability and major depression in individuals with chronic conditions: Is there an association in urban India? [J]. *Health & Place*, 2017, 47: 54-62.
- [59] Villeneuve P J, Jerrett M, Su J G, et al. A cohort study relating urban green space with mortality in Ontario, Canada[J]. *Environmental Research*, 2012, 115: 51-58.
- [60] Bereziartua A, Chen J, De Hoogh K, et al. Exposure to surrounding greenness and natural-cause and cause-specific mortality in the ELAPSE pooled cohort [J]. *Environment International*, 2022, 166: 107341.
- [61] Hagedoorn P, Helbich M. Longitudinal effects of physical and social neighbourhood change on suicide mortality: A full population cohort study among movers and non-movers in the Netherlands [J]. *Social Science & Medicine*, 2022, 294: 114690.
- [62] Jia X J, Yu Y, Xia W N, 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]. *Environmental Research*, 2018, 167: 175-183.
- [63] Seo S, Choi S, Kim K, et al. Association between urban green space and the risk of cardiovascular disease: A longitudinal study in seven Korean metropolitan areas [J]. *Environment International*, 2019, 125: 51-57.
- [64] Moreira T C L, Polizel J L, Santos I S, et al. Green spaces, land cover, street trees and hypertension in the megacity of São Paulo [J]. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 2020, 17 (3): 725.
- [65] Rodriguez-Loureiro L, Casas L, Bauwelinck M, et al. Long-term exposure to objective and perceived residential greenness and diabetes mortality: A census-based cohort study [J]. *The Science of the Total Environment*, 2022, 821: 153445.
- [66] Felici A, Peduzzi G, Giorgolo F, et al. The local environment and germline genetic variation predict cancer risk in the UK Biobank prospective cohort [J]. *Environmental Research*, 2024, 241: 117562.
- [67] Mason K E, Pearce N, Cummins S. Neighborhood environment and socioeconomic inequalities in cancer admissions: A prospective study using UK Biobank and linked hospital records [J]. *Cancer Causes & Control*, 2022, 33(12): 1431-1444.
- [68] Ojeda Sánchez C, Segú-Tell J, Gomez-Barroso D, et al. Urban green spaces and childhood leukemia incidence: A population-based case-control study in Madrid [J]. *Environmental Research*, 2021, 202: 111723.
- [69] Michimi A, Wimberly M C. Natural environments, obesity, and physical activity in nonmetropolitan areas of the United States [J]. *The Journal of Rural Health*, 2012, 28(4): 398-407.
- [70] Hobbs M, Tomintz M, McCarthy J, et al. Obesity risk in women of childbearing age in New Zealand: A

- nationally representative cross-sectional study [J]. *International Journal of Public Health*, 2019, 64(4): 625-635.
- [71] O'Callaghan-Gordo C, Espinosa A, Valentin A, et al. Green spaces, excess weight and obesity in Spain[J]. *International Journal of Hygiene and Environmental Health*, 2020, 223(1): 45-55.
- [72] De Bont J, Márquez S, Fernández-Barrés S, et al. Urban environment and obesity and weight-related behaviours in primary school children[J]. *Environment International*, 2021, 155: 106700.
- [73] Huang W Z, Yang B Y, Yu H Y, et al. Association between community greenness and obesity in urban-dwelling Chinese adults[J]. *The Science of the Total Environment*, 2020, 702: 135040.
- [74] Hartig T, Evans G W, Jamner L D, et al. Tracking restoration in natural and urban field settings [J]. *Journal of Environmental Psychology*, 2003, 23(2): 109-123.
- [75] Nutsford D, Pearson A L, Kingham S. An ecological study investigating the association between access to urban green space and mental health [J]. *Public Health*, 2013, 127(11): 1005-1011.
- [76] Markevych I, Tiesler C M T, Fuertes E, et al. Access to urban green spaces and behavioural problems in children: Results from the GINIplus and LISAPLUS studies[J]. *Environment International*, 2014, 71: 29-35.
- [77] Roe J J, Thompson C W, Aspinall P A, et al. Green Space and Stress: Evidence from cortisol measures in deprived urban communities[J]. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 2013, 10(9): 4086-4103.
- [78] Shi J, Huang J X, Guo M D, et al. Contributions of residential traffic noise to depression and mental wellbeing in Hong Kong: A prospective cohort study [J]. *Environmental Pollution*, 2023, 338: 122641.
- [79] Rugel E J, Carpiano R M, Henderson S B, et al. Exposure to natural space, sense of community belonging, and adverse mental health outcomes across an urban region[J]. *Environmental Research*, 2019, 171: 365-377.
- [80] Huang Q Y, Yang M Y, Jane H A, et al. Trees, grass, or concrete? The effects of different types of environments on stress reduction[J]. *Landscape and Urban Planning*, 2020, 193: 103654.
- [81] Kanelli A A, Dimitrakopoulos P G, Fyllas N M, et al. Engaging the Senses: The association of urban green space with general health and well-being in urban residents[J]. *Sustainability*, 2021, 13(13): 7322.
- [82] 邵锋. 园林树木对 PM_{2.5} 等大气颗粒物浓度和成分的影响及滞尘效应研究: 以浙江农林大学为例[D]. 北京: 北京林业大学, 2021: 3-69.
- [83] 圣倩倩, 郭志铭, 戴安琪, 等. 南京典型道路绿地对大气污染物的消减作用[J]. *中南林业科技大学学报*, 2022, 42(12): 175-182.
- [84] Wu L F, Chen C X. Does pattern matter? Exploring the pathways and effects of urban green space on promoting life satisfaction through reducing air pollution [J]. *Urban Forestry & Urban Greening*, 2023, 82: 127890.
- [85] James P, Hart J E, Banay R F, et al. Exposure to greenness and mortality in a nationwide prospective cohort study of women [J]. *Environmental Health Perspectives*, 2016, 124(9): 1344-1352.
- [86] Fan J, Guo Y W, Cao Z, et al. Neighborhood greenness associated with chronic obstructive pulmonary disease: A nationwide cross-sectional study in China[J]. *Environment International*, 2020, 144: 106042.
- [87] Li B, Qiu Z W, Zheng J L. Impacts of noise barriers on near-viaduct air quality in a city: A case study in Xi'an[J]. *Building and Environment*, 2021, 196: 107751.
- [88] Li M M, Kang J. Influence of leaf physical properties on single-leaf vibrational response to sound [J]. *Forests*, 2020, 11(1): 115.
- [89] Watts N, Amann M, Arnell N, et al. The 2020 report of The Lancet Countdown on health and climate change: Responding to converging crises[J]. *Lancet*, 2021, 397(10269): 129-170.
- [90] Rocque R J, Beaudoin C, Ndjaboue R, et al. Health effects of climate change: An overview of systematic reviews[J]. *BMJ Open*, 2021, 11(6): e046333.
- [91] Jeon J Y, Jo H I. Effects of audio-visual interactions on soundscape and landscape perception and their influence on satisfaction with the urban environment [J]. *Building and Environment*, 2020, 169: 106544.
- [92] Li S X, Chen T Y, Chen F Y, et al. How does the urban forest environment affect the psychological restoration of residents? A natural experiment in environmental perception from Beijing [J]. *Forests*, 2023, 14(10): 1986.
- [93] Zapata-Marin S, Schmidt A M, Weichenthal S, et al. Within city spatiotemporal variation of pollen concentration in the city of Toronto, Canada [J]. *Environmental Research*, 2022, 206: 112566.

- [94] Aerts R, Stas M, Vanlessen N, et al. Residential green space and seasonal distress in a cohort of tree pollen allergy patients [J]. *International Journal of Hygiene and Environmental Health*, 2020, 223(1): 71-79.
- [95] Gong Y, Gallacher J, Palmer S, et al. Neighbourhood green space, physical function and participation in physical activities among elderly men: The Caerphilly Prospective study [J]. *International Journal of Behavioral Nutrition and Physical Activity*, 2014, 11(1): 40.
- [96] Brown G, Schebella M F, Weber D. Using participatory GIS to measure physical activity and urban park benefits [J]. *Landscape and Urban Planning*, 2014, 121: 34-44.
- [97] Schipperijn J, Ekholm O, Stigsdotter U K, et al. Factors influencing the use of green space: Results from a Danish national representative survey [J]. *Landscape and Urban Planning*, 2010, 95(3): 130-137.
- [98] Venter Z S, Shackleton C, Faull A, et al. Is green space associated with reduced crime? A national-scale study from the Global South[J]. *Science of the Total Environment*, 2022, 825: 154005.
- [99] Lees L. A reappraisal of gentrification: Towards a 'geography of gentrification' [J]. *Progress in Human Geography*, 2000, 24(3): 389-408.
- [100] Xue C L, Jin C, Xu J. Inequality in urban green space benefits: Combining street greenery and park greenery [J]. *PLoS One*, 2022, 17(9): e0273191.
- [101] Venter Z S, Figari H, Krangle O, et al. Environmental justice in a very green city: Spatial inequality in exposure to urban nature, air pollution and heat in Oslo, Norway [J]. *The Science of the Total Environment*, 2023, 858(Pt 3): 160193.
- [102] Anguelovski I, Connolly J J T, Masip L, et al. Assessing green gentrification in historically disenfranchised neighborhoods: A longitudinal and spatial analysis of Barcelona [J]. *Urban Geography*, 2018, 39(3): 458-491.
- [103] Astell-Burt T, Feng X Q, Mavoa S, et al. Do low-income neighbourhoods have the least green space? A cross-sectional study of Australia's most populous cities [J]. *BMC Public Health*, 2014, 14(1): 292.
- [104] 吝涛, 曾志伟, 姚霞, 等. 城市人群绿地暴露及其健康效应研究综述 [J]. *生态学报*, 2023(23): 1-10.

(责任编辑:康 锋)