

# 建成环境对体力活动的影响研究进展

王兰, 杜怡锐

同济大学建筑与城市规划学院, 上海 200092

**摘要** 建成环境影响体力活动, 进而作用于人群健康。基于 Web of Science 和中国知网等文献数据库, 以建成环境(built environment)、体力活动(physical activity)、步行性(walkability)等关键词检索近年来的相关文献, 探讨建成环境和体力活动的相关概念、影响机制。对体力活动产生影响的建成环境要素按照“二维空间要素”和“三维空间要素”分类总结, 辨析了研究进展, 提出了研究展望。未来研究需关注使用者的空间感知, 深入讨论三维空间要素; 运用大数据与小数据相结合的方法, 展开基于个体时空行为的精细化研究; 同时需关注体力活动在建成环境、空气污染等多种因素影响下的综合健康效应。

**关键词** 建成环境; 体力活动; 健康; 城市规划

## 1 建成环境、体力活动与居民健康

建成环境(built environment)是城市发展建设在空间上的反映, 与公共健康关系密切<sup>[1]</sup>。工业革命以来, 随着城市化和机动化的推进, 城市建成区拓展和小汽车的普及极大改变了居民的生活和工作方式, 也带来新的环境和健康问题。

非传染性慢性疾病已逐渐成为城市居民的重要健康威胁, 包括肥胖、心脑血管疾病、II型糖尿病等; 其发病率的增长与现代城市生活中体力活动的减少关系密切。

在城市生活中, 体力活动(physical activity, PA)通常由步行、骑行、体育运动或其他休闲性活

动组成<sup>[2]</sup>。体力活动被证明对人群身心健康具有促进作用, 可以防治慢性疾病, 并缓解焦虑、预防抑郁症等精神疾病<sup>[3]</sup>。城市规划可以通过对土地使用、空间形态、道路交通、绿地和开放空间等建成环境要素的控制引导和优化设计, 促进人群体力活动和交往行为, 进而达到改善公共健康的目的<sup>[4]</sup>。

世界卫生组织(World Health Organization, WHO)将体力活动定义为“骨骼肌所产生的任何需要消耗能量的身体运动”<sup>[5]</sup>。目前已由不同国家和组织提出了针对不同健康促进目标而制定的体力活动推荐量。国际通行的体力活动强度分级标准采用代谢当量(metabolic equivalents, METs)作为指标, 即从事某种身体活动时, 代谢率与基础代谢的

收稿日期: 2020-01-16; 修回日期: 2020-03-11

基金项目: 国家自然科学基金面上项目(41871359); 北京建筑大学未来城市设计高精尖创新中心资助项目(udc2018010921)

作者简介: 王兰, 教授, 研究方向为健康城市规划与设计、城市更新、新城规划与开发、国际比较, 电子信箱: wanglan@tongji.edu.cn

引用格式: 王兰, 杜怡锐. 建成环境对体力活动的影响研究进展[J]. 科技导报, 2020, 38(7): 53-60; doi: 10.3981/j.issn.1000-7857.2020.07.007

比率。研究证明:大于3 METs的中等强度以上体力活动与人类健康密切相关<sup>[6]</sup>;因而纳入研究的定量指标通常是体力活动(特别是中等强度以上体力活动)的频率或持续时间。同时,体力活动通常分为职业劳动相关、家务劳动相关、交通相关、娱乐休闲性体力活动(含锻炼)4大类<sup>[7]</sup>。在城市研究领域,与建成环境相关的体力活动研究重点关注了交通相关的体力活动(如步行或骑行通勤)和娱乐休闲性体力活动(如体育锻炼和娱乐健身活动)<sup>[8]</sup>。

对体力活动的测度目前呈现出主观与客观方法相结合的趋势<sup>[9]</sup>。主观测度方法通常采用问卷量表或访谈,获取样本体力活动信息。国际体力活动问卷(international physical activity questionnaire, IPAQ)是应用较多的测度方法,信度和效度已通过多国实证研究检验。该方法收集被访者1周(7天)体力活动信息,以METmins为单位衡量体力活动总量(1 METmins相当于体重为60 kg的人1小时消耗的能量),将活动水平划分为增进健康的体力活动(health enhancing physical activity, HEPA active)、最低体力活动(minimally active)、体力活动不足(inactive)3类<sup>[10-11]</sup>。客观测度方面,现有研究借鉴运动传感器(加速度传感器、计步器等)与GPS轨迹相结合的方式,可以精确测度体力活动并定位其发生位置,弥补主观问卷测量不准、缺少空间定位的不足。

建成环境影响体力活动、进而作用于人群健康的机制较为复杂。行为研究提供了可供观察和检测的中介手段,在建成环境与公共健康相关研究中广泛运用<sup>[12]</sup>。

“空间-行为互动理论”已开始关注环境对微观个体行为的影响;个体的活动是居民在受到包括建成环境在内的多种主客观因素影响下综合决策的结果,受时空因素的制约,遵循“物质空间-空间认知-空间偏好-空间行为”的影响流程;居民暴露在多种要素共同构成的建成环境中,基于个体的空间认知产生空间偏好和时间约束,在此基础上产生时空行为决策,并最终影响到个体健康<sup>[13-14]</sup>。体力活动作为一种时空行为,是建成环境影响居民健康的重要中介。

## 2 建成环境对体力活动的影响

学界对“建成环境影响体力活动”的关注始于20世纪90年代,伴随着欧美国家对机动化带来的一系列城市问题的反思,成为多学科交叉研究的热点。城市研究领域以“空间”为基础,将“活动与出行”作为切入点,并逐渐引入公共卫生学、地理学、社会学和心理学等领域的概念和研究方法。

目前,已有大量相关研究基于不同视角构建了分析框架。例如Cervero等<sup>[15-16]</sup>最早提出影响交通出行的建成环境“3D”模型,认为密度(density)、多样性(diversity)和设计(design)不仅影响出行次数,也影响着出行方式和路线选择;随后的研究陆续补充了目的地可达性(destination accessibility)和公交换乘距离(distance to transit),形成“5D”模型;Handy等<sup>[17]</sup>将建成环境划分为密度和强度、用地混合(land use mix, LUM)、道路连通性(street connectivity)、街道尺度(street scale)、美学品质(aesthetic qualities)和功能结构(regional structure)5个维度。Moudon等<sup>[17]</sup>从区域(area, A)、起讫点(origin/destination, OD)、路线(route, R)3个方面进行探讨。鲁斐栋等<sup>[8]</sup>将建成环境要素按照“空间要素”和“场所要素”进行分类。

总体而言,辨析影响体力活动的建成环境要素一直是学界热点,但因产生影响的作用机制复杂,研究中采用的分类维度多存在彼此重叠的问题,证明变量与体力活动之间的因果关系存在难度;目前尚未形成统一的研究框架<sup>[12]</sup>。通过对现有研究的梳理,本文提出:影响体力活动的建成环境要素可分为二维空间要素和三维空间要素两类,共同作用影响着居民的活动与出行意愿(图1)。

其中二维空间要素主要与城市土地利用和功能布局相关;对公共健康产生的实质作用是设施可达性对人群积极出行意愿的影响。积极出行(active transit)主要包括步行、骑行等。出行起点与终点之间的空间关系影响着出行次数和出行方式选择。当目的地与起点相对靠近时,居民更容易选择积极的出行方式,进而产生体力活动<sup>[18-19]</sup>。因此,在适宜人群步行或骑行的范围内,提供种类丰富且

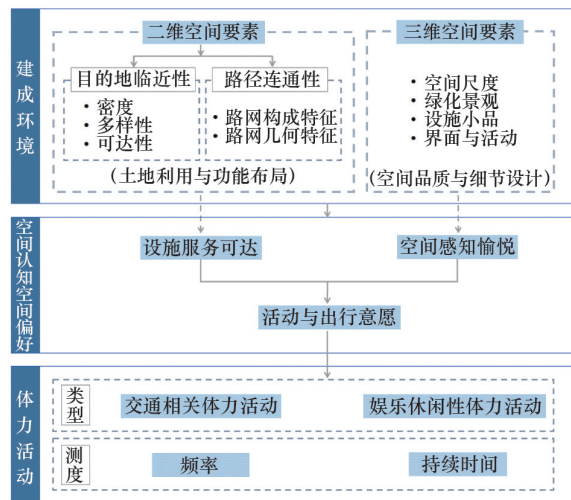


图1 建成环境对体力活动的影响路径

可达性强的设施,可有针对性地提高交通相关体力活动的频率,从而提供健康促进的空间干预。

三维空间要素侧重于使用者在实际空间中感知到的空间品质,涉及微观尺度的建筑及景观界面设计和场所营造(place-making)。散步、慢跑等休闲性体力活动对空间功能和美学体验的要求通常更高。公共空间环境设计影响使用者在安全性、便捷性、舒适性等方面的体验,与体力活动的发生和活动时长相关。其中不仅包括绿地、广场等场地空间,也包括线形街道空间。研究表明,公共空间的场地布局、植被配置、景观设计的品质会影响人群体力活动<sup>[2, 20]</sup>;拥有宜人的物质空间特征、丰富沿街活动场所、整洁安全的街道对使用者更具吸引力<sup>[21]</sup>。这些三维空间要素通过提高空间感知的愉悦,影响活动与出行意愿,特别可延长娱乐休闲性体力活动的持续时间。

在以往针对建成环境对体力活动的影响的研究中,二维空间要素已经有大量讨论;而受限于变量测度收集和分析难度,三维空间要素的相关研究并不充分<sup>[22]</sup>。近期文献表现出对创新研究方法的尝试,但总体而言尚处于探索阶段,有待进一步深入研究。

### 3 二维空间要素对体力活动的影响

二维空间要素对公共健康影响的研究主要分析设施的空间可达性。根据距离衰减规律,人们步行

到达设施的可能性随其距离增加而减小,导致设施需求存在空间差异;根据需求程度和使用频率,不同种类的设施衰减规律不同<sup>[23]</sup>。相较于低密度城区,相对高密度和土地使用混合度高的区域可以为居民提供便捷可达的服务设施,被证明具有更高的宜行性或可步行性(walkability)。多个国家的出行行为研究显示,居民步行的平均出行距离约为1 km,骑行行为的出行距离在2~6 km<sup>[24]</sup>。因此在适宜范围内布局多样设施将有利于激发人群的积极出行。

现有研究通常运用GPS、地理信息系统(GIS)等进行数据收集整理和空间分析,例如以居住地为圆心建立缓冲区(800 m或半英里被认为是研究步行出行的适宜距离),统计分析区域内的各项建成环境指标,并建构定量模型,分析其与人群体力活动的相关性。常用模型包括一般线性回归或分层线性回归、逻辑回归等。

二维空间要素对于体力活动的影响通常体现在2个属性:一类指向目的地临近性;另一类指向路径连通性。研究中采用一系列特征变量对二者进行表征和分析。

目的地临近性涉及的特征变量主要包括:密度、多样性和可达性。密度和用地混合度侧重数量规模和功能组合关系,可达性强调地理空间上的临近。密度、多样性和可达性3者表征了目的地的不同特征,也具有以下3个方面的内在联系。

1) 密度是衡量一定空间范围内土地使用紧凑程度和活动数量的指标。紧凑高效的土地使用意味着出发地和目的地之间的距离较短,有利于减少机动车出行<sup>[25-27]</sup>;也有文献指出:高密度的开发对体力活动的影响主要是提升交通性步行出行<sup>[8, 28]</sup>。研究中通常采用单位面积内的居住人口、住宅单元、就业密度等作为指标<sup>[16]</sup>。

2) 多样性决定一定空间范围内土地使用和活动的丰富程度;用地混合有利于缩短人们的出行距离、提供多元的吸引点,进而促进积极出行<sup>[29]</sup>。土地利用混合度是常见测度多样性的指标,取值在0~1,值越大表征混合度越高<sup>[30-32]</sup>。此外也有研究采用其他与多样性相关的间接指标来计算用地混合度<sup>[33]</sup>,例如Su等<sup>[34]</sup>采用“熵指数”和“辛普森指数”

研究城市用地对公共健康的影响。

3) 可达性衡量使用者克服空间阻隔获得设施服务的难易程度。对具体出行而言,住所或工作地往往是最常见的起点。现有研究已充分证明,商业零食、休闲娱乐、体育、绿地和开放空间、公交站点等设施对体力活动具有显著正面影响<sup>[35-39]</sup>。其中,体育设施、公园绿地不仅增加了交通性体力活动相关,还有助于提升休闲性体力活动<sup>[40-41]</sup>。设施可达性一般以设施数量或距离作为评价指标,常见的指标包括“居住地一定范围内的某类设施数量”“至最近的某类设施的距离”等。

路径连通性反映路径的直通性(directness)和连接的密度(density of connections)<sup>[42]</sup>。使用者需以便捷方式到达目的地,路网连通度与出行的难易程度关系密切,影响着出行选择。路网密度更高、连通性更强的社区,出发点与目的地间的距离更短,慢行体验往往更为丰富,居民步行和骑行的比率也更高<sup>[12]</sup>。已有研究采取一系列指标来量化路网构成的特征;常见指标包括道路交叉口数量、交叉口密度、路网密度、街区边长、路段节点比(link-node ratio,即单位面积内路段数与节点数的比值)等<sup>[43]</sup>。还有研究关注基于形态的路网几何特征,认为居民对到达目的地的难易程度会受到网络拓扑关系的影响,而不仅取决于距离因素<sup>[44]</sup>。研究中常用空间句法(Space Syntax)进行计算<sup>[42]</sup>,具体指标包括基于度量的物理连通度(physical connectivity)和基于几何的视觉连通度(visual connectivity)。Hajrasouliha等<sup>[45]</sup>对两者的异同进行了详细讨论,认为前者高意味着到达目的地的出行时间更短,而后者高则意味着到达目的地路径的曲折程度低,两者都会对步行行为产生影响。

二维空间要素的核心是空间距离。通过对距离的测度来明确特定区域是否有利于促进体力活动。因此二维空间要素的规划安排通常对于交通性体力活动的影响较为显著。

#### 4 三维空间要素对体力活动的影响

人群在三维空间内的活动很大程度上受到空

间体验的影响。感知(perception)作为“获得意识或理解知觉信息的过程”,是建成环境影响体力活动的重要中介<sup>[46-47]</sup>。令人愉悦的空间可以吸引人前往,并更长时间地驻留和活动。城市设计学者Lynch<sup>[48]</sup>1960年提出影响人群空间感知的5要素,即标志物、节点、边界、道路和区域,推动了城市设计领域开始关注个体空间感知。进一步有理论指出,行为选择体现着个体对空间的心理偏好,建成环境与步行行为的关系或是潜在偏好的映射<sup>[49]</sup>。

近年来,研究者充分认识到使用者空间感知在研究中的重要性,越来越多的文献开始把基于使用者视点的三维“场所性要素”作为重要变量<sup>[50-51]</sup>。不同于机动车交通,包括步行和骑行在内的慢行交通受到更多场所细节因素的影响。这些要素捕捉难度大,测量精度要求高,暂缺乏有效测度方法,是研究中面临的主要难点之一。李克特量表、叙述性偏好(stated preference, SP)、调查法等方式,先后被运用于这类数据收集和分析中。随着新的技术方法出现,数据获取和分析创新较多,指标的选取更多元,随着遥感技术(remote sensing, RS)、大数据、机器学习等技术方法的出现,使得原本难以测度的要素可以被量化纳入模型<sup>[52]</sup>。例如,Ewing等从城市设计的视角,讨论了意向、围合空间、人的尺度、透明度、复杂性5种指标的量化方式,并证明其与步行行为之间的显著联系<sup>[46-47]</sup>。

针对三维空间要素的研究通常依据自身调研数据获取以及分析方法的不同,在变量选取方面有所创新。现有研究中涉及的此类要素总体可划分为:空间尺度、绿化景观、设施小品、界面与活动4类。其中在空间尺度方面,Yin<sup>[22]</sup>使用2D和3D的GIS客观测度街道设计品质,并分析它们与行人数量和步行得分的相关性。主要结论指出,围合性强的街道内人群视线长度短,天空面积率(the proportion of sky)低的街道可步行性更高。在绿化景观方面,品质越高、设施类型越多的绿地,人群参与体力活动的可能性更大。研究运用统计学方法,证明绿地中运动器材的数量与活动时间呈正相关<sup>[53]</sup>,绿地中游乐场地、咖啡馆、厕所等设施的品质也影响居民体力活动<sup>[54]</sup>。同时,街景影像技术被运用于进

行大规模、精细化尺度的街道绿化的量化评价,通过新技术实现将街道绿化纳入可步行性的评估<sup>[55]</sup>。在设施、界面与活动方面,Borst等<sup>[52]</sup>的研究选取了25项指标对街道进行评分,分析各要素对居民步行路径选择的影响。其结果表明,街道设施中的坡度/楼梯、围墙等设施与步行活动的发生呈负相关,而步行道、住宅前院等设施呈正相关。此外,沿街商店提供丰富的沿街界面与活动,也有利于促进步行。

三维空间要素强调人的空间感知,对娱乐休闲性体力活动具有影响,比基于距离的二维空间要素更为复杂。人类基于理性,通常会选择最短距离出行,易于测量和预测,具有普遍性。空间感知则受到个体的偏好影响,难以测度和预测,具有多元化和个性化。因此,针对三维空间要素的研究尚处于探索阶段,暂未形成相对完整的分析框架和充分证据。影像和大众媒体等新数据和机器学习等新技术,提供了数据获取和分析的有效方式,有待进一步深化应用。

## 5 展望

已有大量研究表明,建成环境对人群体力活动具有重要影响。建成环境促进的体力活动可为90分钟/周,约为WHO在2010年发布的《体力活动指南(Physical Activity Guidelines)》中体力活动建议总量的60%,这种巨大影响潜力在针对多国的研究中获得证实<sup>[56]</sup>。

通过对现有文献的分析可见,目前的研究以横断面研究为主,缺乏纵向追踪。证明特定环境要素与体力活动及其健康影响之间的因果关系是本领域研究面临的难点。此外,大量基础研究集中在北美、欧洲发达国家和地区,已证实的研究成果在中国的适用效果有待进一步验证。结合当前研究进展,提出以下3个方面研究展望。

1) 关注使用者的空间感知,深入针对三维空间要素的研究。早期的研究受限于技术与方法有

限,多探讨了便于数据获取和定量分析的二维空间要素。近年来,新的数据收集技术及研究方法的运用,将帮助学者量化以往研究中难以测度的三维空间环境,从而更全面地认识建成环境如何对体力活动产生的影响。

2) 运用大数据与小数据相结合的方式,开展基于个体时空行为的精细化研究。现有研究常用划定缓冲区作为空间分析单元的方式,这并不能够完全反映居民实际接触的建成环境<sup>[57]</sup>;问卷调查或仪器收集体力活动信息的方式,在准确观测个体活动空间范围、类型强度方面也存在不足。基于时空行为的研究方法是以个体行为的解读为基础,更贴近个人日常生活,利于对“真实的人和空间”进行全面理解<sup>[4]</sup>。结合GPS轨迹、活动日志等手段,将有助于进一步提升研究结果的准确性和科学性。

3) 关注体力活动在建成环境、空气污染等多种因素影响下带来的综合健康效应。现有研究主要集中于寻找那些对促进体力活动有积极意义的建成环境要素。部分研究开始意识到,空气污染、热岛效应等其他环境因素对健康结果的叠合效应,指出居民进行户外体力活动时的污染物暴露可能带来负面作用<sup>[58-59]</sup>。例如顾浩等<sup>[60]</sup>对步行指数进行了针对空气污染暴露和人群特征的优化修订,提出在具有机动车尾气排放等污染源的空间区域内,改善建成环境步行性、增加居民户外体力活动的同时,有必要进行污染叠加研究,全面考虑城市空间内进行体力活动的综合健康效应。

通过城市规划和设计优化建成环境,可促进居民体力活动,进而提升公共健康水平。世界卫生组织提出健康应作为城市规划和设计考虑的重点。如何提高规划设计对体力活动的促进作用,需要研究和实践均更具针对性和本土性,需要各国和不同城市收集空间数据和居民时空行为数据,开展相应的实证研究,建立符合本地居民日常生活习惯的建成环境要素分析框架和要素内容,明确促进体力活动和健康结果的设计原则,进而指导各个空间尺度的城市规划设计以及相关公共健康政策的制定。

## 参考文献(References)

- [1] 林雄斌, 杨家文. 北美都市区建成环境与公共健康关系的研究述评及其启示[J]. 规划师, 2015, 31(6): 12-19.
- [2] 王兰, 张雅兰, 邱明, 等. 以体力活动多样性为导向的城市绿地空间设计优化策略[J]. 中国园林, 2019, 35(1): 62-67.
- [3] 王香生, 黄雅君. 体力活动与健康: 研究及应用[J]. 体育与科学, 2008(6): 76-78.
- [4] 王兰, 廖舒文, 赵晓菁. 健康城市规划路径与要素辨析[J]. 国际城市规划, 2016, 31(4): 4-9.
- [5] Caspersen C J, Powell K E, Christenson G M. Physical activity, exercise, and physical fitness definitions and distinctions for health-related research[J]. 1985, 2(100): 126.
- [6] 栾德春, 马冠生. 体力活动推荐量及评价标准[J]. 国外医学(卫生学分册), 2006, 33(3): 161-165.
- [7] WHO. The world health report 2002[R]. Geneva: World Health Organization, 2002.
- [8] 鲁斐栋, 谭少华. 建成环境对体力活动的影响研究: 进展与思考[J]. 国际城市规划, 2015, 30(2): 62-70.
- [9] 马明, 周靖, 蔡镇钰. 健康为导向的建成环境与体力活动研究综述及启示[J]. 西部人居环境学刊, 2019(4): 27-34.
- [10] Craig C L, Marshall A L, SjStr M M, et al. International physical activity questionnaire: 12- country reliability and validity[J]. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 2003, 35(8): 1381-1395.
- [11] Park S, Cho M J, Chang S M, et al. Relationships of sleep duration with sociodemographic and health-related factors, psychiatric disorders and sleep disturbances in a community sample of Korean adults[J]. *Journal of Sleep Research*, 2010, 19(4): 567-577.
- [12] 于一凡, 胡玉婷. 社区建成环境健康影响的国际研究进展——基于体力活动研究视角的文献综述和思考[J]. 建筑学报, 2017(2): 33-38.
- [13] Berke E M, Vernez-Moudon A. Built environment change: A framework to support health-enhancing behaviour through environmental policy and health research[J]. *Journal of Epidemiology and Community Health*, 2014, 68(6): 586-590.
- [14] 柴彦威, 谭一泓, 申悦, 等. 空间——行为互动理论构建的基本思路[J]. 地理研究, 2017, 36(10): 1959-1970.
- [15] Certero R, Kockelman K. Travel demand and the 3Ds: Density, diversity, and design[J]. *Transportation Research Part D*, 1997, 2(3): 199-219.
- [16] Ewing R, Certero R. Travel and the built environment [J]. *Journal of the American Planning Association*, 2010, 76(3): 265-294.
- [17] Handy S L, Boarnet M G, Ewing R, et al. How the built environment affects physical activity: Views from urban planning[J]. *American Journal of Preventive Medicine*, 2002, 23(Suppl 2): 64-73.
- [18] Lee C, Moudon A V. Physical activity and environment research in the health field: Implications for urban and transportation planning practice and research[J]. *Journal of Planning Literature*, 2016, 19(2): 147-181.
- [19] Cao X J, Mokhtarian P L, Handy S L. The relationship between the built environment and nonwork travel: A case study of Northern California[J]. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 2009, 43(5): 548-559.
- [20] Cohen D A, Golinelli D, Williamson S, et al. Effects of park improvements on park use and physical activity[J]. *American Journal of Preventive Medicine*, 2009, 37(6): 475-480.
- [21] Borst H C, Miedema H M E, de Vries S I, et al. Relationships between street characteristics and perceived attractiveness for walking reported by elderly people[J]. *Journal of Environmental Psychology*, 2008, 28(4): 353-361.
- [22] Yin L. Street level urban design qualities for walkability: Combining 2D and 3D GIS measures[J]. *Computers, Environment and Urban Systems*, 2017, 64: 288-296.
- [23] 卢银桃. 基于日常服务设施步行者使用特征的社区可步行性评价研究——以上海市江浦路街道为例[J]. 城市规划学刊, 2013(5): 113-118.
- [24] Moudon A V, Lee C. Walking and Bicycling: An Evaluation of environmental audit instruments[J]. *American Journal of Health Promotion*, 2003, 18(1): 21-37.
- [25] Oakes J M, Forsyth A, Schmitz K H. The effects of neighborhood density and street connectivity on walking behavior: The Twin Cities walking study[J]. *Epidemiologic Perspectives & Innovations*, 2007, 4(1): 16.
- [26] Grasser G, Van Dyck D, Titze S, et al. Objectively measured walkability and active transport and weight-related outcomes in adults: A systematic review[J]. *International Journal of Public Health*, 2013, 58(4): 615-625.
- [27] Lee I M, Ewing R, Sesso H D. The built environment and physical activity levels[J]. *American Journal of Preventive Medicine*, 2009, 37(4): 293-298.

- [28] Forsyth A, Oakes J M, Schmitz K H, et al. Does residential density increase walking and other physical activity? [J]. *Urban Studies*, 2016, 44(4): 679-697.
- [29] Handy S, Cao X, Mokhtarian P. Correlation or causality between the built environment and travel behavior[J]. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 2005, 10(6): 427-444.
- [30] Cerin E, Leslie E, Toit L, et al. Destinations that matter: Associations with walking for transport[J]. *Health & Place*, 2007, 13(3): 713-724.
- [31] Frank L D, Andresen M A, Schmid T L. Obesity relationships with community design, physical activity, and time spent in cars[J]. *American Journal of Preventive Medicine*, 2004, 27(2): 87-96.
- [32] Frank L D, Saelens B E, Powell K E, et al. Stepping towards causation: Do built environments or neighborhood and travel preferences explain physical activity, driving, and obesity?[J]. *Social Science & Medicine*, 2007, 65(9): 1898-1914.
- [33] 郑红玉, 黄建洪, 卓跃飞, 等. 土地混合利用测度研究进展[J]. *中国土地科学*, 2019, 33(3): 95-104.
- [34] Su S, Zhang Q, Pi J, et al. Public health in linkage to land use: Theoretical framework, empirical evidence, and critical implications for reconnecting health promotion to land use policy[J]. *Land Use Policy*, 2016, 57: 605-618.
- [35] Roemmich J N, Epstein L H, Raja S, et al. Association of access to parks and recreational facilities with the physical activity of young children[J]. *Preventive Medicine*, 2006, 43(6): 437-441.
- [36] Handy S L, Cao X, Mokhtarian P L. The causal influence of neighborhood design on physical activity within the neighborhood: Evidence from Northern California[J]. *American Journal of Health Promotion*, 2008, 22(5): 350-358.
- [37] Sallis J F, Bowles H R, Bauman A, et al. Neighborhood environments and physical activity among adults in 11 countries[J]. *American Journal of Preventive Medicine*, 2009, 36(6): 484-490.
- [38] Giles-Corti B, Broomhall M H, Knuiaman M, et al. Increasing walking: How important is distance to, attractiveness, and size of public open space?[J]. *American Journal of Preventive Medicine*, 2005, 28(2): 169-176.
- [39] Owen N, Cerin E, Leslie E, et al. Neighborhood walkability and the walking behavior of Australian adults[J]. *American Journal of Preventive Medicine*, 2007, 33(5): 387-395.
- [40] Coombes E, Jones A P, Hillsdon M. The relationship of physical activity and overweight to objectively measured green space accessibility and use[J]. *Social Science & Medicine*, 2010, 70(6): 816-822.
- [41] Stewart O T, Moudon A V, Fesinmeyer M D, et al. The association between park visitation and physical activity measured with accelerometer, GPS, and travel diary[J]. *Health & Place*, 2016, 38: 82-88.
- [42] Koohsari M J, Kaczynski A T, McCormack G R, et al. Using space syntax to assess the built environment for physical activity: Applications to research on parks and public open spaces[J]. *Leisure Sciences*, 2014, 36(2): 206-216.
- [43] Ellis G, Hunter R, Tully M A, et al. Connectivity and physical activity: Using footpath networks to measure the walkability of built environments[J]. *Environment and Planning B-Planning & Design*, 2016, 43(1): 130-151.
- [44] Koohsari M J, Kaczynski A T, Giles-Corti B, et al. Effects of access to public open spaces on walking: Is proximity enough?[J]. *Landscape and Urban Planning*, 2013, 117: 92-99.
- [45] Hajrasouliha A, Yin L. The impact of street network connectivity on pedestrian volume[J]. *Urban Studies*, 2015, 52(13): 2483-2497.
- [46] Ewing R, Handy S. Measuring the unmeasurable: Urban design qualities related to walkability[J]. *Journal of Urban Design*, 2009, 14(1): 65-84.
- [47] 里德·尤因, 苏珊·汉迪, 江雯婧. 测量不可测的: 与可步行性相关的城市设计品质[J]. *国际城市规划*, 2012, 27(5): 43-53.
- [48] 凯文·林奇. 城市意向[M]. 北京: 华夏出版社, 2001.
- [49] 方丽艳. 城市建成环境可步行性及其影响因素研究[D]. 杭州: 浙江工业大学, 2015.
- [50] Sallis J F, Cervero R B, Ascher W, et al. An ecological approach to creating active living communities[J]. *Annual Review of Public Health*, 2006, 27(1): 297-322.
- [51] Alfonzo M A. To walk or not to walk? the hierarchy of walking needs[J]. *Environment and Behavior*, 2016, 37(6): 808-836.
- [52] Borst H C, de Vries S I, Graham J M A, et al. Influence of environmental street characteristics on walking route choice of elderly people[J]. *Journal of Environmental*

- Psychology, 2009, 29(4): 477-484.
- [53] Akpinar A, Cankurt M. How are characteristics of urban green space related to levels of physical activity: Examining the links[J]. *Indoor and Built Environment*, 2017, 26(8): 1091-1101.
- [54] Hoffmann E, Barros H, Ribeiro A I. Socioeconomic inequalities in green space quality and accessibility—evidence from a southern European city[J]. *International journal of environmental research and public health*, 2017, 14(8): 916.
- [55] 郝新华, 龙瀛. 街道绿化: 一个新的可步行性评价指标[J]. *上海城市规划*, 2017(1): 32-36.
- [56] Sallis J F P, Cerin E P, Conway T L P, et al. Physical activity in relation to urban environments in 14 cities worldwide: A cross-sectional study[J]. *The Lancet*, 2016, 387(10034): 2207-2217.
- [57] Jia P, Xue H, Yin L, et al. Spatial technologies in obesity research: Current applications and future promise[J]. *Trends in Endocrinology & Metabolism*, 2019, 30(3): 211-223.
- [58] Ma J, Tao Y, Kwan M, et al. Assessing mobility-based real-time air pollution exposure in space and time using smart sensors and GPS trajectories in Beijing[J]. *Annals of the American Association of Geographers*, 2019: 1-15.
- [59] 陈曦, 冯建喜. 基于步行性与污染物暴露空间格局比较的建成环境健康效应——以南京为例[J]. *地理科学进展*, 2019, 38(2): 296-304.
- [60] 顾浩, 周楷宸, 王兰. 基于健康视角的步行指数评价优化研究: 以上海市静安区为例[J]. *国际城市规划*, 2019, 34(5): 43-49.

## Research progress overview on the impact of built environment on physical activity

WANG Lan, DU Yirui

College of Architecture and Urban Planning, Tongji University, Shanghai 200092, China

**Abstract** The relationship between built environment and physical activity has become a focus in the research of healthy cities. Based on Web of Science and CNKI, this paper charts out recent research progress by literature review using the keywords of built environment, physical activity and walkability. The built environment factors affecting physical activity are reclassified into ‘2D spatial elements’ and ‘3D spatial elements’. The future research needs to: 1) deepen the research about ‘3D elements’ with a focus on spatial perception; 2) carry out more detailed research based on individual spatiotemporal behavior; 3) pay more attention to the comprehensive health effect of physical activity under multiple impacts of built environment, air pollution and other factors.

**Keywords** built environment; physical activity; health; urban planning ●



(责任编辑 卫夏雯)