



【主持人语】实现人民健康长寿,是国家富强、民族振兴的重要标志,也是全国各族人民的共同愿望。党和国家历来高度重视人民健康。从1950年开始我国就已开展爱国卫生运动,直到1994年我国正式参与世界卫生组织倡导的健康城市建设,首次在“卫生城市”建设的基础上纳入健康城市的建设理念,并在北京和上海开展首批健康城市项目试点活动,这标志着我国正式加入到世界性的“健康城市”行动中。2001—2007年,全国爱卫会办公室正式启动了建设“健康城市”试点工作,在多个地区开展建设健康城镇的试点工作。2012年,党的十八大报告明确提出“实施健康中国战略”。2016年,习近平总书记在第一次全国卫生与健康大会上明确提出“把健康城市和健康村镇建设作为推进健康中国建设的重要抓手”,随后,党中央、国务院颁布实施《“健康中国2030”规划纲要》,标志着我国的“健康城市”建设正式上升为国家战略。2019年7月,《国务院关于实施健康中国行动的意见》明确提出“推进健康城市、健康村镇建设”,并提出“国家层面成立健康中国行动推进委员会”。由此我国“健康城市”建设进入实质性的战略实施层面。2022年,党的二十大报告明确指出,“推进健康中国建设。人民健康是民族昌盛和国家强盛的重要标志。把保障人民健康放在优先发展的战略位置,完善人民健康促进政策。”这既是建设新时代中国特色社会主义的重要决策部署,也是落实联合国可持续发展目标(SDGs)中“健康福祉”目标的重要载体。

近年来,关于健康城市建设实践的相关学科致力将人民健康、社会福祉、公平正义与可持续发展放在核心位置,并通过城市发展政策、战略和项目付诸实践。在此背景下,健康城市成为研究的重点与热点,但仍存在诸多难点亟待突破。《西北大学学报(自然科学版)》特开设“健康城市”专栏,从城市建成环境、居民生活空间、人群交通出行、城市空间环境等方面探索其对居民身心健康的影响,以期为我国健康城市建设提供理论与实践参考。本专栏共7篇论文,《高密度建成环境与成人肥胖关系的研究现状、启示与展望》揭示密度与肥胖存在潜在的U型关系规律,提出应当加强对中国情境的关注,为健康城市建设提供理论支撑;《都市圈视域下区域生活空间理论框架构建及未来趋势》梳理生活空间的研究进展及趋势,提出区域生活体系理论框架与核心议题,对于建设人民向往的健康城市生活具有重要意义;《机动化通勤中介作用下城市建成环境对居民身体健康的影响研究——以西安市为例》构建了以机动化通勤方式作为中介变量的理论框架来深入解析城市建成环境对居民身体健康的直接、间接和总效应,并据此提出以提升居民身体健康为导向的城市建成环境优化策略,为城市更新政策制定提供参考;《美国健康交通规划管理经验与启示》从发展政策、规划体系和管理模式方面梳理美国健康交通体系的特点与经验,为中国城市交通的健康可持续发展提供借鉴与启示;《基于脑电波的城市环境对居民情绪状态影响》基于神经科学实验的研究视角和方法,深入剖析城市环境对居民情绪及心理健康的影响过程、机制及效应,为城市环境干预政策提供科学实验路径;《基于慢行通勤方式的城市住区街道慢行空间规划策略——以西安市为例》研究分析评测住区街道慢行空间对居民慢性通勤方式的影响作用,并提出高质量慢行交通规划对改善居民身体健康的策略建议,为慢行友好城市打造提供理论与实践支撑;《社区和学校建成环境对儿童积极通学的影响——基于交叉分类多层模型的西安实证》运用交叉分类多层模型,探究儿童居住社区和就读学校建成环境对其积极通学的影响效应,提出了以改善儿童身心健康为导向的公共政策干预和空间调整策略,为促进儿童积极通学的政策制定提供参考。

【主持人】朱菁,西北大学城市与环境学院副教授。



高密度建成环境与成人肥胖关系的研究 现状、启示与展望

孙斌栋^{1,2}, 刘嘉航^{1,2}, 尹 春^{3,4}

(1. 华东师范大学 中国行政区划研究中心, 上海 200241; 2. 华东师范大学 未来城市实验室, 上海 200241;
3. 武汉大学 资源与环境科学学院, 武汉 430072; 4. 武汉大学 空间全生命周期健康国际研究中心, 武汉 430072)

摘要 优化建成环境是预防肥胖、提升人口健康水平的重要策略。密度作为最常见的建成环境要素,与肥胖的关系近年来受到了重点关注。然而,鉴于密度与肥胖关系的研究在我国才刚刚起步,尚不明晰两者的关联,若盲目采取密度调控的措施,可能直接影响健康城市规划的成效,不利于健康中国战略的推进。因此,迫切需要厘清密度与肥胖的关系以丰富我国城乡规划学和城市地理学相关理论,并为健康城市建设提供理论支撑。为此,基于系统综述的方法,从研究区域、发表时间与数量、变量选择、研究设计、模型设置、实证结果等方面对密度与成人肥胖的关系进行详细梳理,在充分把握研究现状后,发现密度与肥胖存在潜在的U型关系规律,并提出未来研究应加强对中国情境的关注、识别因果关联和全方位测度密度和肥胖等重要问题。

关键词 居住密度;超重;慢性病;健康城市;建成环境;系统综述

中图分类号: K901.8; TU984 **DOI**: 10.16152/j.cnki.xdxzbzr.2023-05-001

Research status, inspiration and prospects on the relationship between the high density built environment and obesity

SUN Bindong^{1,2}, LIU Jiahang^{1,2}, YIN Chun^{3,4}

(1. Research Center for China Administrative Division, East China Normal University, Shanghai 200241, China;
2. Future City Lab, East China Normal University, Shanghai 200241, China;
3. School of Resource and Environmental Sciences, Wuhan University, Wuhan 430072, China;
4. International Institute of Spatial Lifecourse Health (ISLE), Wuhan University, Wuhan 430072, China)

Abstract Optimizing the built environment is an important strategy to prevent obesity and improve health level of the population. Density is the most common factor among built environment elements and the relationship between it and obesity has attracted much attention in recent years. However, given that research on the relationship between density and obesity has just started in China, this relationship is not yet clear. If density planning measures are blindly adopted, it might directly affect the effectiveness of healthy city planning and be

收稿日期: 2023-05-11

基金项目: 国家自然科学基金(42071210、42101184); 上海市教育发展基金会和上海市教育委员会“晨光计划”项目(22CGA27); 中央高校基本科研业务费项目华东师范大学新文科创新平台(2022ECNU-XWK-XK001)

第一作者: 孙斌栋, 男, 教授, 博士生导师, 主要从事城市地理、城市规划和区域经济研究。

通信作者: 尹春, 男, 副研究员, 从事健康地理、城市地理和城市规划等研究, chun.yin1@outlook.com。

detrimental to the promotion of the Healthy China Strategy. Therefore, it is urgent to clarify the relationship between density and obesity in order to enrich the relevant theories of urban and rural planning and urban geography in China and provide theoretical support for the construction of healthy cities. For this reason, based on the systematic review approach, this article reviews the relationship between population density and obesity from the aspects of research areas, publication time and quantity, variable selections, research designs, model settings, empirical results, etc. After fully grasping the current research status, this review finds a potential U-shaped relationship between density and obesity, and proposes that future research should strengthen attention to the Chinese context, identification of causal relationships, and comprehensive measurement of density and obesity and other important issues.

Keywords residential density; overweight; chronic disease; healthy city; built environment; systematic review

肥胖是能量摄入超过能量消耗的结果,不仅增加了人们罹患心血管疾病、Ⅱ型糖尿病、某些癌症等多种非传染性疾病的风险^[1],此外,肥胖者感染新冠肺炎的风险也被发现是正常体重居民的2.42倍^[2]。中国是世界上肥胖人口最多的国家,且肥胖率还在迅速上升^[3-4],每年仅肥胖导致的直接医疗费用就高达243.5亿元^[5]。为保障国民健康水平,减少不必要的医疗资源浪费,推进“健康中国”战略目标的早日实现,预防和控制肥胖人口的增长势在必行。

城乡规划和地理学者经过多年的研究发现,优化建成环境是预防和减少肥胖的重要途径之一^[6-7]。在诸多建成环境要素中,密度被认为是最基本也是最常见的指标^[8]。新城市主义认为,高密度建成环境有助于降低居民肥胖风险^[9-10],其原因主要有两方面:①高密度的建成环境能为居民提供更多的身体活动机会(包括积极交通方式出行和日常体育锻炼),促进居民身体活动水平的提升^[11-13];②高密度的建成环境也能提高健康食品商店的可达性和健康食品的可获得性,减少居民高能量食品的摄入^[14]。

然而,随着越来越多的研究关注到密度与肥胖的关系,实证结果却愈发混杂。尽管许多实证研究结果支持了新城市主义的构想^[15-16],但也不乏研究发现提高密度反而增加肥胖风险^[17-18]、两者不显著相关^[19-20]或存在非线性关联^[21]等不同的结果。鉴于密度与肥胖关系的研究在我国才刚刚起步,混杂的研究结果难以有效指导我国健康城市规划实践。为厘清现有研究中高密度建成环境与肥胖的关系,本文基于系统综述的研究方法,从研究区域、发表时间与数量、变量选择、研究设计、模型设置、实证结果及其机制等方面系统回顾

了密度与成人肥胖关系的实证研究现状,并在此基础上得出研究启示,提出未来研究需要重点解决的问题。

1 研究方法

本文采用系统综述法(systematic review)进行文献分析,该方法是针对某一具体问题,系统收集和评价现有的高质量实证文献,进而得到可靠的综合结论的文献综述方法。相较于传统的叙述性综述(narrative review),该方法的研究问题更为具体,研究过程更为科学、规范(需要说明文献来源、检索方法、筛选标准等),并定量、客观地评价实证结果,能够有效地减少综述结果的偏倚,提高科学研究的可重复性^[22]。

由于高密度建成环境与肥胖的关系涉及多个学科领域,因此本文检索了3个主要英文数据库和1个中文数据库,即Web of Science核心合集、Medline、Scopus和中国知网。为了聚焦研究主题,将人口密度作为高密度建成环境的代理,在2023年4月以“人口/居住密度”和“肥胖”为关键词进行了检索。经过严格的筛选,最终纳入本文分析的文献共82篇,包括英文文献76篇和中文献6篇。文献筛选标准具体如下:①必须是基于定量实证研究方法,而非描述性研究或综述性研究;②自变量须是客观测度的密度指标,其定义应为“单位土地上人口/家庭/住房的数量”;③因变量需是反映肥胖的指标;④应为非汇总研究,即探讨个体居民的肥胖,而不是汇总尺度的肥胖率;⑤应汇报在控制了其他影响因素后密度对肥胖影响的主效应,而非简单的二元相关系数或未汇报密度的效应结果;⑥研究群体应为一般性成

年人或以成年人为主,排除了针对儿童/青少年、老年人或其他特殊群体的研究。

2 研究现状

2.1 研究区域、发表时间与数量

图 1 展示了相关文献的研究区域、发表时间和累积发表的文献数量。虽然高密度建成环境与健康的关系在 20 世纪末已被广泛讨论,但直到 21 世纪初才开始有文献通过实证方法检验这一关系。最早的实证文献可以追溯到 2004 年 Frank 等对于美国亚特兰大的研究^[23]。在 2008 年以前,密度与成人肥胖关系的实证研究处于萌芽和

初步发展期,研究区域局限于北美洲。2008 年以后,对于该问题的实证研究在以美国为主的北美洲快速发展,其发表的相关论文数量超过了全球相关文献总和的一半。截至目前,基于亚洲的城市背景,探索密度和成人肥胖关系的实证文献数量也显著提高,而基于欧洲、南美洲、大洋洲背景的证据仍相当有限,非洲的相关研究数量始终为零。

在国内,Xu 等于 2010 年最早关注到密度和肥胖的关联,但其研究主要聚焦于青少年肥胖问题^[24]。孙斌栋等 2016 年对于中国社区建成环境与成年居民超重关系的研究,则是国内第一篇专门探讨人口密度与成人肥胖关系的文献^[25]。

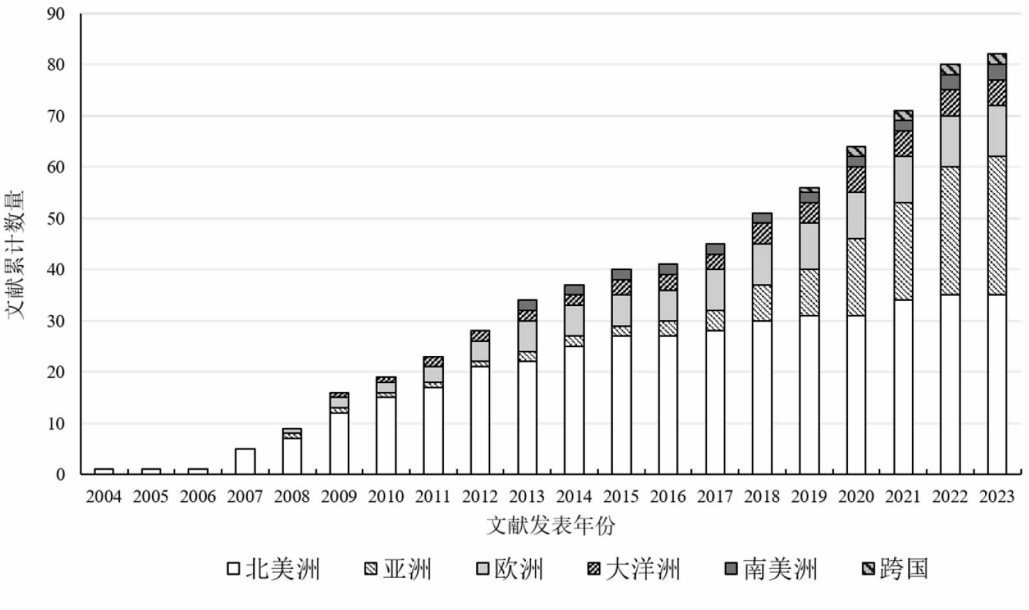


图 1 现有文献的研究区域、发表年份与数量

Fig. 1 Research area, publication year, and the number of studies

2.2 密度与肥胖的测度指标

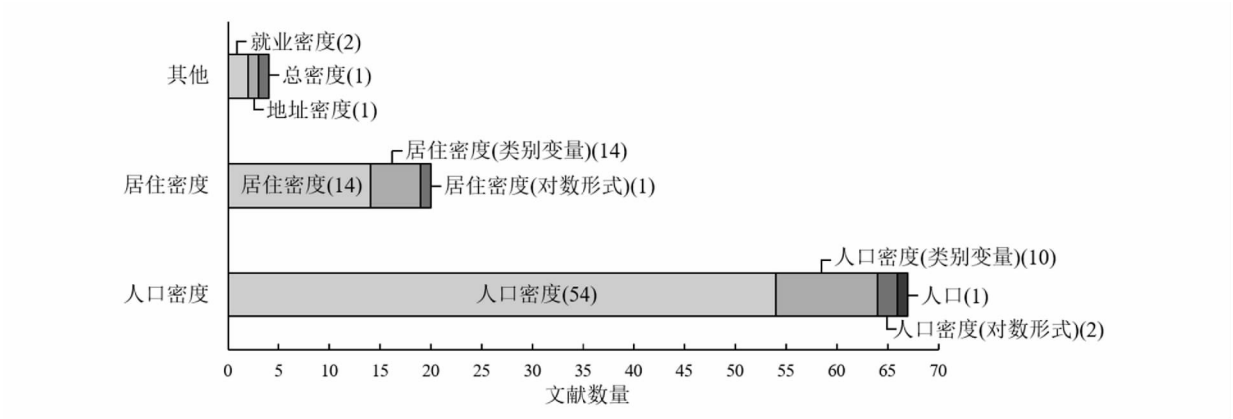
作为自变量的密度指标可分为 3 类:人口密度、居住密度和其他。如图 2 所示,密度的最主要测度方式是居住地周边的人口密度,其定义是单位土地面积上的人口数量。人口密度指标的数据来源一般是官方统计数据,如人口普查数据等。少数文献采用了人口密度的变形,如采用对数化的人口密度^[25]或类别变量形式的人口密度^[26-27]。前者使统计模型的结果具有(半)弹性,后者使统计分析的结果更易于理解。约有 22% 的文献采用了居住密度,其定义是单位土地上住房单元/家庭的数量,但这一指标可能因忽视家庭规模而低估密度水平^[28]。其他的密度指标包括总密度(单位土地上居住和就业人口的总数)、就业密度(单

位土地上就业人口的数量)、地址密度(单位土地上地址信息的总数)。

如图 3 所示,作为因变量的肥胖指标也可以分为 3 类:身体质量指数(body mass index, BMI)、超重或肥胖、其他。BMI 是以往文献中使用最多的肥胖测度指标,其次是根据 BMI 划分的超重或肥胖类型,这主要是因为 BMI 的计算只需要被访者的身高和体重信息,数据可获得性相对较高。但是,由于根据 BMI 划分的超重或肥胖存在世界卫生组织(World Health Organization, WHO)标准、亚洲标准、中国标准,这使得不同区域的实证研究结果难以直接比较。此外,尽管 BMI 和超重或肥胖这两个指标在本质上是相似的,但也有文献发现密度对两者的影响可能完全不同^[29]。受限于

数据可获得性,只有少数实证研究采用了可以反映个人身体脂肪分布的腰臀比、体脂、腰围等肥胖

测度指标。



注:括号中数字为采用该指标的文献数量,其总和大于 82 是由于部分文献采用了多种密度指标。下图同。

图 2 现有文献中密度指标的测度方式

Fig. 2 The measure of density in the literature

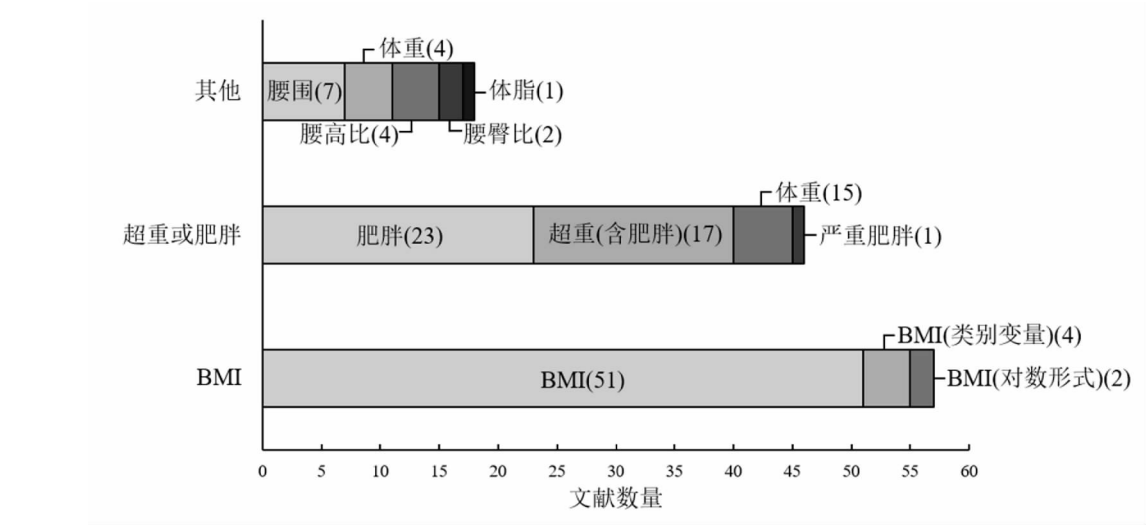


图 3 现有文献中肥胖指标的测度方式

Fig. 3 The measure of obesity in the literature

2.3 研究设计与统计模型

绝大多数文献(67 篇)采用的是截面或混合截面设计,仅有 15 篇采用了纵向设计,这主要是由于该研究问题兴起时间较短,不少国家和地区都缺乏长时期数据的积累。尽管如此,不少学者意识到基于截面研究设计只能检验密度与肥胖的相关关系,而难以推断两者的因果关联^[30-31]。采用纵向设计的文献主要集中在美国(6 篇)和中国(5 篇),其余文献则来自澳大利亚(2 篇)、英国(1 篇)和菲律宾(1 篇)。美国的纵向研究平均时间跨度(13 年)较中国相关研究(8 年)更长。其中,时间跨度最长的纵向研究使用了美国 1976—2001 年 4 期的面板数据^[29],而时间跨度最短的纵向研究则只使用了中国 2012—2014 年 2 期的面

板数据^[32]。

统计模型的选择主要基于因变量特征。当连续变量(如 BMI)作为因变量时,一般采用线性回归、多层次线性回归等模型进行参数估计;当类别变量(如是否肥胖)作为因变量时,一般采用逻辑回归、多层次逻辑回归等模型进行参数估计;也有少数文献采用有序逻辑回归模型进行参数估计^[33]。此外,有 24 篇文献通过采用分组回归或构建密度与性别交互项的方法探究了密度与肥胖关系的性别异质性,这些研究也主要集中在美国(10 篇)和中国(8 篇)。

在研究密度与肥胖的关系时,一个不容忽视的问题是研究数据具有嵌套结构,即居民嵌套于社区。社区内的被调查居民有着各自的体重、年

龄等个人特征,但包括密度在内的社区建成环境指标对所有的居民而言都是一致的。嵌套的数据结构使回归分析中个体独立性的假设不再被满足。因此,如果采用普通的回归模型,很可能错误地估计回归系数的标准误^[34]。在相关文献中,主要有两种方法来解决这一问题,即多层次模型和聚类稳健标准误^[35-36],前者的思路是将个体因变量(肥胖指标)的变异分解到不同层次(社区层次、个体层次等)的截距、斜率和随机误差上,使不同层次间的误差项相互独立;后者则是直接对回归模型的标准误进行矫正,并提供更为严格的标准误。图 4 展示了已有文献中对嵌套数据结构的处理方法。超过一半的研究模型都处理了嵌套数据结构的问题,且主要采用的是多层次模型。

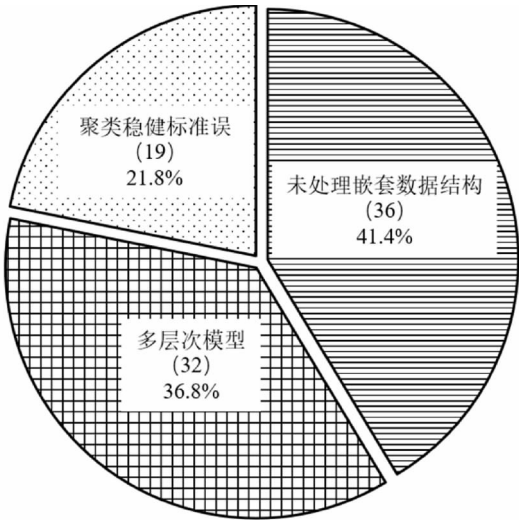


图 4 现有文献对嵌套数据结构的处理

Fig. 4 Approaches of dealing with the nested data structure in the literature

2.4 研究结果分析

密度与成人肥胖关系的研究最主要集中在北美洲,其实证研究结果也最为丰富,如图 5 所示。超过一半的研究(包括 3 篇纵向研究^[29, 37-38])表明密度与肥胖的关系不具备统计显著性。虽然一些学者认为这反映了密度与肥胖之间确实没有关联^[30, 37],但是不少学者们仍坚信密度对肥胖具有影响。一方面,他们认为不显著的研究结果是由于“密度”与“多样性”和“设计”等同样反映紧凑的建成环境要素存在多重共线性所导致^[23, 33];另一方面,即使密度与 BMI 不直接相关,它也可以通过减少小汽车使用而间接降低 BMI^[39]。约有 1/3 的文献结果(包括 3 篇纵向研究^[40-42])表明密度与肥胖具有负向显著关联。根据紧凑发展与健

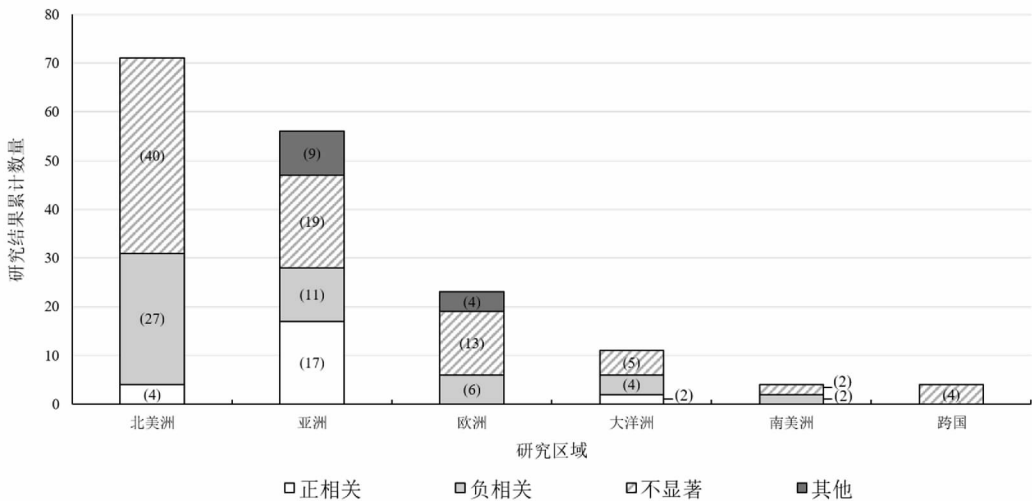
康关系的理论推导,提高密度将使人们日常出行目的地更加邻近,从而减少小汽车使用,促进步行和骑行等积极交通方式出行,由此减少 BMI^[43]和肥胖风险^[15]。也有文献发现了密度与肥胖具有显著的正向关联,并指出需要更多的证据理解其内在机制^[44]。一个可能的原因是高密度社区虽然能促进交通目的的积极出行,但低密度社区却能促进休闲目的的积极出行,且一般而言,休闲目的的积极出行距离和能量消耗都大于交通目的的积极出行,因此高密度地区居民比低密度地区居民有着更高的 BMI^[45]。在北美洲并未发现密度与肥胖之间的非线性关系证据。此外,有 12 篇北美洲文献探讨了密度与肥胖的性别异质性,其中 3 篇发现密度仅对男性肥胖具有显著负向影响,1 篇发现密度仅对女性肥胖具有显著负向影响,其余研究均未发现密度与肥胖具有性别异质性。

欧洲的文献中一半以上的研究发现密度与肥胖的关系不具备统计显著性(包括 1 篇纵向研究^[46]),其余文献则主要表明密度与肥胖在欧洲主要具有负向关联。尽管欧洲城市与美国城市的密度有很大差别^[47],但是针对欧洲城市的研究中,学者们仍将密度与肥胖的负向关联归因为较高的密度提高了出行目的地的可达性,促进居民采用非机动车化方式出行,从而减少肥胖^[14, 48]。值得一提的是,少数基于欧洲地区的文献发现密度与肥胖虽然具有负向关联,但关联形式却是非线性的^[14, 48]。一项关于英国的研究发现,密度与多项肥胖指标(BMI、腰围、体脂等)存在倒 U 型关系,且转折点为 1 800 个住房/km²,即密度降低肥胖风险的前提是住房密度应该大于 1 800 个住房/km²^[49]。此外,仅有 3 篇欧洲文献探讨了密度与肥胖的性别异质性,但只有 1 篇发现密度与肥胖的关联具有性别异质性,并强调密度对女性肥胖的显著负向影响强于男性。

大洋洲和南美洲的文献主要发现密度与肥胖不具有统计显著性或具有负向显著性。澳大利亚^[50]和巴西^[27]的研究同样认为密度与肥胖的负向关联是因为密度提高了可达性进而促进了居民的非机动化方式出行所导致的。然而,一篇关于澳大利亚的纵向研究发现密度与肥胖指标之间存在正向关联,并将密度增加的肥胖风险归因于高密度建成环境所带来的更多快餐店以及更差的心理健康水平^[51]。在这一研究区中,缺乏文献探究密度与肥胖的性别异质性。此外,有 2 篇文献以

发达国家为主要研究样本进行了跨国研究,结果却显示密度与肥胖的关系不具有统计显著

性^[52-53],也不具有性别异质性^[52]。



注:统计了所有在 5% 显著性水平上验证了密度与肥胖关系的模型结果,同一篇文章不同模型的结果显著性可能不同。

图 5 密度与肥胖关系的实证研究

Fig. 5 Studies of the relationship between density and obesity

与其他地区不同的是,在亚洲的实证研究中,发现密度与肥胖的关系不具有统计显著性和具有正向显著性的研究结果相当,且均有纵向研究证据的支持^[54-55]。一方面,有研究认为较高的人口密度意味着经济发展水平相对更高,而在经济发展水平高的地区,人们通常更少步行且有更多的机会接触不健康食品,因此增加了肥胖风险^[54]。另一方面,也有研究提出了 4 个可能导致高人口密度促进肥胖的原因:①高密度社区居民出行方式转变的边际效应下降,提高密度反而减少了居民以交通为目的的身体活动;②高密度社区居民活动空间相对局限,身体活动水平下降;③高密度社区快餐店密度更高,居民更倾向于在外就餐;④高密度社区的居民生活压力更大,睡眠时间和质量下降^[17]。对于亚洲地区密度与肥胖负向关联的结果,其也沿用欧美国家的解释,即较高的密度提高了日常活动目的地的可达性,促进了积极的交通出行方式,从而降低肥胖风险^[56]。此外,两项关于中国城市的纵向研究发现,人口密度与 BMI 呈显著的 U 型关系,即随着人口密度的提高,BMI 会先降低后增加,这说明了人口密度可能存在阈值效应^[32, 57]。在此基础上,有纵向研究进一步纳入乡村样本后,发现密度与腰围和腰高比均存在 N 型关系^[58]。就具体阈值而言,现有研究并未达成统一共识,但主要认为的阈值是 25 000

人/km²^[59]和 80 000 人/km²^[32]。尽管这两个数值相差较大,但研究者认为当社区人口密度低于 25 000 人/km² 时,提高人口密度对肥胖主要起降低作用;当社区人口密度介于 25 000 ~ 80 000 人/km² 之间时,密度与肥胖的关联可能因研究区地方情境、研究人群特征而异,需要具体问题具体分析;但社区人口密度高于 80 000 人/km² 时,密度对肥胖的降低作用趋于边际甚至会增加居民肥胖风险。此外,有 8 篇文献探讨了密度与肥胖的性别异质性。其中,4 篇发现密度只对男性肥胖具有降低作用,1 篇发现密度只对女性肥胖具有降低作用,2 篇表明密度对男性和女性肥胖的影响因肥胖类型而异,1 篇发现密度与肥胖的关系不具有性别异质性。

3 启示与展望

3.1 研究启示

通过上述分析可以发现,目前密度与肥胖关系的研究具有如下特点:①在研究区域、文献发表时间和数量上,密度与肥胖关系的研究尚处于起步阶段,主要集中于以美国为代表的北美洲国家;在以中国为代表的亚洲国家中,密度与肥胖关系的研究结果迅速积累;而在欧洲、南美洲、大洋洲国家以及针对全球国家的研究至今仍相对较

少;目前仍然缺乏针对非洲的相关研究。② 在指标测度上,现有研究在变量选择上主要采用人口密度和 BMI 反映密度和肥胖,仅有个别文献采用了能够反映个人身体脂肪分布的肥胖指标。③ 在研究设计上,主要基于截面或混合截面设计,缺乏采用纵向设计的实证文献。④ 在模型设置上,现有研究大多考虑了数据的嵌套结构,并采用多层次模型或聚类稳健标准误的方法进行处理;主要假设密度和肥胖是线性相关,只有个别文献考察了两者间的非线性关联。⑤ 在实证结果上,大部分文献发现密度与肥胖不具有统计显著性;在发现两者具有统计相关的文献中,基于北美洲、欧洲、大洋洲等较低密度国家的实证结果主要表明密度与肥胖是负向关联,而基于人口密度较高的亚洲国家的实证结果则更多地发现两者具正向关联;此外,在欧洲和亚洲地区,均有文献发现了密

度与肥胖的非线性关联。

整合现有实证研究结果,可以推测密度与肥胖关系的一般性规律呈 U 型,而西方国家和中国的研究发现都是该规律在特定情境下的表现形式(见图 6)。具体而言,在西方低密度情境下,提高人口密度有助于促进居民选择主动交通方式出行、增加体育锻炼水平、促进健康饮食,故而有助于降低居民肥胖风险;但在高密度情境下(如东亚国家),提高人口密度反而会减少体育锻炼水平和健康食品摄入、增加生活压力,从而提高了居民肥胖风险。因此,在健康城市的规划实践中,地理学者应针对不同密度情境下的城市和社区,因地制宜地制定人口调节方案。在低密度城市和社区,应采用密集化策略以促进居民健康;而在高密度城市和社区,则需要进行人口疏解,以保障居民健康。

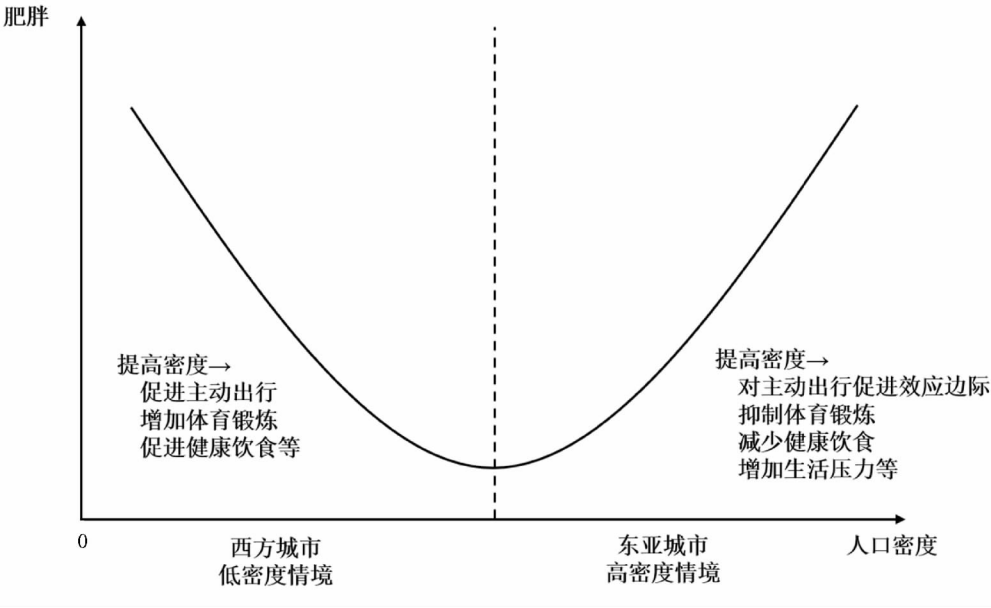


图 6 密度与肥胖的 U 型关系规律

Fig. 6 The U-shaped association between density and obesity

3.2 研究展望

3.2.1 深化中国情境下高密度建成环境与肥胖关系及其机制

以密度为指标的高密度建成环境是城乡规划和城市地理最为核心的概念之一,也是健康城市规划最基础且最重要的指标之一,其与肥胖的关系是丰富城市地理学理论、推动健康城市规划实践的关键。目前相关研究主要基于西方低密度、发达国家的城市背景,他们基于新城市主义的理想情境,认为提高密度既有助于促进居民采用积极交通方式出行,增加身体活动水平,又能提高健

康食品可获得性,促进居民健康饮食,从而降低肥胖风险。然而,密度与肥胖关系的研究在以中国为代表的高密度、发展中国家才刚刚起步,初步研究已经发现,高密度也伴随着更高的噪音水平、生活压力,更少的绿色空间和户外活动空间等负面效应,可能带来更高的肥胖风险。这些发现表明国家背景是影响密度与肥胖关联的重要因素^[60]。因此,未来研究迫切需要厘清中国情境下密度与肥胖的关系及其机制,在提高密度的同时尽可能减少高密度带来的负面效应,以促进国民健康水平的提升。进一步地,通过比较中西方情境下密

度与肥胖的研究,明晰密度与肥胖的关系是否具有非线性关联,并验证本文提出的密度与肥胖的一般性“U”型关系规律,以推动城市地理学、健康地理学、城乡规划学等相关学科的理论发展,提高我国相关研究的国际话语权。

3.2.2 通过纵向研究设计识别高密度建成环境与肥胖的因果关联

现有密度与肥胖关系的研究绝大多数基于截面调查数据,只能识别两者的相关关系而非因果关联。一方面,截面调查数据不可避免地存在遗漏变量带来的模型估计偏误。①截面调查数据通常缺少反映个人肥胖基因、家族遗传病、地域文化、居住选择和行为偏好等变量;②一些研究也遗漏了除密度之外的建成环境要素,如食物环境、公共交通、道路设计等^[23, 49]。由于这些变量既与密度相关、也与肥胖相关,如果忽视了这些因素的影响,将使得模型估计有偏。另一方面,截面调查数据难以识别密度与肥胖在时间上发生的先后顺序,无法解决双向因果带来的内生性问题。值得一提的是,由于密度与肥胖的数据通常是嵌套数据结构,而来自上层的汇总数据一般具有良好的外生性^[61],所以通常认为密度是解释肥胖的原因,而不是采用肥胖解释密度的变化。

相较于截面研究设计,纵向研究设计则能够较好地解决上述两个问题。①纵向研究设计本身就带有时间信息,可以较好地处理密度与肥胖在时间上发生的先后顺序;②通过使用固定效应模型,可以有效消除不随时间变化的遗漏变量的影响,从而在一定程度上减少模型的估计偏误。

3.2.3 全方位测度高密度建成环境与肥胖

在密度的测量指标上,考虑到客观环境会影响居民主观感知,从而作用于行为^[62],未来研究需要进一步考察客观密度、感知密度和肥胖三者之间的关联。另一方面,工作地作为居民日常出行最主要的目的地,其建成环境对健康的影响也不容忽视^[63-64],因此,有必要同时考虑居住地和就业地密度对肥胖的影响。同时,空间和尺度是两个十分重要的概念,不同尺度的密度与肥胖的关联也可能不同^[65-66]。因此,未来研究应该更准确、全面地进行指标测度,以减少测量误差带来的估计偏误,并分析不同测度指标对实证结果的影响。

在肥胖指标的测量上,已有研究主要采用BMI 及其为标准划分的超重或肥胖作为测度肥

胖的指标,但BMI 通常由被访者自我汇报的身高和体重信息计算,而出于美化自己身材的目的,被访者可能会汇报更高的身高和更低的体重,由此带来不是随机产生的测量误差^[16, 67]。另一方面,考虑到BMI 不能反映居民的身体脂肪分布^[68-69],学者们需要采用多样化的肥胖测度指标,包括但不限于腰臀比、腰高比、腰围、皮脂厚度等。

3.2.4 厘清高密度建成环境影响肥胖的确切阈值

现有密度与肥胖关系的研究主要假设两者之间的关联是线性的,忽视了两者的非线性关联。一方面,越来越多的研究发现建成环境的作用通常存在阈值效应^[70],因而传统的线性假设可能过于简单而难以反映真实的密度与肥胖的关联。事实上,现有实证证据主要发现密度与成人肥胖的关系不具有统计显著性很可能是错误的研究假设所致。不乏证据已经表明密度与肥胖之间具有潜在的U型关系,而密度与肥胖的不显著关联可能正是密度U型作用正负效应抵消的结果。另一方面,忽视高密度建成环境对肥胖影响的阈值也会误导规划实践。当密度超出特定阈值范围后,一味地投入成本提高密度不仅会造成资源浪费,还会导致不良健康结局。因此,未来研究可以采用广义可加模型、梯度提升决策树等模型进一步探索密度与肥胖的非线性关联及其确切的影响阈值,厘清密度与肥胖的非线性关联在不同类型城市、不同人群的影响差异,从而完善密度与肥胖的关系规律,并为城乡规划提供更加精细化的理论指导。

3.2.5 明晰高密度建成环境影响肥胖的异质性

已有研究大多只考虑了密度对肥胖的独立影响,较少考虑密度与肥胖关系的调节因素(即异质性)。社会生态理论认为,个人的健康结果受到了多层次因素的影响,且这些因素之间存在相互作用^[71]。①密度与建成环境内部要素间可能具有相互作用;②密度与肥胖的关系还通常受到个人社会经济属性(如性别、年龄等)、健康态度和健康行为等因素的调节;③区域背景因素也可能调节密度与肥胖的关联。因此,在未来研究中,学者们需要进一步考虑高密度建成环境影响居民肥胖的各方面异质性要素,剖析密度与其他要素联合作用下影响居民肥胖的深层次机理,以全面把握密度与肥胖的关联。

参考文献

- [1] GBD 2015 Obesity Collaborators. Health effects of overweight and obesity in 195 countries over 25 years[J]. *New England Journal of Medicine*, 2017, 377(1): 13-27
- [2] CAI Q X, CHEN F J, WANG T, et al. Obesity and COVID-19 severity in a designated hospital in Shenzhen, China[J]. *Diabetes Care*, 2020, 43(7): 1392-1398
- [3] 顾景范. 《中国居民营养与慢性病状况报告(2015)》解读[J]. *营养学报*, 2016, 38(6): 525-529.
GU J F. Interpretation of the report on nutrition and chronic disease status of Chinese residents (2015) [J]. *Acta Nutrimenta Sinica*, 2016, 38(6): 525-529.
- [4] 倪国华, 张璟, 郑风田. 中国肥胖流行的现状与趋势[J]. *中国食物与营养*, 2013, 19(10): 70-74.
NI G H, ZHANG J, ZHENG F T. Status and trends of Chinese obesity epidemic[J]. *Food and Nutrition in China*, 2013, 19(10): 70-74.
- [5] QIN X Z, PAN J. The medical cost attributable to obesity and overweight in China: Estimation based on longitudinal surveys[J]. *Health Economics*, 2016, 25(10): 1291-1311.
- [6] 孙斌栋, 尹春. 建成环境对居民健康的影响——来自拆迁安置房居民的证据[J]. *城市与区域规划研究*, 2018, 10(4): 48-58.
SUN B D, YIN C. Impacts of built environment on residents' health: Evidence from residents living in relocation housing[J]. *Journal of Urban and Regional Planning*, 2018, 10(4): 48-58.
- [7] 王文文, 甄峰, 姜玉培, 等. 建成环境及个体特征对大城市居民超重肥胖的影响研究——以南京为例[J]. *现代城市研究*, 2020, 35(4): 18-26.
WANG W W, ZHEN F, JIANG Y P, et al. Influence of built environment and individual characteristics on overweight and obesity of urban residents: A case study of Nanjing[J]. *Modern Urban Research*, 2020, 35(4): 18-26.
- [8] 张文佳, 鲁大铭. 影响时空行为的建成环境测度与实证研究综述[J]. *城市发展研究*, 2019, 26(12): 9-16, 26.
ZHANG W J, LU D M. Measuring built environment for spatiotemporal behavior studies: A review[J]. *Urban Studies*, 2019, 26(12): 9-16, 26.
- [9] HANDY S, CLIFTON K. Planning and the built environment: Implications for obesity prevention[M] // KUMANYIKA S, BROWNSON R C. *Handbook of obesity prevention: A resource for health professionals*. Boston, MA: Springer US, 2007: 171-192.
- [10] LEBEL L, KRITTASUDTHACHEEWA C, SALAMANCA A, et al. Lifestyles and consumption in cities and the links with health and well-being: The case of obesity[J]. *Current Opinion in Environmental Sustainability*, 2012, 4(4): 405-413.
- [11] STEVENSON M, THOMPSON J, DE SÁ T H, et al. Land use, transport, and population health: Estimating the health benefits of compact cities[J]. *Lancet*, 2016, 388(10062): 2925-2935.
- [12] 姜玉培, 甄峰, 王文文, 等. 城市建成环境对居民身体活动的影响研究进展与启示[J]. *地理科学进展*, 2019, 38(3): 357-369.
JIANG Y P, ZHEN F, WANG W W, et al. Influence of urban built environment on residents' physical activity: Review and implications[J]. *Progress in Geography*, 2019, 38(3): 357-369.
- [13] 张延吉, 邓伟涛, 赵立珍, 等. 城市建成环境如何影响居民生理健康? ——中介机制与实证检验[J]. *地理研究*, 2020, 39(4): 822-835.
ZHANG Y J, DENG W T, ZHAO L Z, et al. How urban built environment affects residents' physical health? Mediating mechanism and empirical test[J]. *Geographical Research*, 2020, 39(4): 822-835.
- [14] BURGOINE T, ALVANIDES S, LAKE A A. Assessing the obesogenic environment of North East England[J]. *Health & Place*, 2011, 17(3): 738-747.
- [15] LOPEZ R P. Neighborhood risk factors for obesity[J]. *Obesity*, 2007, 15(8): 2111-2119.
- [16] BROWN B B, YAMADA I, SMITH K R, et al. Mixed land use and walkability: Variations in land use measures and relationships with BMI, overweight, and obesity[J]. *Health & Place*, 2009, 15(4): 1130-1141.
- [17] SUN B D, YAN H, ZHANG T L. Built environmental impacts on individual mode choice and BMI: Evidence from China[J]. *Journal of Transport Geography*, 2017, 63: 11-21.
- [18] 张延吉, 秦波, 唐杰. 基于倾向值匹配法的城市建成环境对居民生理健康的影响[J]. *地理学报*, 2018, 73(2): 333-345.
ZHANG Y J, QIN B, TANG J. The impact of urban built environment on residential physical health: Based on propensity score matching[J]. *Acta Geographica Sinica*, 2018, 73(2): 333-345.
- [19] CHRISTIAN H, GILES-CORTI B, KNUIMAN M, et al. The influence of the built environment, social envi-

- ronment and health behaviors on body mass index. Results from RESIDE[J]. Preventive Medicine, 2011, 53(1/2): 57-60.
- [20] BROWN B B, SMITH K R, HANSON H, et al. Neighborhood design for walking and biking physical activity and body mass index[J]. American Journal of Preventive Medicine, 2013, 44(3): 231-238.
- [21] SARKAR C, WEBSTER C. Healthy cities of tomorrow: The case for large scale built environment-health studies[J]. Journal of Urban Health, 2017, 94(1): 4-19.
- [22] 杨克虎. 系统评价指导手册[M]. 北京: 人民卫生出版社, 2010.
- [23] 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.
- [24] XU F, LI J Q, LIANG Y Q, et al. Residential density and adolescent overweight in a rapidly urbanising region of mainland China[J]. Journal of Epidemiology & Community Health, 2010, 64(11): 1017-1021.
- [25] 孙斌栋, 阎宏, 张婷麟. 社区建成环境对健康的影响——基于居民个体超重的实证研究[J]. 地理学报, 2016, 71(10): 1721-1730.
- SUN B D, YAN H, ZHANG T L. Impact of community built environment on residents' health: A case study on individual overweight[J]. Acta Geographica Sinica, 2016, 71(10): 1721-1730.
- [26] SANTANA P, SANTOS R, NOGUEIRA H. The link between local environment and obesity: A multilevel analysis in the Lisbon Metropolitan Area, Portugal[J]. Social Science & Medicine, 2009, 68(4): 601-609.
- [27] VELÁSQUEZ-MELÉNDEZ G, MENDES L L, PROENCA PADEZ C M. Built environment and social environment: Associations with overweight and obesity in a sample of Brazilian adults[J]. Cadernos De Saúde Pública, 2013, 29(10): 1988-1996.
- [28] LEWIS S. Neighborhood density and travel mode: New survey findings for high densities[J]. International Journal of Sustainable Development & World Ecology, 2018, 25(2): 152-165.
- [29] ZHAO Z X, KAESTNER R. Effects of urban sprawl on obesity[J]. Journal of Health Economics, 2010, 29(6): 779-787.
- [30] MCDONALD K N, OAKES J M, FORSYTH A. Effect of street connectivity and density on adult BMI: Results from the twin cities walking study[J]. Journal of Epidemiology and Community Health, 2012, 66(7): 636-640.
- [31] FRANK L D, IROZ-ELARDO N, MACLEOD K E, et al. Pathways from built environment to health: A conceptual framework linking behavior and exposure-based impacts[J]. Journal of Transport & Health, 2019, 12: 319-335.
- [32] SUN B D, YIN C, YAO X J. Densification and health in China: A U-shaped association between population density and obesity[J]. Transactions in Planning and Urban Research, 2022, 1(1/2): 135-151.
- [33] BODEA T D, GARROW L A, MEYER M D, et al. Socio-demographic and built environment influences on the odds of being overweight or obese: The atlanta experience[J]. Transportation Research Part A: Policy and Practice, 2009, 43(4): 430-444.
- [34] RABE-HESKETH S, SKRONDAL A. Multilevel and longitudinal modeling using Stata[M]. College Station, TX: STATA Press, 2008.
- [35] PRIMO D M, JACOBSMEIER M L, MILYO J. Estimating the impact of state policies and institutions with mixed-level data[J]. State Politics & Policy Quarterly, 2007, 7(4): 446-459.
- [36] HEISIG J P, SCHAEFFER M, GIESECKE J. The costs of simplicity: Why multilevel models may benefit from accounting for cross-cluster differences in the effects of controls[J]. American Sociological Review, 2017, 82(4): 796-827.
- [37] GUETTABI M, MUNASIB A. Is there a tradeoff between remote living and healthy living? The impact of remoteness on body weight[J]. Review of Regional Studies, 2018, 48(2): 173-192.
- [38] LARAIA B A, DOWNING J M, ZHANG Y T, et al. Food environment and weight change: Does residential mobility matter? The diabetes study of Northern California (DISTANCE)[J]. Am J Epidemiol, 2017, 185(9): 743-750.
- [39] PENDOLA R, GEN S. BMI, auto use, and the urban environment in San Francisco[J]. Health & Place, 2007, 13(2): 551-556.
- [40] BUSZKIEWICZ J H, BOBB J F, KAPOF F, et al. Differential associations of the built environment on weight gain by sex and race/ethnicity but not age[J]. International Journal of Obesity, 2021, 45(12): 2648-2656.
- [41] BUSZKIEWICZ J H, BOBB J F, HURVITZ P M, et al. Does the built environment have independent obesogenic power? Urban form and trajectories of weight gain[J]. International Journal of Obesity, 2021, 45

- (9): 1914-1924.
- [42] BUSZKIEWICZ J H, ROSE C M, KO L K, et al. Associations between neighborhood built environment, residential property values, and adult BMI change: The seattle obesity study III [J]. *SSM-Population Health*, 2022, 19: 101158.
 - [43] RUNDLE A, ROUX A V D, FREEMAN L M, et al. The urban built environment and obesity in New York City: A multilevel analysis [J]. *American Journal of Health Promotion*, 2007, 21(4): 326-334.
 - [44] SMITH K R, BROWN B B, YAMADA I, et al. Walkability and body mass index [J]. *American Journal of Preventive Medicine*, 2008, 35(3): 237-244.
 - [45] FORSYTH A, OAKES J M. Cycling, the built environment, and health: Results of a midwestern study [J]. *International Journal of Sustainable Transportation*, 2015, 9(1): 49-58.
 - [46] HOBBS M, GRIFFITHS C, GREEN M A, et al. Examining longitudinal associations between the recreational physical activity environment, change in body mass index, and obesity by age in 8864 Yorkshire Health Study participants [J]. *Social Science & Medicine*, 2019, 227: 76-83.
 - [47] GIM T H T. A meta-analysis of the relationship between density and travel behavior [J]. *Transportation*, 2012, 39(3): 491-519.
 - [48] NAYHA S, LANKILA T, RAUTIO A, et al. Body mass index and overweight in relation to residence distance and population density: Experience from the Northern Finland birth cohort 1966 [J]. *BMC Public Health*, 2013, 13: 938.
 - [49] SARKAR C, WEBSTER C, GALLACHER J. Association between adiposity outcomes and residential density: A full-data, cross-sectional analysis of 419 562 UK Biobank adult participants [J]. *Lancet Planetary Health*, 2017, 1(7): e277-e288.
 - [50] GARDEN F L, JALALUDIN B B. Impact of urban sprawl on overweight, obesity, and physical activity in Sydney, Australia [J]. *Journal of Urban Health*, 2009, 86(1): 19-30.
 - [51] CARROLL S J, DALE M J, TAYLOR A W, et al. Contributions of multiple built environment features to 10-year change in body mass index and waist circumference in a South Australian middle-aged cohort [J]. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 2020, 17(3): 870.
 - [52] COCHRANE T, YU Y, DAVEY R, et al. Associations of built environment and proximity of food outlets with weight status: Analysis from 14 cities in 10 countries [J]. *Preventive Medicine*, 2019, 129: 105874.
 - [53] SALLIS J F, CERIN E, KERR J, et al. Built environment, physical activity, and obesity: Findings from the international physical activity and environment network (IPEN) adult study [J]. *Annual Review of Public Health*, 2020, 41: 119-139.
 - [54] ARANTXA COLCHERO M, BISHAI D. Effect of neighborhood exposures on changes in weight among women in Cebu, Philippines (1983—2002) [J]. *American Journal of Epidemiology*, 2008, 167(5): 615-623.
 - [55] YIN C, YAO X J, SUN B D. Population density and obesity in rural China: Mediation effects of car ownership [J]. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 2022, 105: 103228.
 - [56] KOOHSARI M, KACZYNSKI A, HANIBUCHI T, et al. Physical activity environment and Japanese adults' body mass index [J]. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 2018, 15(4): 596.
 - [57] YIN C, SUN B D. Does compact built environment help to reduce obesity? Influence of population density on waist-hip ratio in Chinese cities [J]. *Int J Environ Res Public Health*, 2020, 17(21): 7746.
 - [58] SUN B D, YAO X J, YIN C. An N-shaped association between population density and abdominal obesity [J]. *Int J Environ Res Public Health*, 2022, 19(15): 9577.
 - [59] YIN C, CAO J, SUN B D. Examining non-linear associations between population density and waist-hip ratio: An application of gradient boosting decision trees [J]. *Cities*, 2020, 107: 102899.
 - [60] DE BOURDEAUDHUIJ I, VAN DYCK D, SALVO D, et al. International study of perceived neighbourhood environmental attributes and Body Mass Index: IPEN Adult study in 12 countries [J]. *International Journal of Behavioral Nutrition and Physical Activity*, 2015, 12: 62.
 - [61] 陈云松. 逻辑、想象和诠释: 工具变量在社会科学因果推断中的应用 [J]. *社会学研究*, 2012, 27(6): 192-216, 245-246.
CHEN Y S. Logic, imagination and interpretation: The application of instrumental variables for causal inference in the social sciences [J]. *Sociological Studies*, 2012, 27(6): 192-216, 245-246.
 - [62] CAO X. How does neighborhood design affect life satisfaction? Evidence from Twin Cities [J]. *Travel Be-*

- haviour and Society, 2016, 5: 68-76.
- [63] FORSYTH A, OAKES J M. Workplace neighborhoods, walking, physical activity, weight status, and perceived health assessing the built environment[J]. Transportation Research Record, 2014, 2452(1): 98-104.
- [64] 张延吉. 城市建成环境对慢性病影响的实证研究进展与启示[J]. 国际城市规划, 2019, 34(1): 82-88.
- ZHANG Y J. The influence of built environment on chronic disease: Review and enlightenment[J]. Urban Planning International, 2019, 34(1): 82-88.
- [65] SUN B D, YIN C. Relationship between multi-scale urban built environments and body mass index: A study of China[J]. Applied Geography, 2018, 94: 230-240.
- [66] ZHAO P X, KWAN M-P, ZHOU S H. The uncertain geographic context problem in the analysis of the relationships between obesity and the built environment in Guangzhou[J]. Int J Environ Res Public Health, 2018, 15(2): 308.
- [67] OLABARRIA M, PEREZ K, SANTAMARINA-RUBIO E, et al. Daily mobility patterns of an urban population and their relationship to overweight and obesity[J]. Transport Policy, 2014, 32: 165-171.
- [68] ROTHMAN K J. BMI-related errors in the measurement of obesity[J]. Int J Obes (Lond), 2008, 32(S3): S56-S59.
- [69] NUTTALL F Q. Body Mass Index: Obesity, BMI, and Health: A Critical Review[J]. Nutr Today, 2015, 50(3): 117-128.
- [70] GALSTER G C. Nonlinear and threshold effects related to neighborhood: Implications for planning and policy[J]. Journal of Planning Literature, 2018, 33(4): 492-508.
- [71] SALLIS J F, OWEN N. Ecological models of health behavior[M]//GLANZ K, RIMER B K, VISWANATH K. Health behavior: Theory, research, and practice. Hoboken, NJ: John Wiley & Sons, 2015: 43-64.

(编辑 亢小玉)