

体力活动在城市建成环境与老年人健康状况之间的中介效应

高亮^{1,2}, 吴志建³, 王厚雷⁴, 李江^{1,2}

(1. 南京体育学院, 江苏南京 210014; 2. 江苏省运动与健康工程协同创新中心, 江苏南京 210014; 3. 南京师范大学体育科学学院, 江苏南京, 210023; 4. 南京邮电大学 体育部, 江苏南京 210023)

【摘要】目的: 老年健康问题逐渐受到各国政府关注, 改善建成环境被视为改善健康的一项战略方案。研究主要探究建成环境诸因素对老年人健康的影响机制, 以期改善建成环境特征, 促进老年人健康状况。方法: 随机抽取南京市32个社区的499名老年人, 采用问卷调查基本信息, 三维加速度计和GPS测量老年人户外活动强度、时间和活动轨迹, 利用GIS提取客观建成环境因素, 使用AMOS 22.0对结构方程模型进行检验。结果: 人口密度和街道连通性对老年人健康产生直接影响, 效应量分别为0.100、0.121; 人口密度、交通站点数和至商业场所距离通过体力活动对老年人健康产生间接影响, 效应量分别为0.041、0.067、0.086。研究还发现体力活动的中介作用在老年人健康状况与建成环境诸因素之间存在性别差异。结论: 建成环境诸因素中人口密度、街道连通性、交通站点数和至商业场所距离对老年人健康产生正向促进作用; 建成环境诸因素对老年人健康的影响程度为: 人口密度>街道连通性>至商业场所距离>交通站点数; 建成环境诸因素对老年人健康状况的影响存在性别差异。

【关键词】建成环境; 体力活动; 老年人健康; 人口老龄化; 健康中国

【中图分类号】G812.48 **【文献标志码】**A **【文章编号】**2096-5656(2022)03-0015-11

DOI: 10.15877/j.cnki.nsic.20220418.002

我国已进入快速人口老龄化阶段, 是世界上老年人口最多的国家^[1]。随着老龄化程度的不断演进, 老年性疾病和健康问题逐渐凸显, 我国卫生保健系统正面临日益艰巨的挑战^[2]。研究表明, 体力活动不足是继吸烟之后威胁老年人健康的第二大因素, 是全球死亡率的主要原因之一^[3]。目前, 我国仅45%的老年人达到世卫组织推荐的每周150 min中高强度体力活动标准, 这一比例在城市中甚至更低^[4]。体力活动不足成为老年人罹患慢性病的一个重要原因, 促进体力活动已成为当今世界范围内的一项公共健康优先事项, 对预防非传染性疾病具有重大意义^[5]。近年来西方发达国家纷纷通过改造城市建成环境的干预措施提高城市老年人口的体力活动量, 我国国务院办公厅也于2020年9月30日印发《关于加强全民健身场地设施建设发展群众体育的意见》(国办发〔2020〕36号)。

社会生态学理论认为人的健康行为受到个体、人际关系、实体环境和政策等因素的影响^[6]。西方

发达国家的研究表明, 建成环境对体力活动产生积极影响, 可显著降低患疾病风险, 包括全因死亡率、心血管疾病和糖尿病^[7]。一项多国研究发现, 地理信息系统(GIS)测量的居住密度和公园数量与城市中成年人中高强度体力活动量呈正相关, 可间接促进健康状况^[8]。研究发现, 城市的蔓延和缺乏街道连接性, 可能与城市人群中的超重或肥胖相关; 生活在联系更紧密、土地混合利用率更高社区的人参与户外活动更为活跃; 活跃参与户外活动的老年人功能受损程度较轻, 健康状态较好^[9-11]。迄今为止, 在我国利用GIS进行的相关研究寥寥无几, 尤其是探究建成环境如何影响老年人体力活动和健康的研

收稿日期: 2022-04-05

基金项目: 国家社会科学基金一般项目(18BTY098); “江苏社科英才”计划项目资助。

作者简介: 高亮(1976—), 男, 安徽六安人, 博士, 教授, 博士生导师, 研究方向: 武术与民族传统体育, 体育锻炼与健康。

通信作者: 李江(1963—), 女, 江苏镇江人, 硕士, 教授, 研究方向: 体育法、体育伦理。

究尚未展开。而就公共健康的角度而言,了解建成环境诸因素如何鼓励体力活动、促进健康状况,对制定城市规划和公共卫生决策以改善老年人健康至关重要。鉴于此,本研究利用GPS和Actigraph GT3+三维加速度计测量老年人户外体力活动量,利用GIS软件提取城市建成环境信息,先探索城市建成环境诸因素、体力活动和老年人健康的关系,进而探究三者关系之间的性别差异,为我国新时代健康城市规划、社区改造提供依据。

1 研究设计

1.1 样本选取

就经济发展而言南京位居国内前列,就城市化进程而言在全国也具有示范作用。在老龄化进程中,南京市60岁以上老年人口比例已经超过20%,其中,65岁以上人口超过90万人,占667万南京市户籍人口的14%,与北京、杭州、武汉、广州等城市的老龄化程度接近。因此,选择南京为调研城市,其结果对经济发展、老龄化程度相近的城市建成环境建设和改造具有重要意义^[12]。研究采用分层随机抽样的方法抽取南京市32个社区,并通过各社区居委会分别招募调查对象30人,共960人,调查对象年龄 ≥ 69 岁,居住时间 ≥ 6 个月。

1.2 调查样本

拟选取960份研究样本,能有效代表南京市老年人整体情况。最终有效研究样本共499份,其中,男性212名、女性287名。

1.3 理论模型

社会生态学理论表明健康受到建成环境的影响,国外学者表明创造支持性环境会对老年人健康产生积极影响,但并未解释影响健康的路径及体力活动的中介效应^[13]。因此,本研究以体力活动为中介变量,以老年人健康状况作为被解释变量,建成环境诸因素为解释变量。将老年人健康影响因素归纳为一个理论模型(图1)。

假设1:部分建成环境因素对老年人健康产生正向影响;

假设2:部分建成环境因素对老年人体力活动产生正向影响;

假设3:(部分建成环境 \rightarrow 体力活动 \rightarrow 健康):体力活动在部分建成环境因素与老年人健康之间存在

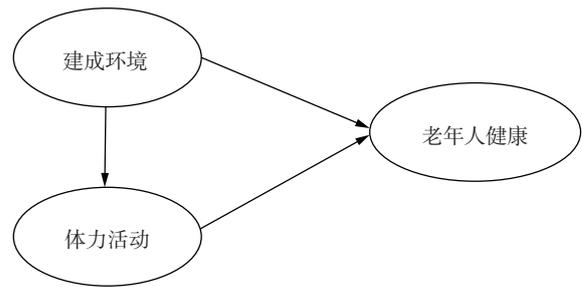


图1 老年人健康影响的理论模型

Fig.1 Theoretical model of health effects in the elderly

中介作用。

1.4 研究工具

1.4.1 老年人健康状况

为弥补以往相关研究的不足(如孙斌栋等^[14]、陆杰华等^[15]分别采用BMI和自评健康来评价健康状况),本研究采用主观自评健康和客观患慢性病个数与BMI相结合的方式评价老年人健康状况。

Bird等^[16-17]研究表明自评健康虽然是被访者主观的健康等级评价,但它与医生“客观的”健康评估有较大的一致性。首先,自评健康量表为:您对自己身体自我评价是多少分?“1分”表示“非常不健康”,“2分”表示“比较不健康”,“3分”表示“一般”;“4分”表示“比较健康”,“5分”表示“非常健康”。其次,调查老年人是否患慢性病及患慢性病(高血压、糖尿病、高血脂)的个数,对无慢性病赋值为“3”,患1种慢性病赋值为“2”,患2种慢性病赋值为“1”,患3种慢性病赋值为“0”。最后,测量身高体重并计算BMI值^[18]。

1.4.2 客观建成环境

采用GIS方法收集相关建成环境指标。将南京市全要素数字地图(来自于南京市测绘勘察研究院)导入ArcGIS 10.2,作为抽取客观建成环境数据的基础,其中,包括公交站点数量及位置、零售商店位置及数量、娱乐场所数量及位置、服务场所数量及位置、公园数量及位置等。通过GPS定位老年人停留位置,计算该位置离家距离,计算发现离家半径为500 m的范围内老年人停留次数占比总数的60.13%,间接表明离家500 m的半径区域是老年人户外活动的核心区域,因此,本研究将提取离家500 m区域范围内的建成环境^[18]。

共提取9个建成环境指标,包含人口密度、建筑密度、交通站点数、至交通站点距离、至健身场所距离、至商业场所距离、街道连通性、人均道路总长度

和土地混合利用率^[19]。

1.4.3 户外体力活动

研究对象连续4 d(2个工作日和2个休息日)佩戴 Actigraph GT3X+三维加速度计测量体力活动水平,要求每天有效佩戴时间为8 h以上。本研究选择现有老年人体力活动研究中使用较多、较为合理的数值对参数赋值,以保证研究结果与同类研究具有一定的可比性,具体参数详见表1。老年人在佩戴加速度计的同时还要佩戴GPS测试仪,以测量老年人户外活动时间,GPS测试仪采样频率为30 s,具体信息包括经纬度坐标、时间等。每天的户外时间按样本老年人从离开到返回家中的时间间隔来计算。在交通工具上的时间根据GPS速度进行剔除。在得出有效的户外时间段后,利用加速度计中的time filter计算对应户外时间段内的体力活动,即户外体力活动量^[19]。

表1 ActiGraph GT3X+体力活动测量参数设置^[20]

Tab.1 Parameter Settings of ActiGraph GT3X + Physical activity measurement^[20]

序号	参数内容	参数设置
1	测试仪器	ActiGraph GT3X+
2	采样间隔	10 s
3	未佩戴时间定义	Choi算法
4	每天佩戴有效时间	≥ 480 min
5	纳入有效统计分析天数	至少3 d(2个工作日+1个周末日)
	体力活动强度界值	Freedson Adult(1 998)
6	轻体力活动	100 ≤ counts ≤ 1 951
	中高强度体力活动(MVPA)	1 952 ≤ counts

1.4.4 控制变量

本研究的控制变量包括年龄、月平均收入、教育程度、居住方式。采用问卷调查法获得样本老年人的社会人口信息。

1.5 研究方法

中介效应模型反映的是中介变量与潜变量之间的关系。老年人健康、客观建成环境和户外体力活动分别通过测量变量所得,构成3个测量模型(图2)。通过路径分析的策略探讨潜在变量间的中介效应关系。方程式^[21]为:

$$M = aX + e_1 \quad (1)$$

$$Y = cX + bM + e_2 \quad (2)$$

方程(1)的系数a为自变量客观建成对中介变

量户外体力活动的效应;方程(2)的系数b是在控制了自变量客观建成环境的影响后,中介变量户外体力活动对因变量老年人健康的效应;系数c是在控制中介变量户外体力活动的影响后,客观建成环境诸因素对老年人健康的直接效应; e_1 、 e_2 为回归残差。本文使用SPSS 24.0做描述统计,再通过AMOS 22.0软件计算各变量间的关系,同时验证提出的理论模型。老年人健康状况外显指标为健康自评(JK1)、患慢性病个数(JK2)和BMI指数(JK3);客观建成环境采用GIS测量,提取9个指标,分别为人口密度(MD1)、建筑密度(MD2)、交通站点数(KDX1)、至交通站点距离(KDX2)、至健身场所距离(KDX3)、至商业场所距离(KDX4)、街道连通性(SJDYX1)、人均道路总长度(SJDYX2)和土地混合利用率(SJDYX3);中介变量为户外体力活动,TLHD 1~3分别表示户外活动量、活动时间和户外MVPA^[19]。

2 结果

2.1 变量描述

表2所示为变量描述性分析结果。其中,因变量、中介变量、自变量和控制变量各指标占比如表2所示。

采用结构方程模型检验客观建成环境诸因素对老年人健康状况的影响机制,老年人健康状况作为潜变量不能直接观测,需要借助外显测量指标来估计。检验结果:RMSEA=0.048, GFI=0.971, AGFI=0.937, CFI=0.987,表明模型拟合度达标,模型可以接受,假设被证实。

结果发现,建成环境诸因素中人口密度($\beta=0.100$)、街道连通性($\beta=0.121$)能正向预测老年人健康状况($p < 0.05$),表明假设1成立。建成环境诸因素中人口密度($\beta=0.097$)、交通站点数($\beta=0.158$)、至商业场所距离($\beta=0.202$)对老年人户外体力活动产生正向影响,表明假设2成立。研究证实体力活动对老年人健康状况产生积极效应($\beta=0.427$)。经检验发现体力活动在人口密度、交通站点数、至商业场所距离与老年人健康之间起到中介作用,表明假设3成立。

结果显示,体力活动在人口密度与老年人健康状况之间起到部分中介作用,人口密度→老年人健

表2 变量描述性分析
Tab.2 Descriptive analysis of variables

变量	总体 (均值 & 占比 / %)	男性 (均值 & 占比 / %)	女性 (均值 & 占比 / %)
样本量	499	212	287
自评健康	3.27 ± 0.67	3.25 ± 0.67	3.29 ± 0.67
BMI	24.46 ± 3.07	24.42 ± 2.99	24.5 ± 3.14
患慢性病数量	0.89 ± 0.84	0.93 ± 0.85	0.85 ± 0.83
MVPA/个/km ²	27.74 ± 25.57	32 ± 28.25	24.6 ± 22.94
总Count值	243 853.1 ± 147 993	259 683.34 ± 158 176.6	232 159.7 ± 138 752.7
活动时间/min	272.3 ± 168.5	286 ± 185	262 ± 154.8
人口密度/人/km ²	31 264 ± 20 514	32 594.84 ± 20 857.92	30 281.33 ± 20 238.2
建筑密度/%	0.3 ± 0.1	0.3 ± 0.09	0.3 ± 0.1
街道连通性/个/km ²	15.38 ± 5.11	15.56 ± 5.21	15.25 ± 5.05
人均道路长度/m	0.28 ± 0.31	0.31 ± 0.34	0.27 ± 0.29
土地混合使用度/个	13 ± 2	13.16 ± 2	12.9 ± 1.98
交通站点数/个	5.3 ± 2.02	5.28 ± 1.84	5.31 ± 2.15
至交通站点距离/m	268.34 ± 128.88	258.13 ± 128.98	275.9 ± 128.5
至健身场所距离/m	254.8 ± 154.69	235.95 ± 146.96	268.74 ± 158.98
至商业场所距离/m	500.24 ± 295.14	498.09 ± 303.95	501.84 ± 288.99
年龄/岁			
60~65	33.5	24.5	40.1
66~70	31.3	38.7	25.8
71~75	21.4	21.7	21.3
76~80	13.8	15.1	12.9
月收入/元			
500以下	4.6	4.2	4.9
501~1 000	9.6	6.6	11.8
1 001~2 000	12.2	7.5	15.7
2 001~4 000	58.5	58.5	58.5
4 000以上	15	23.1	9.1
教育程度			
小学及以下	20.8	11.8	27.5
初中	33.3	33	33.4
高中(含中专)	32.3	32.1	32.4
大学及以上	13.6	23.1	6.6
居住方式			
与子女同住	37.9	35.4	39.7
独居	62.1	64.6	60.3

康总效应为直接效应(人口密度→老年人健康)和间接效应(人口密度→体力活动→老年人健康)之和,总效应为0.141。体力活动在交通站点数和至商业场所距离与老年人健康之间均起到完全中介作用,说明交通站点数和至商业场所距离不能直接影响老年人健康状况,其中介效应分别为0.067、0.086。总体而言,建成环境诸因素中人口密度、街道连通性对老年人健康产生直接影响;人口密度、交通站点数和至商业场所距离通过体力活动对老年人健康产生间接影响。建成环境诸因素对老年人健康的影响程度

大小排序为:人口密度>街道连通性>至商业场所距离>交通站点数。

体力活动在建成环境与老年人健康之间存在中介作用,进而探究不同体力活动量(轻体力活动和高体力活动)在其中是否发挥中介作用。如图3所示,轻体力活动在建成环境与健康之间存在中介作用,效应量为 $0.57 \times 0.09 = 0.05$ 。中高体力活动也在其中起到明显的中介作用,效应量为 $0.63 \times 0.21 = 0.13$ 。结果显示,与轻体力活动相比,中高体力活动在其中发挥的中介效应更大。

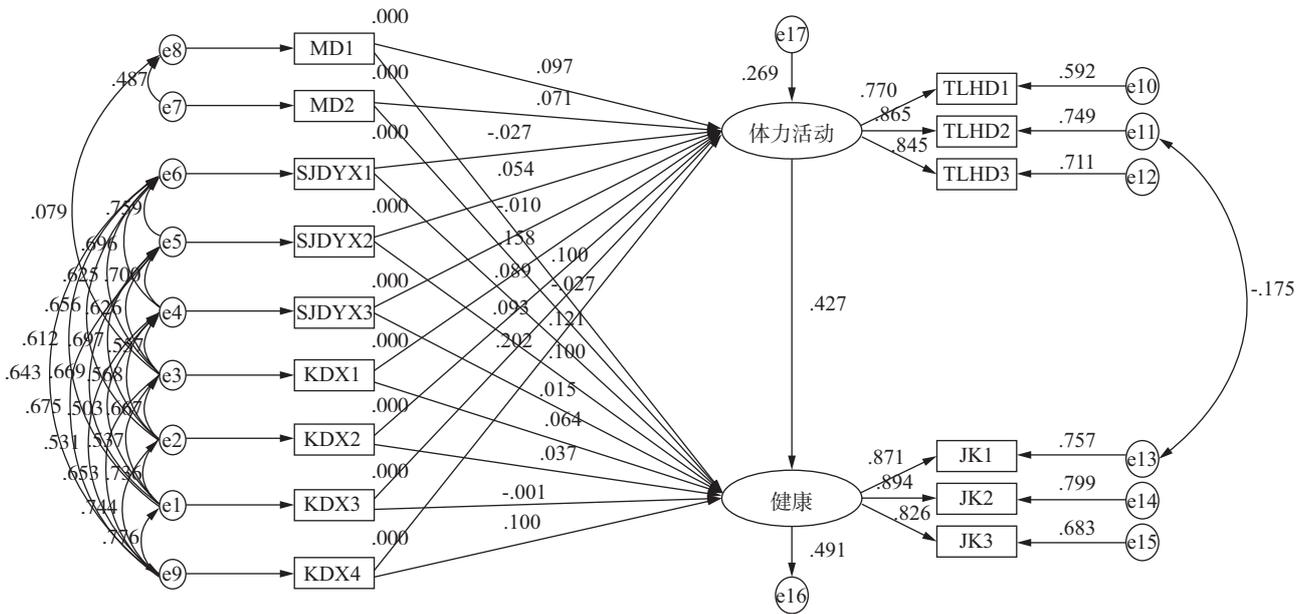


图2 客观建成环境与老年人健康的中介模型图(标准化)

Fig.2 Mediating model diagram of objective built environment and health of the elderly (standardized)

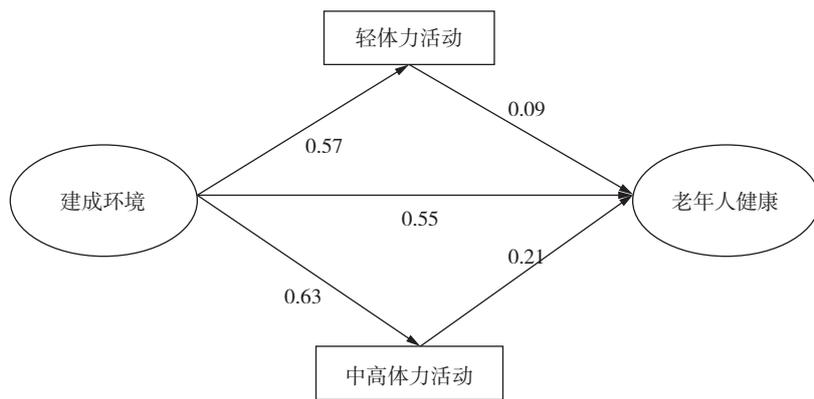


图3 不同体力活动量的中介效应

Fig.3 Mediating effects of different levels of physical activity

2.3 中介效应的性别差异分析

使用AMOS 22.0对不同性别样本进行中介效应模型验证,模型拟合度为:RMSEA=0.052, GFI=0.869, AGFI=0.839, CFI=0.935,表明模型拟

合合理,可接受。由图4可知,建成环境诸因素中仅建筑密度对老年男性的健康产生直接影响。由图5、表3可知,建成环境诸因素中建筑密度、人均道路总长度和至商业场所距离不仅对老年女性的健康产

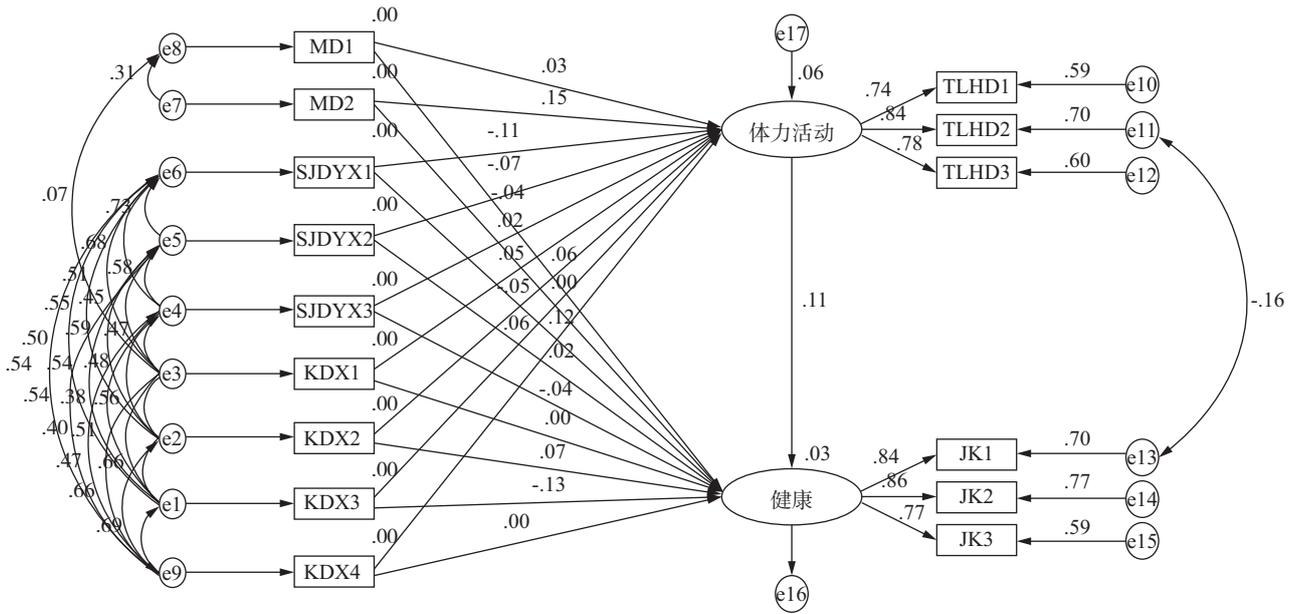


图4 中介效应模型(男性)
Fig.4 Mediating effect model (male)

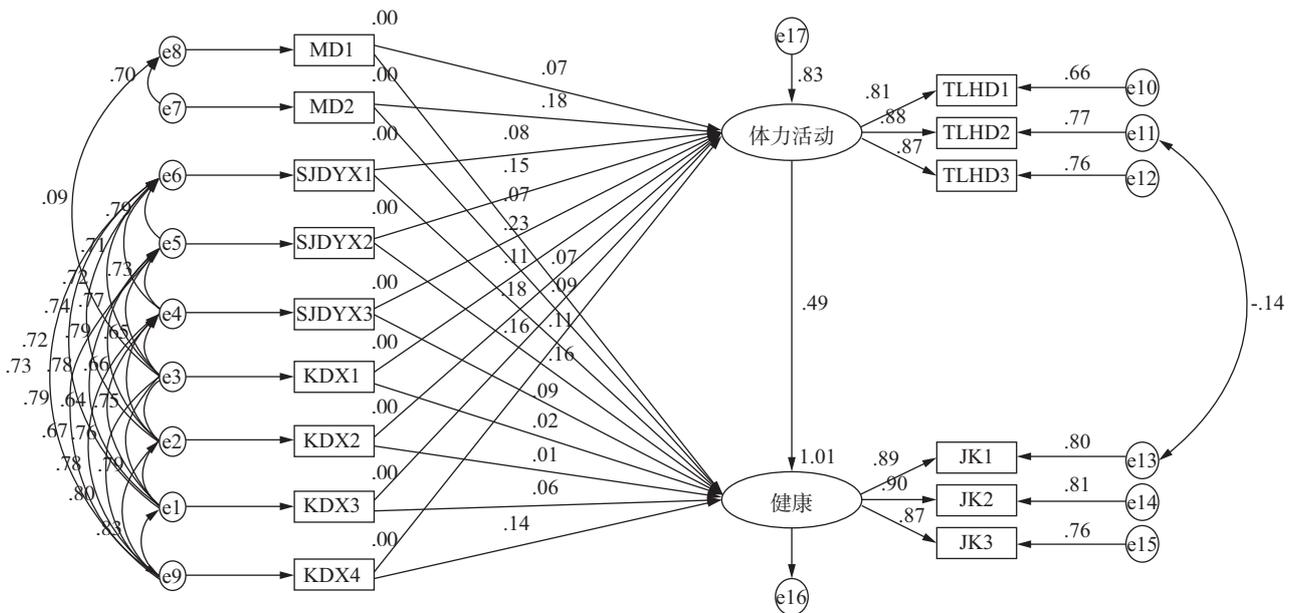


图5 中介效应模型(女性)
Fig.5 Mediating effect model (female)

表3 影响女性老年人健康状况路径系数一览表
Tab.3 List of path coefficients affecting health status of elderly women

建成环境诸因素的健康影响路径		非标准参数	S.E.	标准参数	C.R.	P
体力活动	<--- 人口密度	0.058	0.045	0.068	1.275	0.202
体力活动	<--- 建筑密度	0.144	0.042	0.181	3.407	0.000
体力活动	<--- 街道连通性	0.063	0.053	0.08	1.19	0.234
体力活动	<--- 人均道路长度	0.123	0.064	0.151	1.931	0.044
体力活动	<--- 土地混合利用率	0.052	0.046	0.066	1.137	0.255
体力活动	<--- 交通站点数	0.184	0.054	0.235	3.423	0.000

续表 3

建成环境诸因素的健康影响路径			非标准参数	S.E.	标准参数	C.R.	P
体力活动	<---	至交通站距离	0.084	0.057	0.108	1.474	0.141
体力活动	<---	至健身场所距离	0.141	0.057	0.182	2.464	0.014
体力活动	<---	至商业场所距离	0.128	0.062	0.165	2.086	0.037
健康	<---	人口密度	0.061	0.03	0.066	2.007	0.045
健康	<---	建筑密度	0.075	0.03	0.087	2.456	0.014
健康	<---	街道连通性	0.093	0.035	0.11	2.635	0.008
健康	<---	人均道路长度	0.141	0.043	0.16	3.243	0.001
健康	<---	土地混合利用率	0.074	0.03	0.087	2.43	0.015
健康	<---	交通站点数	0.02	0.039	0.023	0.513	0.608
健康	<---	至交通站距离	0.007	0.038	0.008	0.17	0.865
健康	<---	至健身场所距离	0.048	0.04	0.058	1.222	0.222
健康	<---	至商业场所距离	0.119	0.042	0.142	2.834	0.005
健康	<---	体力活动	0.529	0.093	0.49	5.708	0.000

生直接影响,还通过体力活动对老年女性的健康产生间接影响,效应量分别为0.176、0.234、0.223;交通站点数、至健身场所距离通过体力活动也对老年女性的健康产生间接影响,间接效应分别为0.115、0.089。建成环境诸因素对老年女性的健康影响程度大小排序为:人均道路总长度>至商业场所距离>建筑密度>交通站点数>至健身场所距离。

3 讨论

城市建成环境与老年人健康问题一直受到国内外学者的关注,寻求一条有效应对我国人口老龄化的道路,实现健康老龄化,不仅是学界关注的重点问题,还是国家关注的民生问题。建设支持性环境有利于老年人进行体力活动,毋庸置疑,体力活动水平与老年人健康状况相关^[22]。有研究探究建成环境与老人心理健康、身体健康的关系,然而,鲜有研究深入揭示哪些建成环境影响老年人健康状况,以及体力活动在其中扮演的角色,进而分析性别是否影响建成环境与健康的关系。

3.1 建成环境对老年人健康的作用机制

研究结果显示:人口密度、街道连通性对老年人健康状况产生直接效应,效应量分别为0.100、0.121。与国外研究结果一致,美国学者探究城市环

境与老年人健康的关系发现,与居住在低步行性的社区老年人相比,高步行性社区能有效降低老年人0.06个BMI指数^[23]。高目的地可达性、人口密度均与BMI指数减少有积极的关系^[24];Beard等^[25]研究认为,街道连通性、街道上的树木、交通站点的可达性与身体残疾呈负相关关系。孙斌栋等^[14]也指出居住在设施可达性较好的社区健康状况较好。有系统综述发现建成环境的改变可改善心理健康、生活质量、社会孤立或包容^[26]。说明客观建成环境是影响老年人健康状况的重要因素,对老年人而言建成环境是一个重要的促进健康的环境^[27]。可能因为随着年龄的增加,老年人生活空间缩小,将花更多的时间待在社区里,以及身体机能和活动能力的下降意味着老年人更容易受到客观环境的挑战和障碍的影响。然而,也有些研究发现改变建成环境对肥胖风险没有影响,改变可步行性与BMI指数之间没有关系^[28]。Powell-Wiley等^[29]研究发现与其他搬家者相比,搬到更贫困社区的成年人体重增加得更多。生活在更贫困地区的时间越长,体重增加越多。可能由于不同国家的生活方式、文化背景、研究区域不同造成研究结果间差异。本研究为了避免老年人主观报告的建成环境偏差,通过GIS测量客观建成环境,其结果更加可靠。社区内人口密度高有利于促

进老年人健康状况,可能是由于老年人更倾向于户外聊天、下棋、散步、广场舞等娱乐活动,高聚集度有利于老年人社交活动。街道连通性较好的社区老年人健康状况更好,这可能是由于较高的街道连通性可为老年人提供更多的路线选择,外出娱乐、购物、就医等行为更加便利,有利于其身心健康^[30]。因此,城市规划者在规划时应优先考虑社区的人口密度和街道连通性,有利于老年人健康状况。对老旧小区改造时可通过人则法则,改善老旧社区的街道连通性,降低老年人外出限制,有助于其身心健康的提高。

3.2 体力活动的中介作用

研究结果发现,体力活动在客观建成环境与老年人健康状况之间起到明显的中介作用。体力活动在人口密度与老年人健康之间起部分中介作用,效应量为 $0.097 \times 0.427 = 0.041$,占总效应的29.4%。这表明人口密度通过体力活动在老年人健康水平上发挥积极的导向作用,社区人口密度导向在一定程度上促进户外体力活动的投入进而转化为健康回报。这说明增加社区人口密度可有效增加老年人户外体力活动量,间接降低老年人患病风险。LI等^[31]发现,客观的居住密度、街道交叉口数和社区步行之间存在着积极的联系,人口密度与交通性体力活动之间具有显著的相关性。Meta分析指出,居住密度提高,老年人休闲性体力活动水平将提高16%(OR=1.16, 95%CI: 1.01~1.32),进而促进老年人健康水平^[32]。研究也发现较低的人口密度与较低的社会支持和互动水平有关,会降低老年人外出的几率,导致其体力活动量减少,患抑郁和焦虑风险上升,威胁其健康水平^[33]。人口密度与老年人社交活动之间有积极的正相关关系,进而降低压力和焦虑,促进老年人心理健康水平。“保持活动”的观点强调了体力活动与健康之间的联系,除了对老年人身体健康的正向影响外,还会对老年人心理健康(如抑郁症)产生有益的影响,因此需要设计更适合老年人步行的社区环境。由于城市社区人口密度的物理和社会方面都会影响老年人身心健康,为了预防和减少消极影响和提高有益影响,应提高社区人口密度,促进老年人户外体力活动量,提高健康回报。研究还发现,体力活动在交通站点数和至商业场所距离与老年人健康之间均起到完全中介作用,其中介效应分别为0.067、

0.086。说明增加缓冲区内交通站点数量,延长到商业场所的距离,能使老年人体力活动量增加,间接对老年人健康水平产生积极影响。公共交通站点较多的社区老年人出行便利,出行概率增加,体力活动量提高。香港的LU等^[34]研究表明,方便使用公共交通工具(巴士及港铁)可增加65岁以上老人步行的机会。在中山市区的研究也发现公交站点的数量与60岁以上老年人更多的步行出行有关^[35]。由于步行是老年人主要出行方式,缓冲区延长到商业设施的距离,可增加老年人往返于商业场所的时间,促进体力活动量的增加。说明商店和商业服务、公共交通站点对促进老年人的体力活动很重要,体力活动的提高对延缓老年人衰老、推迟慢性病的发病率有积极作用,可有效提高老年人健康水平。由于个体行为改变会受到周围环境影响,以环境为基础的体力活动干预措施往往覆盖面广,可能影响到大群体或整个群体的行为选择,所以建成环境在健康促进方面将扮演极为重要的角色。因此,为了促进城市老年人健康水平,鼓励其户外活动,应在缓冲区内增加公共交通站点数,适当延长到商业场所的距离。

3.3 中介模型的性别差异

研究发现,缓冲区内人口密度、建筑密度、街道连通性、人均道路总长度、土地混合利用率、至商业场所距离对老年女性健康状况产生直接影响,而老年男性健康状况仅受建筑密度的直接影响。性别差异在客观建成环境影响老年人健康状况中发挥作用,可能是随着年龄的增长老年女性的移动能力衰退较快,活动空间受到了更大约束,活动范围较小,对社区公共资源环境的依赖性越来越高,对微观环境的感知越来越敏感,这使得人口密度、建筑密度、街道连通性、人均道路总长度、土地混合利用率、至商业场所距离对老年女性健康产生积极影响。而老年男性的出行方式具有很大的弹性,活动空间并不局限于社区周围,活动空间相对较大,仅有人口密度对老年男性健康产生积极影响。也可能是由于老年人活动偏好因性别而异所造成的差异。户外体力活动在老年男性的健康状况与建成环境间无中介作用,在老年女性中存在中介效应。建筑密度、人均道路总长度、至商业场所距离通过促进老年女性体力活动对健康产生积极影响,起到部分中介效应,效应量分别为0.089、0.074、0.081。户外体力活动在交通

站点数、至健身场所距离与老年女性的健康之间起到完全中介作用,间接效应分别为0.115、0.089。说明建筑密度、人均道路总长度、至商业场所距离、交通站点数和至健身场所距离均能促进老年女性的户外体力活动量,这些发现对健康城市的建成环境设计具有启示意义。研究发现,搬到付费娱乐设施密度较高社区的女性,体力活动减少,而搬到居住密度较高地区的女性,更有可能增加步行^[36]。一项对宾夕法尼亚州匹兹堡地区女性的研究中发现,客观地评估她们到企业和设施距离(如步行到设施的距离)与计步器步数之间存在显著的正相关关系^[37]。美国一项研究表示生活在高交通站点密度、更多的活动场所社区老年人,能改善其心肺健康。研究表明,客观建成环境对老年女性影响较大,可能由于女性承担着更多的、更复杂的养育子女等其他家庭责任,更多地依靠邻里提供资源,接触社区环境更多,更容易影响其健康行为。与男性相比,女性的社会联系可能受到更多的限制,外出机会更少,导致其大部分时间局限在缓冲区内活动。客观建成环境特征影响健康行为的机制可能是通过影响个体对社区环境的感知,若感知建成环境条件更有利于步行,那么这种感知应该部分是客观环境因素对其步行行为的影响。环境心理学家也赞成客观的建成环境因素与个人层面的因素相互作用,共同影响健康行为^[38]。

研究局限:①研究属于横断面设计这是本文局限之一;②研究未考虑感知建成环境与客观建成环境的关系,未来的研究将进一步探索主客观建成环境对老年人健康的影响;③文中所选取的环境指标主要围绕户外体力活动的实体环境,而未考虑社会环境因素的影响。未来的研究应同时考虑社会环境和实体环境对老年人健康的影响,并采用更加客观测量的方法评价健康状况,分析与老年人健康状况相关的潜在因素。

4 结论与展望

4.1 结论

第一,建成环境诸因素中人口密度、街道连通性对老年人健康产生直接影响,人口密度、交通站点数和至商业场所距离通过体力活动对老年人健康产生间接影响;与轻体力活动相比,中高体力活动在建成环境诸因素与健康之间起到的中介作用较大。建

成环境诸因素对老年人健康的影响程度大小排序为:人口密度>街道连通性>至商业场所距离>交通站点数。

第二,建成环境诸因素对老年人健康的影响存在性别差异。建筑密度对老年男性的健康产生直接影响。建成环境诸因素中建筑密度、人均道路总长度和至商业场所距离不仅对老年女性的健康产生直接影响,还通过体力活动对老年女性的健康产生间接影响;交通站点数、至健身场所距离通过体力活动也对老年女性的健康产生间接影响。建成环境诸因素对老年女性的健康影响程度大小排序为:人均道路总长度>至商业场所距离>建筑密度>交通站点数>至健身场所距离。

4.2 展望

第一,街道连通性是老年人健康状况的预测因素,规划时应着重考虑缓冲区内街道连通性,提高居住区附近街道连通性,进而改善老年人健康水平。

第二,交通站点数和至商业场所距离间接影响老年人健康状况,因此,城市规划者应在缓冲区适当增加交通站点数和至商业场所的距离,促进老年人户外体力活动量,进而促进老年人的健康状况。

第三,老年人健康影响因素存在性别差异,因此,应该给弱势群体更多的支持,创建支持性环境,如适当的居住密度、良好街道连通性、健身步道长度、土地混合利用率高和合理的商业场所位置,更有利于促进老年女性的健康水平。

第四,规划部门应根据上述有利建成环境因素合理有效地安排社区规划工作,使环境优化在促进老年人健康的过程中发挥建设性作用,为政府解决老龄化问题提供新思路,也为中国相关养老公共政策的完善提供新的参考。

参考文献:

- [1] 彭希哲,卢敏.老年人口死亡概率时代变迁与老年定义的重新思考[J].人口与经济,2017,11(2):1-10.
- [2] 何柳,石文惠.人口老龄化对中国人群主要慢性非传染性疾病死亡率的影响[J].中华疾病控制杂志,2016,20(2):121-124.
- [3] KOLBE-ALEXANDER T L, PACHECO K, TOMAZ S A, et al. The relationship between the built environment and habitual levels of physical activity in South African older adults: a pilot study[J].BMC Public Health, 2015, 15(1): 518-529.

- [4] HO E C, HAWKLEY L, DALE W, et al. Social capital predicts accelerometry-measured physical activity among older adults in the U.S.: a cross-sectional study in the National Social Life, Health, and Aging Project[J]. BMC Public Health, 2018, 18(1): 804-815.
- [5] 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]. Environ Res, 2018, 166(10): 628-637.
- [6] BRONFENBRENNER U. The Ecology of Human Development: Experiments by Nature and Design[M]. 1979.
- [7] ELLIS G, HUNTER R F, HINO A, et al. Study protocol: healthy urban living and ageing in place (HULAP): an international, mixed methods study examining the associations between physical activity, built and social environments for older adults the UK and Brazil[J]. BMC Public Health, 2018, 18(1): 1135-1144.
- [8] CLELAND C, REIS R S, FERREIRA H A, et al. Built environment correlates of physical activity and sedentary behaviour in older adults: A comparative review between high and low-middle income countries[J]. Health Place, 2019, 57(5): 277-304.
- [9] BARNETT D W, BARNETT A, NATHAN A, et al. Built environmental correlates of older adults' total physical activity and walking: a systematic review and meta-analysis[J]. Int J Behav Nutr Phys Act, 2017, 14(1): 103-115.
- [10] CERIN E, NATHAN A, VAN CAUWENBERG J, et al. The neighbourhood physical environment and active travel in older adults: a systematic review and meta-analysis[J]. Int J Behav Nutr Phys Act, 2017, 14(1): 15-25.
- [11] TUCKETT A G, BANCHOFF A W, WINTER S J, et al. The built environment and older adults: A literature review and an applied approach to engaging older adults in built environment improvements for health[J]. International Journal of Older People Nursing, 2017, 13(6): 11-23.
- [12] 高亮, 王莉华, 麻晨俊. “老龄化”视域下太极拳康养理论与实证研究[M]. 南京: 东南大学出版社, 2021.
- [13] MOEN P, JR G, K LÜSCHER. Examining lives in context: Perspectives on the ecology of human development[J]. American Psychological Association, 1995, MD 20784.
- [14] 孙斌栋, 阎宏, 张婷麟. 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(10): 1721-1730.
- [15] 陆杰华, 李月, 郑冰. 中国大陆老年人社会参与和自评健康相互影响关系的实证分析——基于CLHLS数据的检验[J]. 人口研究, 2017, 41(1): 15-26.
- [16] BIRD C E, FREMONT A M. Gender, time use, and health[J]. J Health Soc Behav, 1991, 32(2): 114-129.
- [17] 李晓智, 高亮. 健身气功干预对老年人血糖、血脂及其自评健康的影响[J]. 西安体育学院学报, 2019, 36(1): 82-87.
- [18] 吴志建, 王竹影, 张帆, 等. 城市建成环境对老年人健康的影响: 以体力活动为中介的模型验证[J]. 中国体育科技, 2019, 55(10): 41-49.
- [19] 吴志建. 基于老年人体力活动和健康促进的城市社区建成环境研究[D]. 南京: 南京师范大学, 2021.
- [20] PETERS T M, MOORE S C, XIANG Y B, et al. Accelerometer-measured physical activity in Chinese adults[J]. Am J Prev Med, 2010, 38(6): 583-591.
- [21] 温忠麟, 叶宝娟. 中介效应分析: 方法和模型发展[J]. 心理科学进展, 2014, 22(5): 731-745.
- [22] 李小云. 人与环境匹配理论及其对乡村老年宜居环境研究的启示[J]. 城市发展研究, 2020, 27(7): 1-6.
- [23] HIRSCH J A, ROUX A V D, MOORE K A, et al. Change in walking and body mass index following residential relocation: the multi-ethnic study of atherosclerosis[J]. American Journal of Public Health, 2014, 104(3): 49-56.
- [24] DREWNOWSKI A, ARTERBURN D, ZANE J, et al. The Moving to Health (M2H) approach to natural experiment research: A paradigm shift for studies on built environment and health[J]. SSM Popul Health, 2019, 28(7): 100345-100355.
- [25] BEARD J R, BLANEY S, CERDA M, et al. Neighborhood characteristics and disability in older adults[J]. J Gerontol B Psychol Sci Soc Sci, 2009, 64(2): 252-257.
- [26] FRIESINGER J G, TOPOR A, BOE T D, et al. Studies regarding supported housing and the built environment for people with mental health problems: A mixed-methods literature review[J]. Health Place, 2019, 57(5): 44-53.
- [27] 谷崎. 有氧运动联合不同抗阻训练对老年T2DM患者血糖及血脂代谢的影响[J]. 西安体育学院学报, 2021, 38(6): 735-740.
- [28] BRAUN L M, RODRIGUEZ D A, SONG Y, et al. Changes in walking, body mass index, and cardiometabolic risk factors following residential relocation: Longitudinal results from the CARDIA study[J]. J Transp Health, 2016, 3(4): 426-439.
- [29] POWELL-WILEY T M, COOPER-MCCANN R, AYERS C, et al. Change in Neighborhood Socioeconomic Status and Weight Gain: Dallas Heart Study[J]. Am J Prev Med, 2015, 49(1): 72-79.
- [30] 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.
- [31] LI F, FISHER K J, BROWNSON R C, et al. Multilevel modelling of built environment characteristics related to neighbourhood walking activity in older adults[J]. J Epidemiol Community Health, 2005, 59(7): 558-564.
- [32] 吴志建, 王竹影, 宋彦李青. 老年人休闲性体力活动建成环境影响因素的meta分析[J]. 上海体育学院学报, 2018(1): 64-71.
- [33] TUCKETT A G, BANCHOFF A W, WINTER S J, et al. The built environment and older adults: A literature review and an applied approach to engaging older adults in built environment improvements for health[J]. Int J Older People Nurs, 2018, 13(1): e12171.

- [34] LU Y, CHEN L, YANG Y, et al. The Association of Built Environment and Physical Activity in Older Adults: Using a Citywide Public Housing Scheme to Reduce Residential Self-Selection Bias[J]. *Int J Environ Res Public Health*, 2018, 15(9): 1973-1984.
- [35] 邱婴芝, 陈宏胜, 李志刚, 等. 基于邻里效应视角的城市居民心理健康影响因素研究——以广州市为例[J]. *地理科学进展*, 2019, 38(2): 283-295.
- [36] PINTER-WOLLMAN N, JELIC A, WELLS N M. The impact of the built environment on health behaviours and disease transmission in social systems[J]. *Philos Trans R Soc Lond B Biol Sci*, 2018, 373(1753): 20170245.
- [37] LEE R E, CUBBIN C, WINKLEBY M. Contribution of neighbourhood socioeconomic status and physical activity resources to physical activity among women[J]. *J Epidemiol Community Health*, 2007, 61(10): 882-890.
- [38] 吕韬, 刘生杰, 张程飞. 美国瑜伽干预和健康促进领域的研究进展[J]. *西安体育学院学报*, 2020, 37(5): 592-598.

作者贡献声明:

高亮: 提出论文选题, 设计研究框架, 修改、指导、撰写论文; 吴志建、王厚雷: 收集资料、处理数据, 参与撰写论文; 李江: 提出修改意见。

The Mediating Effect of Physical Activity on the Relationship between the Built Environment and the Health of the Elderly

GAO Liang^{1,2}, WU Zhijian³, WANG Houlei⁴, LI Jiang^{1,2}

(1. *Nanjing Sport Institute, Nanjing 210014, China*; 2. *Sports and Health Engineering Collaborative Innovation Center of Jiangsu Province, Nanjing 210014, China*; 3. *College of Physical Education, Normal University, Nanjing 210023, China*; 4. *Department of Physical Education, Nanjing University of Posts and Telecommunications, Nanjing, 210023, China*)

Abstract: The health problem of the elderly has gradually attracted the attention of governments all over the world. Improving the built environment is regarded as a strategic plan to improve health, based on which, this study mainly explores the impact mechanism of various factors of built environment on the health of the elderly, in order to improve the built environment and the health status of the elderly. Therefore, 499 elderly people from 32 communities in Nanjing were randomly selected as participants for the questionnaire survey. Three-dimensional accelerometer and GPS were used to measure the outdoor activity intensity, time and activity trajectory of the elderly. The objective environmental factors were extracted by GIS, and the structural equation model was tested by AMOS 22.0. The results suggest that population density and street connectivity had a direct impact on the health of the elderly, and the effect amounts were 0.100 and 0.121 respectively; Population density, the number of traffic stations and the distance to commercial places have an indirect impact on the health of the elderly through physical activity, and the effect amounts are 0.041, 0.067 and 0.086 respectively. The study also found gender differences in the mediating effect of physical activity on the relationship between built environment and the health of the elderly. It is hence concluded that among the factors of community built environment, population density, street connectivity, number of traffic stations and distance to commercial places have a positive effect on the health of the elderly; The influence degree of community built environment factors on the health of the elderly is in the order of population density > street connectivity > distance to commercial places > number of traffic stations; Gender difference also affects the relationship between built environmental factors and the health status of the elderly.

Key word: built environment; physical activity; health of the elderly; population aging; Healthy China