

学术信息与动态

DOI: 10.5846/stxb202103070623

杨文越, 杨如玉, 李晖. 绿地与居民超重肥胖之间关系的 Meta 分析. 生态学报, 2022, 42(10): 4284-4299.

绿地与居民超重肥胖之间关系的 Meta 分析

杨文越, 杨如玉, 李 晖*

华南农业大学林学与风景园林学院, 广州 510642

摘要:已有研究表明, 绿地与周边人群超重和肥胖风险存在潜在关联, 然而其具体效应有待测定。采用 Meta 分析 (meta-analysis) 方法对 69 篇绿地与居民超重肥胖关系的研究结果进行统计分析, 并探究了不同研究设计、绿地指标、样本年龄和不同尺度地理分析单元等亚组的研究结果差异, 发现: ①总体上, 绿地与居民超重或肥胖风险、身体质量指数 (body mass index, BMI) 和腰围呈负相关关系, 但不同研究设计类型 (横截面研究和队列研究) 之间的研究结果具有较大差异。②对于不同的绿地指标, 其与居民超重肥胖的关系也存在一定差异。③相较于儿童和青少年, 绿地与成年人超重肥胖的关联性更显著。④两者之间的关系具有明显的尺度效应。Meta 分析结果显示, 绿地与居民超重肥胖关系在各亚组中存在混杂, 意味着它们的关系可能更加复杂, 这对未来研究起到一定启示作用; 应增加纵向研究以更深入探讨两者之间的因果关系和作用机理; 构建完善的绿地测度指标体系, 考虑多尺度地理分析单元的影响差异; 同时, 不应忽视来自样本多方面混杂因素的影响, 从而使未来相关领域研究得出更明晰的结论, 为城市绿地系统规划及相关政策制定提供科学依据。

关键词:绿地; 超重; 肥胖; 身体质量指数 (BMI); Meta 分析 (Meta-analysis); 亚组分析

近年来, 学界关于超重和肥胖的研究已从关注个人决定因素扩展到关注建成环境因素^[1-4], 并成为地理和规划学科的研究热点。同时, 绿地作为能改善居民久坐行为^[5-6]和增加体力活动机会^[7-9]的建成环境要素, 被广泛地用以研究与人体超重肥胖的关系^[10-11]。在该主题研究中, 学者们通过不同方法和指标测度人在绿地空间的暴露情况, 包括绿地面积或密度^[12-13]、绿地接近度^[14-15]、居住地邻近绿地 (居民住宅附近是否有绿地)^[16-17]、绿地植被覆盖^[18]、街景绿化^[19]和对绿地的感知^[20]等。

然而, 绿地与居民超重肥胖之间的关系仍不明确, 研究间结论差异较大。Jia 等学者针对儿童人群的研究发现, 较高的绿地可达性可促进儿童体力活动、改善体重状况, 但各项研究得出的结论并不完全一致^[21]。Lachowycz 等学者包含 60 项研究的系统性综述发现, 多数研究结果表明绿地和肥胖相关健康指标之间存在正相关或弱相关, 但这种关系在不同社会经济属性的人群和不同的绿地测度方式上存在不一致和混杂^[22]。Luo 等学者研究了不同绿地指标与超重肥胖风险之间的关系, 结果表明, 不同的绿地测度方式可能会对超重肥胖风险产生潜在差异^[23]。因此, 需要对现有研究结论的一致性进行定量评估。

Meta 分析 (meta-analysis) 运用定量方法对多个具有相同研究目的且独立的研究结果进行合并分析与概括, 进而得出单一结论。多样化的样本和方法使得 Meta 分析的结论在统计学上比任何单一研究结果更有力^[24-26]。并且, 通过对具有相似特征 (如: 样本和方法相似) 的独立研究进行分组合并, 更精准地量化变量之间的作用。Meta 分析最初出现在医学领域, 近年已逐渐应用于建成环境对人体健康影响的研究, 如: 自然接触对儿童心理情绪等自我调节的影响^[27]; 绿地与死亡率的关系^[28]; 住宅绿化对不良妊娠结局的影响^[29]等。

基金项目:教育部人文社会科学研究项目 (21YJC840032); 广州市哲学社科规划 2021 年度课题 (2021GZGJ210); 国家自然科学基金项目 (41701169, 52078222)

收稿日期: 2021-03-07; 网络出版日期: 2022-01-11

* 通讯作者 Corresponding author. E-mail: ydlihui@qq.com

本文基于 Meta 分析方法,首先探究绿地与肥胖相关指标的总体关系,其次,讨论文献间研究设计、绿地测度方式、样本年龄、不同尺度的地理分析单元对上述关系的影响差异。以期为更深入、科学地认识绿地在人居环境中的健康效益,对未来研究与规划实践起到一定的指导和启示作用。

1 研究方法

1.1 文献检索与筛选标准

本文在 Web of Science 数据库核心合集(起始时间 1985 年)和 PubMed 数据库(起始时间 1950 年)分别对主题和标题摘要进行系统检索,检索对象是 2020 年 11 月以前公开发表的文献。检索词与绿地(“greenspace”; “parks”; “greenness”; “normalized difference vegetation index (NDVI)” ; “view green index (VGI)” ; “streetscape”; “open space”; “public garden” 等)和肥胖(“body mass index (BMI)” ; “obesity”; “overweight”; “adiposity”; “waist circumference”; “body fat”; “waist to hip”; “weight status” 等)相关。进而通过以下标准对检索的文献进行筛选。

文献纳入标准:(1)对绿地与超重肥胖(相关指标包括 BMI、BMI Z-score、腰围、腰臀比、是否超重、是否肥胖等)之间直接关系的研究;(2)定量观察性研究(observational study),包括横截面研究(cross-sectional study)、队列研究(cohort study)和病例对照研究(case control study)3 种类型;(3)解释变量为客观测度的绿地指标,如:绿地数量、距离、面积或 NDVI 等,排除感知绿地属性;(4)可获得全文的研究。

1.2 文献质量评价

文献质量评价是 Meta 分析中不可缺少的环节,用以评价纳入文献的样本收集、方法选择和结果处理是否以规范、透明的方式来进行,从而规避因文献证据强度不足而造成的偏倚。对于横截面研究,采用美国卫生保健研究和质量机构(Agency for Healthcare Research and Quality, AHRQ)评价标准进行评价^[30]。该方法评价指标包括资料来源、暴露组(expose cohort)和非暴露组(non expose cohort)纳入及排除、患者的鉴别、研究对象来源、主观因素的影响、检测或再检测、患者的排除、混杂因素的控制、丢失数据的处理、数据收集的完整性和随访。文献质量根据以下得分来评定:0—3 分为低质量;4—7 分为中等质量;8—11 分为高质量^[31]。队列研究使用纽卡斯尔-渥太华量表(the Newcastle-Ottawa Scale, NOS)进行评价^[32]。NOS 的评估维度包括:暴露组的代表性、非暴露组的选择、暴露因素的确定、研究起始时的结果指标、暴露组和未暴露组的可比性、结果的评价、结果发生后随访时长、暴露组和非暴露组的随访^[33]。NOS 没有统一划分质量的标准,本文参考多数文献的划分方法,将低质量、中等质量和高质量的研究分别定为 0—3、4—6、7—9 分^[34]。

1.3 统计分析

使用 Stata 15.0 软件对纳入文献进行 Meta 分析。遵循以下分析流程:①检验异质性:异质性以 I^2 统计量为参考值, I^2 数值越大,表示异质性越大^[35],一般 $I^2 > 50\%$ 表明各研究的结论存在异质性^[36]。②合并效应量(combining effect size):合并效应量是 Meta 分析中实现多个研究整合评价的核心步骤,考虑到普遍存在的异质性和研究样本量的较大差异,本文采用随机效应模型进行合并^[37]。结果变量为分类变量(超重和肥胖)的采用比值比(odds ratio, OR)和 95% 置信区间合并效应量,结果变量为连续变量(BMI、BMI Z-score、腰围等)的采用估计系数(β)和 95% 置信区间合并效应量,本文将探究不同研究设计和不同绿地测度方式下绿地与肥胖相关指标的关系。③亚组分析(subgroup analysis):亚组分析是 Meta 分析中根据研究特征的相似和不同之处划分亚组重新合并效应量的方法。本文将依据样本年龄和地理分析单元的不同划分亚组,旨在探究以上变量对绿地与肥胖相关指标关系的影响差异。

2 结果

2.1 文献选择与文献质量评价

文献检索最初共获取 2391 篇,通过标题和摘要审查甄选出与本文研究内容密切相关的非综述文献

128 篇,经过全文审查筛选文献 59 篇,最终确定纳入 Meta 分析的文献 69 篇(图 1)。

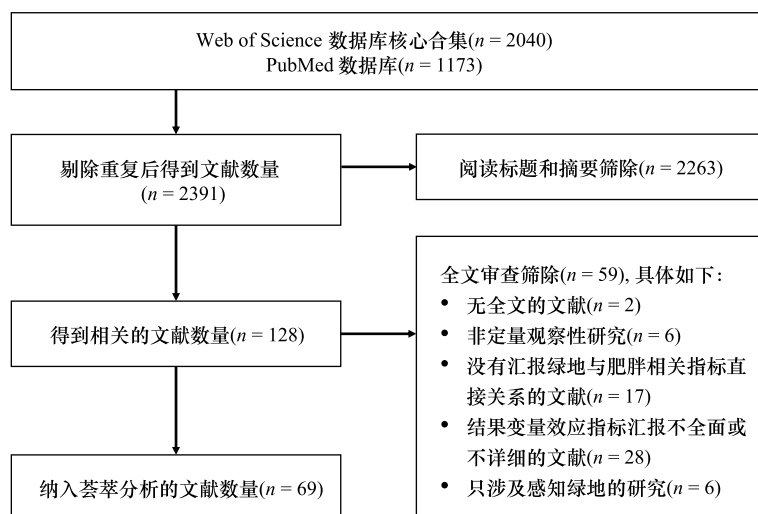


图 1 文献选择流程图

Fig.1 Flowchart of study selection

纳入分析的文献基本信息与质量评价如表 1,69 篇文献中包括 14 篇队列研究和 55 篇横截面研究,队列研究时间跨度从 2 年到 45 年不等。

2.2 总体 Meta 分析结果

69 篇文献中,与肥胖相关的结果变量包括连续变量(BMI、BMI Z-score 和腰围等)和二分类变量(超重、肥胖和中心型肥胖等)两大类。根据研究对象年龄,结果变量参考不同标准。成人超重标准一般遵循 WHO ($\text{BMI} \geq 25 \text{ kg/m}^2$)^[104]、CDC(BMI 等于或高于 85% 水平)^[105] 或中国肥胖问题工作组 ($\text{BMI} \geq 24 \text{ kg/m}^2$)^[106];肥胖一般遵循 WHO ($\text{BMI} \geq 30 \text{ kg/m}^2$)、CDC(BMI 等于或高于 95% 水平) 或中国肥胖问题工作组 ($\text{BMI} \geq 28 \text{ kg/m}^2$) 的标准;中心型肥胖(男性腰围 $\geq 102 \text{ cm}$ 和女性腰围 $\geq 88 \text{ cm}$) 和腹型肥胖(男性腰围 $\geq 94 \text{ cm}$ 和女性腰围 $\geq 80 \text{ cm}$) 均遵循 WHO 标准。部分儿童和青少年的研究中采用 BMI Z-score 代替 BMI;儿童和青少年的超重水平多数遵循国际肥胖工作小组(International Obesity Task Force, IOTF)(高于年龄和性别临界值为超重)标准^[107] 和 WHO($z\text{BMI} > +1$ Z-score 为超重, $z\text{BMI} > +2$ Z-score 为肥胖)标准^[39, 108]。

在所有纳入的文献中,研究绿地与超重($n = 36$)、肥胖($n = 26$)、BMI($n = 23$)、BMI Z-score($n = 7$)、腰围($n = 5$)关系的文章较多。因此,本文首先按以上结果变量类型合并效应量,以探究绿地与肥胖相关指标的关联。其次,讨论队列研究和横截面研究在以上关联中的差异。结果发现,绿地整体水平与超重、肥胖、BMI、BMI Z-score 和腰围均存在显著负相关关系(表 2)。在横截面研究中,结果与总体合并结果相似。然而队列研究的合并结果显示,绿地与以上 5 种指标均无关系,需进一步探究不同绿地指标和亚组对绿地与居民肥胖之间关系的影响差异。

2.3 不同绿地指标的影响差异

已有文献普遍采用了以下绿地指标和测度方式探究两者之间的关系:①附近(或一定地理分析单元内)是否有绿地($n = 13$);②植被覆盖度($n = 27$);③绿地面积($n = 32$);④绿地数量($n = 14$);⑤绿地接近度(离最近绿地的距离或到附近绿地的平均距离)($n = 14$)。有 24 篇文献考虑了多种绿地指标的影响。不同绿地指标的合并效应量见表 3、图 2、图 3。结果显示,绿地植被覆盖度与居民超重、肥胖发生率和 BMI 呈显著负相关,附近(或一定地理分析单元内)是否有绿地和绿地数量分别与超重呈显著负相关关系,但与肥胖和 BMI 关系不显著,而绿地接近度和附近绿地面积则与肥胖相关指标均不显著。

表 1 纳入 Meta 分析的文献基本信息
Table 1 Basic characteristics of the included studies

第一作者(年份) First author (year)	国家 Nation	样本量 Sample size	样本年龄/a Age	地理分析单元 Geographic analysis unit	绿地指标 Green space index ⁽¹⁾	结果变量(标准) Outcome (standard) ⁽²⁾	研究设计 Study design	评分/总分 Score/total score	质量等级 Quality grade
Astell-Burt (2014) ^[38]	澳大利亚	246920	≥45	1000m	d	超重(WHO)	横截面研究	7/11	中
Bao (2021) ^[39]	中国	56401	6—18	100m;500m;1000m	b	BMI Z-score;腰围;超重(WHO)	横截面研究	10/11	高
Bell (2008) ^[40]	美国	3831	3—16	1000m	b	BMI Z-score	队列研究(2年)	7/9	高
Benjamin-Neelon (2019) ^[41]	墨西哥	102	3—5	邻里	a	BMI Z-score	队列研究(2年)	7/9	高
Bloemsma (2019) ^[42]	荷兰	3680	3	300m;3000m	b, d	超重(WHO)	队列研究(14年)	7/9	高
Browning (2018) ^[43]	美国	97574613	≥18	城市	b	肥胖(WHO)	横截面研究	7/11	中
Carroll (2016) ^[44]	澳大利亚	1890	≥18	1600m	d	超重(WHO)	队列研究(10年)	8/9	高
Carroll (2020) ^[45]	澳大利亚	2253	≥18	1600m	b, d, e	BMI;腰围	队列研究(10年)	8/9	高
Carthy (2020) ^[46]	爱尔兰	8504	≥50	800m 和 1600m 网络缓冲区	e	BMI	横截面研究	10/11	高
Goomes (2010) ^[47]	英国	6821	≥16	—	c	超重(WHO)	横截面研究	6/11	中
Cummins (2012) ^[48]	英国	79136	≥18	MSOA ⁽³⁾	d	超重(WHO)	横截面研究	6/11	中
Dadvand (2014) ^[49]	西班牙	3178	9—12	100m;250m;300m;500m;1000m	a, b	超重(IOTF);BMI Z-score	横截面研究	7/11	中
De Bont (2020) ^[50]	西班牙	79992	0	人口普查区外 300m	b, d	BMI	队列研究(5年)	8/9	高
Dempsey (2018) ^[51]	爱尔兰	5783	≥50	1600m	d	肥胖(WHO)	横截面研究	7/11	中
Duncan (2012) ^[52]	美国	1034	16.32±1.26	800m 网络缓冲区	d	BMI Z-score	横截面研究	8/11	高
Feng (2019) ^[53]	澳大利亚	3843	≥18	统计区	e	BMI	队列研究(15年)	6/9	中
Halonen (2014) ^[54]	芬兰	15621	≥18	250m;500m	a, c	超重(WHO)	队列研究(8年)	7/9	高
Hobbs (2017) ^[55]	英国	8864	18—86	LSOA ⁽³⁾	a	肥胖(WHO)	横截面研究	7/11	中
Hoehner (2013) ^[56]	美国	8857	18—90	800m 网络缓冲区	c, e	BMI	横截面研究	9/11	高
Huang (2020) ^[57]	中国	24845	18—74	1000m	b	肥胖(WHO);中心型肥胖(WHO);腰围;BMI	横截面研究	9/11	高
Huang (2020) ^[58]	中国	12112	≥50	1000m	b	超重(中国肥胖问题工作组);腹部肥胖(WHO)	横截面研究	9/11	高
Hughey (2017) ^[59]	美国	6623	7—13	街区(block group)	e	BMI	横截面研究	7/11	中
James (2017) ^[60]	美国	23435	60—87	1250m	b	BMI	横截面研究	9/11	高
Jenkin (2015) ^[61]	新西兰	4175	2—14	邻里	d	超重/肥胖(标准未注明)	横截面研究	8/11	高
Jimenez (2020) ^[62]	美国	517	出生、童年时期和成年时期	1英里(1609.3m)网络缓冲区	c, d, e	BMI	队列研究(约45年)	7/9	中
Klompaker (2018) ^[63]	荷兰	387195	≥19	3000m	b, c, d	超重(WHO)	横截面研究	8/11	高
Li (2014) ^[64]	美国	17020	≥60	—	c	肥胖(WHO)	横截面研究	9/11	高
Liu (2007) ^[65]	印度	6897	3—18	2000m	b	超重(CDC)	横截面研究	8/11	高

续表

第一作者 (年份) First author (year)	国家 Nation	样本量 Sample size	样本年龄/a Age	地理分析单元 Geographic analysis unit	绿地指标 Green space index ⁽¹⁾	结果变量 (标准) Outcome (standard) ⁽²⁾	研究设计 Study design	评分/总分 Score/total score	质量等级 Quality grade
Lovasi (2011) ^[66]	美国	428	2—5	500m	b, d	BMI Z-score	横截面研究	8/11	高
Lovasi (2013) ^[12]	美国	11562	3—5	邮政编码外 400m	b, d	肥胖 (WHO); BMI Z-score	横截面研究	9/11	高
McCarthy (2017) ^[67]	美国	13469	9.7±0.99	0.5 英里 (804.7m)	a	超重/肥胖 (CDC)	横截面研究	8/11	高
Mears (2020) ^[68]	英国	—	4—5 和 10—11	LSOA ⁽³⁾	a, b, d	肥胖 (CDC)	横截面研究	6/11	中
Mowafi (2012) ^[69]	埃及	3546	≥22	邻里	e	BMI	横截面研究	10/11	高
Müller (2018) ^[70]	德国	1312	25—74	统计区 (平均面积 4.53km ²)	c, d	BMI	横截面研究	10/11	高
Nesbit (2014) ^[71]	美国	39542	11—17	邻里	a	肥胖 (CDC)	横截面研究	7/11	中
Niehani (2020) ^[18]	加拿大	14550	≥35	400m	b	超重 (WHO); 腹部肥胖 (WHO); 中心型肥胖 (WHO)	横截面研究	10/11	高
O'Callaghan-Gordo (2020) ^[72]	西班牙	2354	20—85	300m	a, b	超重/肥胖 (WHO); 中心性肥胖 (WHO); 腰臀比; BMI	横截面研究	9/11	高
Ohri-Vachaspati (2013) ^[73]	美国	702	3—18	0.5 英里 (804.7m)	a	超重 (CDC)	横截面研究	10/11	高
Oreskovic (2009) ^[74]	美国	21008	2—18	400m	d	超重 (CDC)	横截面研究	8/11	高
Paquet (2014) ^[75]	澳大利亚	3145	≥18	1000m	b, d, e	腹部肥胖 (WHO)	队列研究 (10 年)	8/9	高
Pearson (2014) ^[76]	新西兰	12488	≥15	邻里	d	超重 (标准未注明)	横截面研究	8/11	高
Pereira (2013) ^[77]	澳大利亚	10208	≥16	1600m 网络缓冲区	b	超重 (WHO)	横截面研究	7/11	中
Persson (2018) ^[78]	瑞典	2940	35—56	500m	b	超重 (WHO); 中心型肥胖 (WHO); 体重增量; 腰围增量	队列研究 (9 年)	7/9	高
Petravičienė (2018) ^[79]	立陶宛	1489	4—6	100m; 300m; 500m	b, c	超重 (IOTF)	横截面研究	6/11	中
Potestio (2009) ^[80]	加拿大	6772	3—8	社区	c, d, e	超重 (IOTF)	横截面研究	7/11	中
Potwarka (2008) ^[81]	加拿大	108	2—17	1000m	c, d, e	超重 (CDC)	横截面研究	7/11	中
Prince (2011) ^[82]	加拿大	3514	≥18	邻里	d	超重 (WHO)	横截面研究	9/11	高
Reis (2020) ^[83]	美国	171	6—11	学校集水区	e	BMI	横截面研究	6/11	中
Richardson (2013) ^[84]	新西兰	8157	≥15	人口普查区	d	超重 (WHO)	横截面研究	9/11	高
Rundle (2013) ^[85]	美国	13102	平均 45	0.5 英里 (804.7m)	d	BMI	横截面研究	8/11	高
Sander (2017) ^[86]	美国	305295	18—84	街区	b, d	BMI	横截面研究	9/11	高
Sarkar (2017) ^[87]	英国	333183	37—73	500m	b	肥胖 (CDC); 腰围; 全身脂肪; BMI	横截面研究	10/11	高
Schalkwijk (2018) ^[88]	英国	6467	0.75	LSOA ⁽³⁾	a, d	超重 (IOTF)	队列研究 (7 年)	8/9	高
Schüle (2016) ^[89]	德国	2613	5—7	邻里	d	超重 (IOTF)	横截面研究	8/11	高
Stark (2014) ^[90]	美国	37543	≥18	邮政编码外 400m	d	BMI	横截面研究	7/11	中
Sun (2018) ^[91]	中国	4114	16—64	居委会 (平均面积 2.75km ²)	a, b	BMI	横截面研究	7/11	中

续表

第一作者(年份) First author (year)	国家 Nation	样本量 Sample size	样本年龄/a Age	地理分析单元 Geographic analysis unit	绿地指标 Green space index ⁽¹⁾	结果变量(标准) Outcome (standard) ⁽²⁾	研究设计 Study design	评分/总分 Score/total score	质量等级 Quality grade
Tsai (2019) ^[92]	美国	778689	25—55	500m; 1000m; 1500m; 2000m	b	超重(WHO)	横截面研究	8/11	高
Van Der Zwaard (2018) ^[93]	美国	6001	0.75	LSOA	e	超重(IOTF); BMI	队列研究(11年)	8/9	高
Veitch (2016) ^[94]	澳大利亚、 美国	2337	18—92	1600m	c, d, e	BMI; 超重(WHO)	横截面研究	7/11	中
Velázquez-Meléndez (2013) ^[95]	巴西	3425	≥ 18	人口普查区 (平均面积 2.55km ²)	a	超重(WHO)	横截面研究	8/11	高
Villeneuve (2018) ^[96]	美国	49632	35—74	250m; 500m	a, d	超重(WHO)	横截面研究	8/11	高
Wasserman (2014) ^[97]	美国	12118	4—12	1英里(1609.3m)	e	肥胖(CDC)	横截面研究	9/11	高
Wen (2011) ^[10]	美国	735975	25—64	邻里	b, c	肥胖(WHO)	横截面研究	6/11	中
Wilhelmsen (2017) ^[98]	挪威	10527	14—17	1000m; 5000m	d	超重(IOTF)	横截面研究	8/11	高
Witten (2008) ^[99]	新西兰	11233	≥ 15	邻里	c	BMI	横截面研究	8/11	高
Wolch (2011) ^[100]	美国	3173	9—10	500m	d	BMI	队列研究(8年)	7/9	高
Xiao (2020) ^[101]	中国	8988	半数以上样本 ≥ 60	1000m	b, c, d, f	正常-超重-肥胖(中国肥胖问题工作组)	横截面研究	6/11	中
Yang (2018) ^[102]	美国	41283	3—18	—	c	超重(CDC)	横截面研究	8/11	高
Zhang (2019) ^[103]	美国	8365	20—60	—	c	BMI	横截面研究	9/11	高

(1) 绿地测度方式; a. 地理分析单元内是否有绿地; b. 绿地植被覆盖; c. 绿地接近度; d. 绿地面积(比); e. 绿地数量; f. 街景绿化

(2) 结果变量依据: WHO: 世界卫生组织(World Health Organization); CDC: 美国疾病预防控制中心(Centers for Disease Control and Prevention); IOTF: 国际肥胖工作小组(International Obesity Task Force)

(3) Lower Layer Super Output Area (LSOA) 下层超级输出区, Middle Layer Super Output Areas (MSOA) 中层超级输出区, 是英格兰和威尔士的特殊地理空间统计单位

表 2 合并效应量结果

Table 2 Combined effect size of included studies

研究设计 Study design	结果变量 Outcome	结果变量类型 Type of outcome	文献数 Number of study	合并效应量 OR [#] Combined effect size OR	合并效应量 β [#] Combined effect size β	95%CI	I^2
文献 ^[1-116]	超重	二分类	35	0.958 ***	—	0.942, 0.974	91.7% ***
All studies	肥胖	二分类	26	0.943 ***	—	0.924, 0.963	90.1% ***
	BMI	连续	23	—	-0.013 ***	-0.020, -0.006	87.8% ***
	BMI Z-score	连续	7	—	-0.032 **	-0.054, -0.010	71.8% ***
	腰围	连续	5	—	-0.153 *	-0.294, -0.012	98.2% ***
	超重	二分类	29	0.953 ***	—	0.936, 0.971	92.9% ***
横截面研究 Cross-sectional studies	肥胖	二分类	23	0.938 ***	—	0.918, 0.958	91.7% ***
	BMI	连续	16	—	-0.030 ***	-0.045, -0.015	92.5% ***
	BMI Z-score	连续	5	—	-0.039 ***	-0.054, -0.025	0.0%
	腰围	连续	3	—	-0.447 ***	-0.684, -0.210	90.8% ***
	超重	二分类	6	0.983	—	0.951, 1.017	34.8%
队列研究 Cohort studies	肥胖	二分类	3	0.985	—	0.935, 1.038	17.5%
	BMI	连续	7	—	-0.004	-0.011, 0.003	47.7% *
	BMI Z-score	连续	2	—	-0.028	-0.085, 0.028	90.0% **
	腰围	连续	2	—	0.006	-0.022, 0.033	48.7%

“***”表示显著性水平为 0.1%, “**”表示显著性水平为 1%, “*”表示显著性水平为 5%; #二分类变量的合并效应量结果以比值比 OR(odds ratio)表示, OR 值小于 1 表示绿地指标与肥胖相关指标呈负相关, 95%CI(95%置信区间)上下区间未跨越估计系数 1 为显著; 连续变量的合并效应量结果以 β 表示, β 值小于 0 表示绿地指标与肥胖相关指标呈负相关, 95%CI 上下区间未跨越 0 为显著

表 3 不同绿地指标与居民超重肥胖的关系

Table 3 Associations of green space and obesity related results by different green space indexes

绿地指标 Green space index	结果变量 Outcome	结果变量类型 Type of outcome	文献数 Number of study	合并效应量 OR Combined effect size OR	合并效应量 β Combined effect size β	95%CI	I^2
附近是否有绿地 Green space nearby	超重	二分类	6	0.892 **	—	0.822, 0.967	42.2%
	肥胖	二分类	4	0.911	—	0.765, 1.084	52.4%
	BMI	连续	1	—	-0.096	-0.439, 0.247	—
植被覆盖度 Vegetation coverage	超重	二分类	12	0.919 ***	—	0.888, 0.950	86.0% ***
	肥胖	二分类	13	0.914 ***	—	0.885, 0.943	90.9% ***
	BMI	连续	7	—	-0.043 **	-0.069, -0.018	97.6% ***
绿地接近度 Green space proximity	超重	二分类	8	0.998	—	0.953, 1.046	60.6% **
	肥胖	二分类	5	0.987	—	0.973, 1.002	35.2%
	BMI	连续	6	—	0.041	-0.090, 0.171	54.7% *
绿地面积 Area of the green space	超重	二分类	16	0.986	—	0.967, 1.004	72.9% ***
	肥胖	二分类	9	1.006	—	0.910, 1.112	87.7% ***
	BMI	连续	9	—	-0.003	-0.009, 0.004	71.4% ***
绿地数量 Number of the green space	超重	二分类	5	0.976 **	—	0.958, 0.995	19.6%
	肥胖	二分类	2	0.959	—	0.906, 1.014	38.8%
	BMI	连续	10	—	-0.016	-0.048, 0.016	53.4% **

“***”表示显著性水平为 0.1%, “**”表示显著性水平为 1%, “*”表示显著性水平为 5%

2.4 亚组分析结果差异

本文进一步从样本年龄和地理分析单元两方面对数据划分亚组, 分析绿地与居民超重肥胖之间关系的差异。样本主要分为成年人组($n=41$)和儿童或青少年组($n=29$), 其中包括一项全生命周期队列研究^[62]。在地理分析单元方面, 按文献特征将地理分析单元分为 0—300m(步行 5min 内)、301—500m(步行 10min 内)、

501—1000m(步行 15min 内)、1001—2000m(步行 30min 内)、2000m 以上(步行 30min 以上)、邻里等边界和边界加缓冲区 7 种,其结果如表 4。

表 4 不同亚组绿地与肥胖相关指标的关系
Table 4 Associations of green space and obesity related results by different subgroups

亚组 Subgroup		结果变量 Outcome	结果变量类型 Type of outcome	文献数 Number of study	合并效应量 OR Combined effect size OR	合并效应量 β Combined effect size β	95%CI	I^2
样本年龄 Participants' age	成年人	超重	二分类	18	0.942 ***	—	0.916, 0.968	98.7% ***
		肥胖	二分类	18	0.940 ***	—	0.918, 0.962	87.5% ***
		BMI	连续	18	—	-0.022 ***	-0.033, -0.010	91.2% ***
	儿童和青少年	超重	二分类	17	0.937 ***	—	0.916, 0.958	78.9% ***
		肥胖	二分类	8	0.911 **	—	0.861, 0.965	90.2% ***
		BMI	连续	6	—	-0.010	-0.023, 0.003	64.4% **
		BMI Z-score	连续	7	—	-0.032 **	-0.054, -0.010	71.8% ***
地理分析单元 Geographic analysis unit	0—300m 缓冲区	超重	二分类	7	0.926 ***	—	0.889, 0.964	82.1% ***
		肥胖	二分类	4	0.910 ***	—	0.867, 0.955	46.7% *
		BMI	连续	1	—	-0.180	-0.380, 0.020	—
	301—500m 缓冲区	超重	二分类	9	0.934 ***	—	0.908, 0.960	88.7% ***
		肥胖	二分类	7	0.913 ***	—	0.877, 0.950	87.5% ***
		BMI	连续	3	—	-0.139 ***	-0.176, -0.102	38.6%
	501—1000m 缓冲区	超重	二分类	10	0.919 **	—	0.868, 0.973	98.3% ***
		肥胖	二分类	6	0.895 *	—	0.823, 0.975	81.3% ***
		BMI	连续	4	—	-0.089	-0.207, 0.028	94.5% ***
	1001—2000m 缓冲区	超重	二分类	6	0.913 **	—	0.855, 0.975	99.6% ***
		肥胖	二分类	3	0.998	—	0.789, 1.262	91.9% ***
		BMI	连续	5	—	0.001	-0.002, 0.004	35.5%
	2000m 以上缓冲区 ⁽¹⁾	超重	二分类	3	0.983	—	0.885, 1.092	88.3% ***
		肥胖	二分类	1	2.470 *	—	1.099, 5.553	—
		BMI	连续	9	—	-0.005	-0.014, 0.005	31.1%
	邻里等边界	超重	二分类	10	0.965	—	0.911, 1.022	70.1% ***
		肥胖	二分类	6	0.957	—	0.914, 1.003	93.3% ***
		BMI	连续	9	—	-0.005	-0.014, 0.005	31.1%
	边界加缓冲区 ⁽¹⁾	肥胖	二分类	1	0.934	—	0.851, 1.025	—
		BMI	连续	2	—	-0.019	-0.040, 0.003	79.2% **

(1) 地理分析单元为 2000m 以上缓冲区的亚组未纳入以 BMI 作为结果指标的文献,地理分析单元为边界加缓冲区的亚组未纳入以超重作为结果指标的文献;
“***”表示显著性水平为 0.1%,“**”表示显著性水平为 1%,“*”表示显著性水平为 5%

从样本年龄来看,绿地与居民超重肥胖之间的关系在成年组和儿童青少年组均呈显著的负相关,但绿地与 BMI 的关系在成年人组显著,在儿童和青少年组不显著。由于儿童和青少年的身高和体重尚在发育中,不同性别和年龄的超重肥胖阈值不同,多数研究以 BMI Z-score 取代 BMI 作为结果变量,在这些研究中,绿地与 BMI Z-score 呈显著负相关。总体上,绿地与成年人肥胖之间关系的显著性比与儿童和青少年的大。在不同尺度的地理分析单元方面,结果显示,绿地与超重之间的关系在 2000m 缓冲区范围内呈显著的负相关,超出该范围则不显著;相类似地,绿地与肥胖发生率之间关系的阈值出现在 1000m 缓冲区范围内;绿地与 BMI 之间的关系在不同缓冲尺度上也同样呈现差异。由此可见,绿地与居民超重肥胖之间的关系具有明显的尺度效应,但总体而言,邻近绿地有利于减少居民超重肥胖的发生率,在 301—500m 缓冲区尺度下,绿地水平和肥胖相关指标的关联性达到最强。然而,以邻里等边界和边界加缓冲区作为地理分析单元的亚组中,绿地与超重肥胖和 BMI 的合并结果均不显著,说明地理分析单元尺度不统一时,易出现不稳定和差异大的结果。

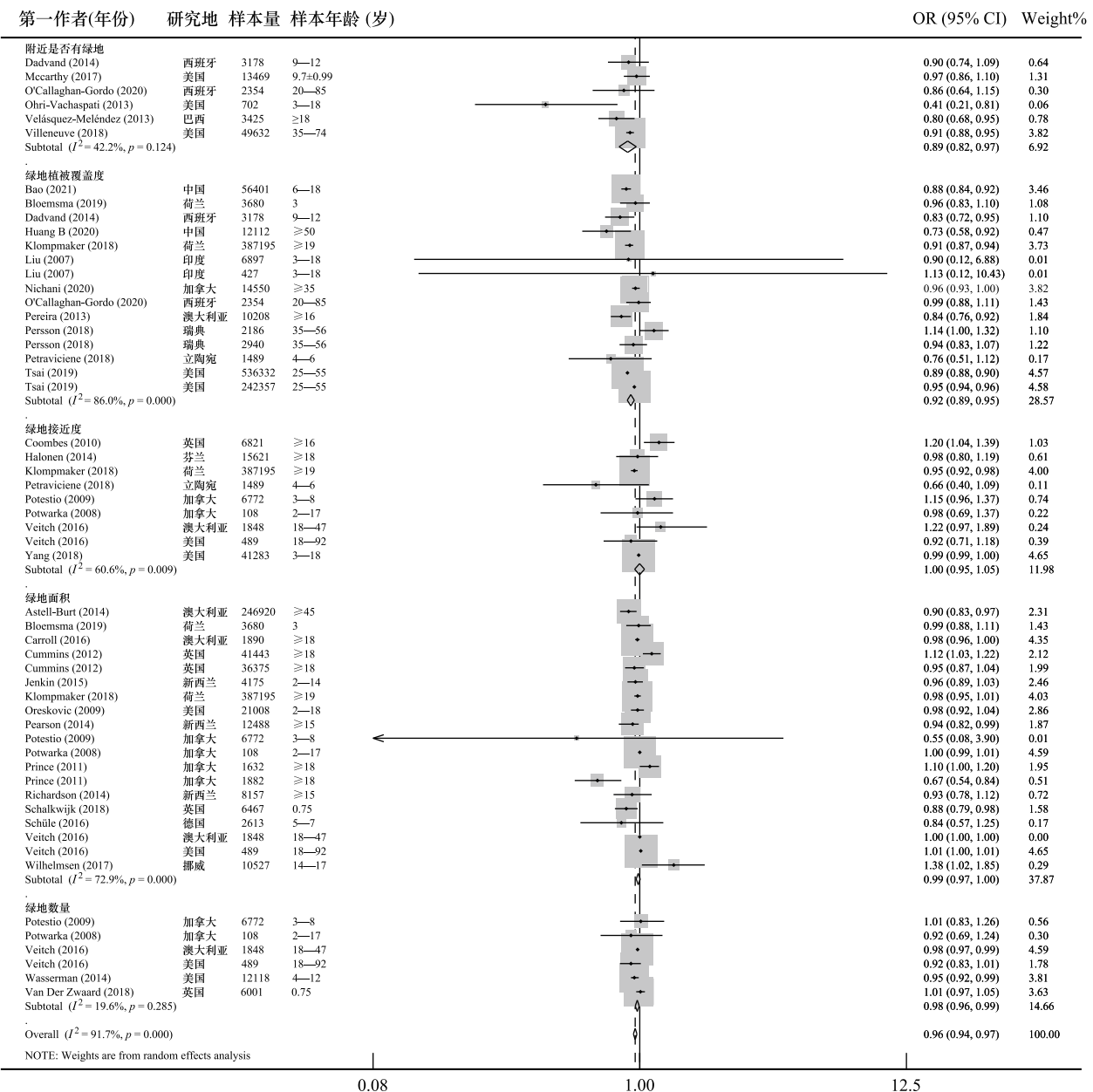


图2 绿地指标与超重关系的森林图

Fig.2 Forest plot of the associations between green space and overweight

OR: 比值比; CI: 置信区间; Weight: 权重

3 结论与讨论

绿地对居民超重肥胖及相关健康方面的影响是近年来的研究热点之一。已有较多学者在全球不同城市,针对不同人群展开研究,并取得一定成果。本文基于 69 篇文献的研究结果对绿地与居民超重肥胖之间关系进行了 Meta 分析,探讨了不同研究设计类型、绿地指标以及不同样本年龄和地理分析单元对其关系的影响差异。主要研究结论如下:总体上,绿地对居民超重肥胖风险降低有促进作用,表明增强居住地、工作地及学校周边的总体绿化水平可能是改善公众超重和肥胖问题,乃至其它公共卫生问题的一种有效途径。然而绿地与居民超重肥胖的关系在不同研究设计类型、绿地指标测度方式、年龄亚组和不同的地理尺度下具有差异,意味着绿地与居民超重肥胖的关系可能更加复杂。

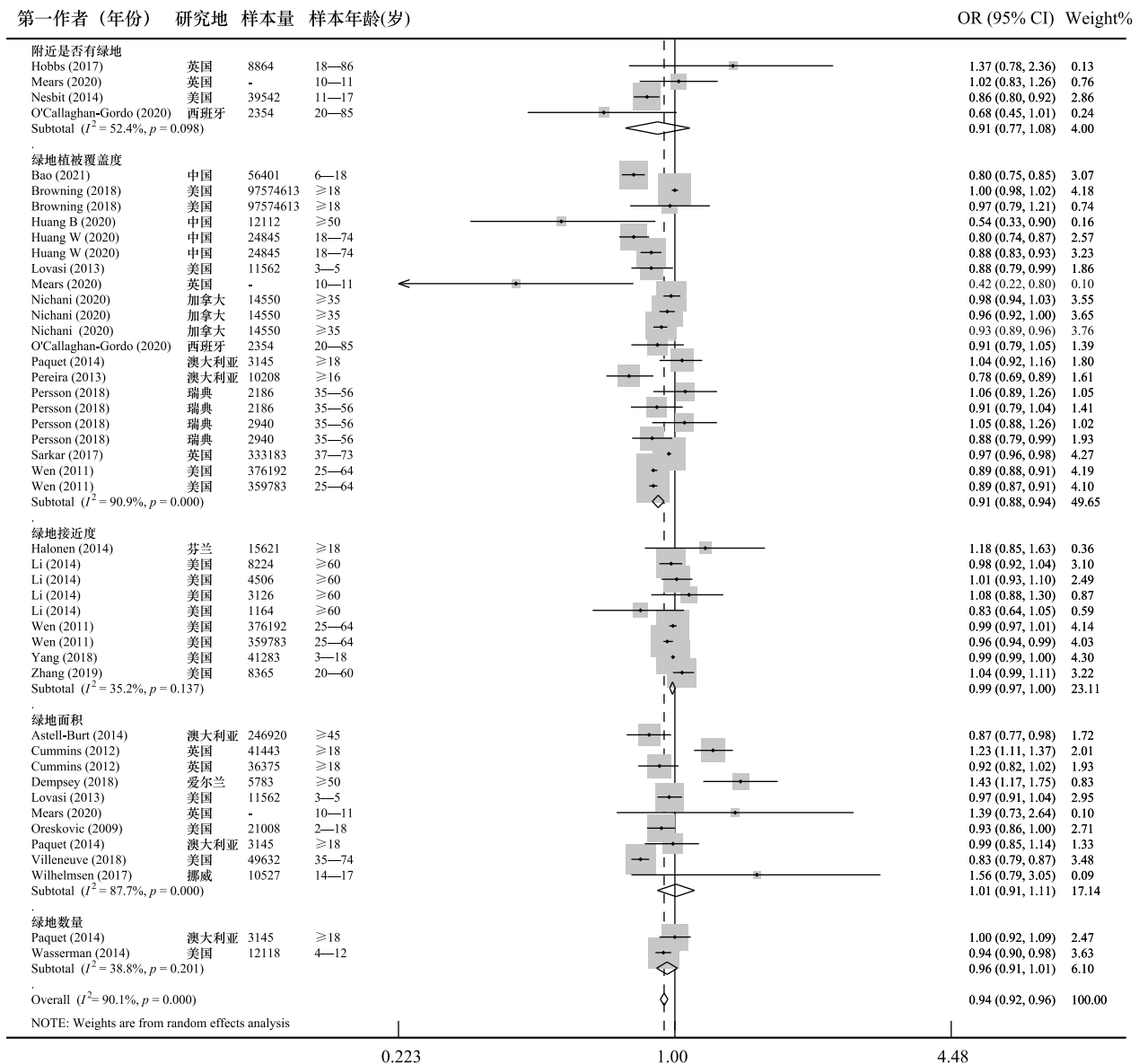


图3 绿地指标与肥胖关系的森林图

Fig.3 Forest plot of the associations between green space and obesity

首先,不同研究设计类型(横截面研究和队列研究)之间的研究结果具有较大差异。在队列研究中,总体绿地水平与居民超重肥胖关系的结果呈现混杂状态。有几个队列研究的结论在一定程度上挑战了笼统地强调“绿地对居民超重肥胖有抑制作用”的观点。Bloemsma 等人发现,儿童超重概率与 NDVI 和绿地总面积呈负相关,但在调整空气污染物 NO_2 暴露水平后相关性明显减弱^[42]。这意味着,绿地与超重的关联可以部分解释为与交通相关的空气污染水平降低,而不是绿地本身通过增加体力活动水平所起到的作用。Persson 等人的研究发现,绿地对肥胖的影响具有性别差异^[78],这可能与特定年龄和性别的生理差异有关^[109],同时也存在男性和女性对绿地在感知和行为上的差异,相比于男性,女性的健康可能与绿地质量和感知到的个人安全等主观指标更密切相关^[110],而绝大多数文献未考虑绿地质量的影响。由于队列研究数量有限,暂时无法找到明确的原因去解释混杂结果。总结以上研究,虽然队列研究的合并结果不显著,但不能说明两者完全无关,反而意味着它们的关系可能更加复杂,这也提示未来应增加纵向研究,关注绿地对居民超重肥胖的因果关系,并深入探讨两者之间的影响因素和作用机理。

第二,不同指标衡量的绿地与居民超重肥胖的关系也存在一定差异。较大的绿地植被覆盖度与较低的 BMI、超重和肥胖风险显著相关。这可能因为植被覆盖度可测度建成区的更多绿地形式,包括私人花园和街道绿化,而土地利用数据或公共绿地数据不能包含以上内容。另外,较高的植物覆盖度可有效降低空气污染程度^[111],进而影响居民体力活动和身体肥胖水平^[57]。居住地或工作地附近是否有绿地和绿地数量与超重呈显著负相关。可能的原因是绿地数量越多,绿地类型及其相应设施的多样性就越丰富,从而增加居民身体活动,减轻超重肥胖程度^[94, 112]。本研究绿地接近度和绿地面积指标的合并结果均不显著。这可能因为过大且集中的绿地会增加入口或边界到特定资源(如特定的健身设施)的距离,由此反映了居住区的物理复杂性和环境特征之间的多重关系。另外,对绿地不同的定义也会导致结果的差异,Halonen 等人发现搬家后远离绿地会导致肥胖风险增高,但“绿地”的概念中包括了蓝色空间时,这种因果关系变得不显著^[54]。Wilhelmsen 等人对绿地的定义包括了农田、森林和山脉等内容,研究结果显示,当居民周围绿地比例增加时,超重和肥胖的比例反而显著增加,而这些绿地区域可进入性较差,也缺乏吸引力,不能提供有效的体力活动区域,因此产生了有反常理的结论^[98]。但并不意味着绿地接近度和绿地面积等指标对人类健康没有关联,而是证明在已有的研究中,这些绿地指标并未呈现出一致的影响作用(包括影响方向和显著性)。此外,正式公园类型的绿地(有组织的布局、结构化的园路,且有日常维护)可能更有益于缓解居民超重肥胖^[48]。绿地的游憩设施、安全性和美学等方面的系统性差异可能会导致体力活动的差异^[113]。因此,可用绿地的类型和质量可能是决定体重状态的关键因素。这也提示在未来的研究中更应关注这些尚不明确其影响机理的绿地指标,构建完善的绿地测度指标体系。

第三,绿地与肥胖相关指标之间的关系在成年亚组和儿童青少年亚组均呈负相关,但在成年亚组关联更显著。与此前的研究结果相似,绿地的使用与儿童不同的肥胖指标显著性有较大差异^[21, 114]。一方面,在儿童和青少年的研究中,结果变量为 BMI 的总体合并结果不显著,而以 BMI Z-score 代替则显著。考虑到未成年人群不同性别和年龄的超重肥胖阈值不同,BMI Z-score 作为经年龄和性别调整后的标准化值,成为了比 BMI 更适合该人群的肥胖测量方法^[115]。除方法因素以外,绿地与未成年人超重肥胖的关系可能比成年人受到更多潜在的制约,如:父母社会经济属性、年龄阶段^[67, 93]、社区犯罪率、社区邻里凝聚力和可用绿地类型等环境特征^[21, 93]。研究侧重点不同或考虑的混杂变量有差异,导致了绿地与儿童和青少年肥胖相关指标之间关系的混杂。未来针对儿童和青少年的绿地与健康研究往往需要考虑来自自身、家庭、学校和环境等多方面因素。

第四,绿地与居民超重肥胖之间的关系具有尺度差异,采用不同的地理分析单元其研究结果并不一致。我们对可能的原因做如下推测:首先,绿地对居民超重肥胖的缓解作用确实存在尺度效应。总体上,邻近绿地有利于减少居民超重肥胖风险。但当与绿地的距离超过一定缓冲范围时,绿地对抑制居民肥胖发生率的作用则变弱。而此前 Browning 等学者在一项探究何种缓冲区尺度能更好地反映绿地与健康关系的综述中认为,2000m 以内缓冲区尺度结果显著性偏高^[116],本文与以上结论有相似之处。其次,尺度差异可能是出行方式、城乡环境等因素综合影响的结果。在某些以汽车出行为主的城市中,人们有机会选择开车去离家更远质量更好的公园^[80],从而导致了 1000m 以上缓冲区总体结果的混杂。在城乡环境方面,部分学者发现城乡区位绿地对超重肥胖的作用不同^[39],甚至存在显著的交互作用^[49]。最后,使用固定地理边界和边界加缓冲区的研究总体合并结果不显著。这是由于不同研究所定义的固定地理边界大小不同,且人们活动一般按照路程距离形成一个缓冲区或网络缓冲区,一般不会按照社区边界进行活动,所以结果产生混杂是可解释的。不同时空尺度、研究区域的研究结果存在自然差异,为此,未来的研究可考虑多尺度地理分析单元绿地对超重肥胖的影响差异,或考虑与居民日常活动密切相关的 10min 或 15min 生活圈相结合。

本研究存在以下局限:①Meta 分析的质量好坏受原始文献的影响较大,而本文并未根据原始文献质量选择是否纳入。②研究的原始数据公布情况不一致,各研究协变量的调整程度并不一致,从而有夸大或缩小绿地对肥胖相关指标影响的风险。③本研究的多数合并效应量结果异质性较大,在一定程度上减弱了可信度。

④本文尚未研究绿地质量和绿地类型与居民肥胖之间的关系。

参考文献 (References):

- [1] 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. 地理学报, 2016, 71(10): 1721-1730.
- [2] Feng J, Glass T A, Curriero F C, Stewart W F, Schwartz B S. The built environment and obesity: a systematic review of the epidemiologic evidence. *Health & Place*, 2010, 16(2): 175-190.
- [3] Papas M A, Alberg A J, Ewing R, Helzlsouer K J, Gary T L, Klassen A C. The built environment and obesity. *Epidemiologic Reviews*, 2007, 29(1): 129-143.
- [4] 沈晶, 杨秋颖, 郑家鲲, 安若鹏. 建成环境对中国儿童青少年体力活动与肥胖的影响: 系统文献综述. 中国运动医学杂志, 2019, 38(4): 312-326.
- [5] Storgaard R L, Glümer C, Aadahl M, Hansen H S. Neighbourhood green space and leisure time sedentary behaviour in a Danish population. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 2012, 15(S1): S100-S101.
- [6] Chong S, Mazumdar S, Ding D, Morgan G, Comino E J, Bauman A, Jalaludin B. Neighbourhood greenspace and physical activity and sedentary behaviour among older adults with a recent diagnosis of type 2 diabetes: a prospective analysis. *BMJ Open*, 2019, 9(11): e028947.
- [7] 曹阳, 甄峰, 姜玉培. 基于活动视角的城市建成环境与居民健康关系研究框架. 地理科学, 2019, 39(10): 1612-1620.
- [8] 谢波, 郑依玲, 李志刚, 安子豪. 行为活动视角下城市老年人户外空间的规划布局模式——以武汉为例. 现代城市研究, 2019, (2): 30-37.
- [9] 刘晓芳, 齐涛, 赵宇, 林美霞, 曹馨, 李妍, 吴昕怡, 张国钦, 刘文惠. 城市公园景感要素及其对不同人群公园活动方式的影响. 生态学报, 2020, 40(22): 8176-8190.
- [10] Wen M, Maloney T N. Latino residential isolation and the risk of obesity in Utah: the role of neighborhood socioeconomic, built-environmental, and subcultural context. *Journal of Immigrant and Minority Health*, 2011, 13(6): 1134-1141.
- [11] 翟宝昕, 朱玮. 大城市儿童户外活动的时空特征研究——以上海为例. 城市规划, 2018, 42(11): 87-96.
- [12] Lovasi G S, Schwartz-Soicher O, Quinn J W, Berger D K, Neckerman K M, Jaslow R, Lee K K, Rundle A. Neighborhood safety and green space as predictors of obesity among preschool children from low-income families in New York City. *Preventive Medicine*, 2013, 57(3): 189-193.
- [13] 王文文, 甄峰, 姜玉培, 蔡希. 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. 现代城市研究, 2020, (4): 18-26.
- [14] 张莹, 刘东宁. 步行适宜性人居环境与体质健康关系的研究. 环境与健康杂志, 2013, 30(5): 449-452.
- [15] 陈春, 陈勇, 于立, 周伟. 为健康城市而规划: 建成环境与老年人身体质量指数关系研究. 城市发展研究, 2017, 24(4): 7-13.
- [16] 何晓龙, 翁锡全, 林文毅, 吴玉英. 中国澳门地区 4—6 年级学童超重/肥胖与步行及住所周边环境因素的关系. 中国体育科技, 2016, 52(5): 104-111.
- [17] Adachi-Mejia A M, Lee C, Lee C, Carlos H A, Saelens B E, Berke E M, Doescher M P. Geographic variation in the relationship between body mass index and the built environment. *Preventive Medicine*, 2017, 100: 33-40.
- [18] Nichani V, Turley L, Vena J E, McCormack G R. Associations between the neighbourhood characteristics and body mass index, waist circumference, and waist-to-hip ratio: findings from Alberta's Tomorrow Project. *Health & Place*, 2020, 64: 102357.
- [19] Wang R Y, Liu Y, Lu Y, Yuan Y, Zhang J B, Liu P H, Yao Y. The linkage between the perception of neighbourhood and physical activity in Guangzhou, China: using street view imagery with deep learning techniques. *International Journal of Health Geographics*, 2019, 18(1): 18.
- [20] Moore J B, Brinkley J, Crawford T W, Evenson K R, Brownson R C. Association of the built environment with physical activity and adiposity in rural and urban youth. *Preventive Medicine*, 2013, 56(2): 145-148.
- [21] Jia P, Cao X X, Yang H X, Dai S Q, He P, Huang G L, Wu T, Wang Y G. Green space access in the neighbourhood and childhood obesity. *Obesity Reviews*, 2021, 22(S1): e13100.
- [22] Lachowycz K, Jones A P. Greenspace and obesity: a systematic review of the evidence. *Obesity Reviews*, 2011, 12(5): e183-e189.
- [23] Luo Y N, Huang W Z, Liu X X, Markevych I, Bloom M S, Zhao T Y, Heinrich J, Yang B Y, Dong G H. Greenspace with overweight and obesity: a systematic review and meta-analysis of epidemiological studies up to 2020. *Obesity Reviews*, 2020, 21(11): e13078.
- [24] Sackett D L, Straus S E, Richardson W S, Rosenberg W, Haynes R B. Evidence-Based Medicine: How to Practice and Teach EBM. 2nd ed. Edinburgh: Churchill Livingstone, 2000.
- [25] Dersimonian R, Laird N. Meta-analysis in clinical trials. *Controlled Clinical Trials*, 1986, 7(3): 177-188.
- [26] Higgins J P T, Green S. Cochrane handbook for systematic reviews of interventions version 5.1.0 [updated March 2011]. The Cochrane Collaboration, 2011.

- [27] Weeland J, Moens M A, Beute F, Assink M, Staaks J P C, Overbeek G. A dose of nature; two three-level meta-analyses of the beneficial effects of exposure to nature on children's self-regulation. *Journal of Environmental Psychology*, 2019, 65: 101326.
- [28] Rojas-Rueda D, Nieuwenhuijsen M J, Gascon M, Perez-Leon D, Mudu P. Green spaces and mortality: a systematic review and meta-analysis of cohort studies. *The Lancet Planetary Health*, 2019, 3(11): e469-e477.
- [29] Zhan Y L, Liu J T, Lu Z M, Yue H X, Zhang J W, Jiang Y. Influence of residential greenness on adverse pregnancy outcomes: a systematic review and dose-response meta-analysis. *Science of the Total Environment*, 2020, 718: 137420.
- [30] Agency for Healthcare Research Quality. Appendix D. Quality Assessment Forms. [2020-07-27]. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK35156/>.
- [31] Hu J D, Dong Y H, Chen X D, Liu Y, Ma D Y, Liu X Y, Zheng R Z, Mao X Q, Chen T, He W. Prevalence of suicide attempts among Chinese adolescents: a meta-analysis of cross-sectional studies. *Comprehensive Psychiatry*, 2015, 61: 78-89.
- [32] Wells G A, Shea B, O'Connell J, Peterson J, Welch V, Losos M, Tugwell P. The Newcastle-Ottawa Scale (NOS) for Assessing the Quality of Nonrandomised Studies in Meta-analyses. [2020-07-30]. http://www.evidencebasedpublichealth.de/download/Newcastle_Ottawa_Scale_Pope_Bruce.pdf.
- [33] Stang A. Critical evaluation of the Newcastle-Ottawa scale for the assessment of the quality of nonrandomized studies in meta-analyses. *European Journal of Epidemiology*, 2010, 25(9): 603-605.
- [34] Schuch F B, Vancampfort D, Firth J, Rosenbaum S, Ward P B, Silva E S, Hallgren M, De Leon A P, Dunn A L, Deslandes A C, Fleck M P, Carvalho A F, Stubbs B. Physical activity and incident depression: a meta-analysis of prospective cohort studies. *The American Journal of Psychiatry*, 2018, 175(7): 631-648.
- [35] Higgins J P T, Thompson S G, Deeks J J, Altman D G. Measuring inconsistency in meta-analyses. *BMJ*, 2003, 327(7414): 557-560.
- [36] Annane D, Bellissant E, Bollaert P E, Briegel J, Keh D, Kupfer Y. Corticosteroids for severe sepsis and septic shock: a systematic review and meta-analysis. *BMJ*, 2004, 329(7464): 480-484.
- [37] Buchwald H, Avidor Y, Braunwald E, Jensen M D, Pories W, Fahrbach K, Schoelles K. Bariatric surgery: a systematic review and meta-analysis. *JAMA*, 2004, 292(14): 1724-1737.
- [38] Astell-Burt T, Feng X, Kolt G S. Greener neighborhoods, slimmer people? Evidence from 246920 Australians. *International Journal of Obesity*, 2014, 38(1): 156-159.
- [39] Bao W W, Yang B Y, Zou Z Y, Ma J, Jing J, Wang H J, Luo J Y, Zhang X, Luo C Y, Wang H, Zhao H P, Pan D H, Gui Z H, Zhang J S, Guo Y M, Ma Y H, Dong G H, Chen Y J. Greenness surrounding schools and adiposity in children and adolescents: findings from a national population-based study in China. *Environmental Research*, 2021, 192: 110289.
- [40] Bell J F, Wilson J S, Liu G C. Neighborhood greenness and 2-year changes in body mass index of children and youth. *American Journal of Preventive Medicine*, 2008, 35(6): 547-553.
- [41] Benjamin-Neelon S E, Platt A, Bacardi-Gascon M, Armstrong S, Neelon B, Jimenez-Cruz A. Greenspace, physical activity, and BMI in children from two cities in northern Mexico. *Preventive Medicine Reports*, 2019, 14: 100870.
- [42] Bloemsma L D, Wijga A H, Klompaker J O, Janssen N A H, Smit H A, Koppelman G H, Brunekreef B, Lebret E, Hoek G, Gehring U. The associations of air pollution, traffic noise and green space with overweight throughout childhood: the PIAMA birth cohort study. *Environmental Research*, 2019, 169: 348-356.
- [43] Browning M H E M, Rigolon A. Do income, race and ethnicity, and sprawl influence the greenspace-human health link in city-level analyses? Findings from 496 cities in the United States. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 2018, 15(7): 1541.
- [44] Carroll S J, Paquet C, Howard N J, Coffee N T, Taylor A W, Niyonsenga T, Daniel M. Local descriptive norms for overweight/obesity and physical inactivity, features of the built environment, and 10-year change in glycosylated haemoglobin in an Australian population-based biomedical cohort. *Social Science & Medicine*, 2016, 166: 233-243.
- [45] Carroll S J, Dale M J, Taylor A W, Daniel M. Contributions of multiple built environment features to 10-year change in body mass index and waist circumference in a south Australian middle-aged cohort. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 2020, 17(3): 870.
- [46] Carthy P, Lyons S, Nolan A. Characterising urban green space density and footpath-accessibility in models of BMI. *BMC Public Health*, 2020, 20(1): 760.
- [47] Coombes E, Jones A P, Hillsdon M. The relationship of physical activity and overweight to objectively measured green space accessibility and use. *Social Science & Medicine*, 2010, 70(6): 816-822.
- [48] Cummins S, Fagg J. Does greener mean thinner? Associations between neighbourhood greenspace and weight status among adults in England. *International Journal of Obesity*, 2012, 36(8): 1108-1113.
- [49] Dadvand P, Villanueva C M, Font-Ribera L, Martinez D, Basagaña X, Belmonte J, Vrijheid M, Gražulevičienė R, Kogevinas M, Nieuwenhuijsen

- M J. Risks and benefits of green spaces for children: a cross-sectional study of associations with sedentary behavior, obesity, asthma, and allergy. *Environmental Health Perspectives*, 2014, 122(12): 1329-1335.
- [50] De Bont J, Hughes R, Tilling K, Díaz Y, De Castro M, Cirach M, Fossati S, Nieuwenhuijsen M, Duarte-Salles T, Vrijheid M. Early life exposure to air pollution, green spaces and built environment, and body mass index growth trajectories during the first 5 years of life: a large longitudinal study. *Environmental Pollution*, 2020, 266: 115266.
- [51] Dempsey S, Lyons S, Nolan A. Urban green space and obesity in older adults: evidence from Ireland. *SSM-Population Health*, 2018, 4: 206-215.
- [52] Duncan D T, Castro M C, Gortmaker S L, Aldstadt J, Melly S J, Bennett G G. Racial differences in the built environment—body mass index relationship? A geospatial analysis of adolescents in urban neighborhoods. *International Journal of Health Geographics*, 2012, 11(1): 11.
- [53] Feng X Q, Astell-Burt T. Can green space quantity and quality help prevent postpartum weight gain? A longitudinal study. *Journal of Epidemiology and Community Health*, 2019, 73(4): 295-302.
- [54] Halonen J I, Kivimäki M, Pentti J, Stenholm S, Kawachi I, Subramanian S V, Vahtera J. Green and blue areas as predictors of overweight and obesity in an 8-year follow-up study. *Obesity*, 2014, 22(8): 1910-1917.
- [55] Hobbs M, Green M A, Griffiths C, Jordan H, Saunders J, Grimmer H, McKenna J. Access and quality of parks and associations with obesity: a cross-sectional study. *SSM-Population Health*, 2017, 3: 722-729.
- [56] Hoehner C M, Allen P, Barlow C E, Marx C M, Brownson R C, Schootman M. Understanding the independent and joint associations of the home and workplace built environments on cardiorespiratory fitness and body mass index. *American Journal of Epidemiology*, 2013, 178(7): 1094-1105.
- [57] Huang W Z, Yang B Y, Yu H Y, Bloom M S, Markevych I, Heinrich J, Knibbs L D, Leskinen A, Dharmage S C, Jalaludin B, Morawska L, Jalava P, Guo Y M, Lin S, Zhou Y, Liu R Q, Feng D, Hu L W, Zeng X W, Hu Q, Yu Y J, Dong G H. Association between community greenness and obesity in urban-dwelling Chinese adults. *Science of the Total Environment*, 2020, 702: 135040.
- [58] Huang B S, Liu Y, Chen Y X, Wei H, Dong G H, Helbich M. Establishing associations between residential greenness and markers of adiposity among middle-aged and older Chinese adults through multilevel structural equation models. *International Journal of Hygiene and Environmental Health*, 2020, 230: 113606.
- [59] Hughey S M, Kaczynski A T, Child S, Moore J B, Porter D, Hibbert J. Green and lean: is neighborhood park and playground availability associated with youth obesity? Variations by gender, socioeconomic status, and race/ethnicity. *Preventive Medicine*, 2017, 95(S1): S101-S108.
- [60] James P, Kioumourtoglou M A, Hart J E, Banay R F, Kloog I, Laden F. Interrelationships between walkability, air pollution, greenness, and body mass index. *Epidemiology*, 2017, 28(6): 780-788.
- [61] Jenkin G L, Pearson A L, Bentham G, Day P, Kingham S. Neighbourhood influences on children's weight-related behaviours and body mass index. *AIMS Public Health*, 2015, 2(3): 501-515.
- [62] Jimenez M P, Wellenius G A, James P, Subramanian S V, Buka S, Eaton C, Gilman S E, Loucks E B. Associations of types of green space across the life-course with blood pressure and body mass index. *Environmental Research*, 2020, 185: 109411.
- [63] Klompaker J O, Hoek G, Bloemsa L D, Gehring U, Strak M, Wijga A H, Van Den Brink C, Brunekreef B, Lebret E, Janssen N A H. Green space definition affects associations of green space with overweight and physical activity. *Environmental Research*, 2018, 160: 531-540.
- [64] Li K L, Wen M, Henry K A. Residential racial composition and black-white obesity risks: differential effects of neighborhood social and built environment. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 2014, 11(1): 626-642.
- [65] Liu G C, Wilson J S, Qi R, Ying J. Green neighborhoods, food retail and childhood overweight: differences by population density. *American Journal of Health Promotion*, 2007, 21(S4): 317-325.
- [66] Lovasi G S, Jacobson J S, Quinn J W, Neckerman K M, Ashby-Thompson M N, Rundle A. Is the environment near home and school associated with physical activity and adiposity of urban preschool children?. *Journal of Urban Health*, 2011, 88(6): 1143-1157.
- [67] McCarthy S M, Hughey S M, Kaczynski A T. Examining sociodemographic differences in playground availability and quality and associations with childhood obesity. *Childhood Obesity*, 2017, 13(4): 324-331.
- [68] Mears M, Brindley P, Baxter I, Maheswaran R, Jorgensen A. Neighbourhood greenspace influences on childhood obesity in Sheffield, UK. *Pediatric Obesity*, 2020, 15(7): e12629.
- [69] Mowafi M, Khadr Z, Bennett G, Hill A, Kawachi I, Subramanian S V. Is access to neighborhood green space associated with BMI among Egyptians? A multilevel study of Cairo neighborhoods. *Health & Place*, 2012, 18(2): 385-390.
- [70] Müller G, Harhoff R, Rahe C, Berger K. Inner-city green space and its association with body mass index and prevalent type 2 diabetes: a cross-sectional study in an urban German city. *BMJ Open*, 2018, 8(1): e19062.
- [71] Nesbit K C, Kolobe T A, Arnold S H, Sisson S B, Anderson M P. Proximal and distal environmental correlates of adolescent obesity. *Journal of Physical Activity and Health*, 2014, 11(6): 1179-1186.
- [72] O'Callaghan-Gordo C, Espinosa A, Valentin A, Tonne C, Pérez-Gómez B, Castaño-Vinyals G, Dierssen-Sotos T, Moreno-Iribas C, De Sanjose S,

- Fernandez-Tardón G, Vanaclocha-Espi M, Chirlaque M D, Cirach M, Aragonés N, Gómez-Acebo I, Ardanaz E, Moreno V, Pollán M, Bustamante M, Nieuwenhuijsen M J, Kogevinas M. Green spaces, excess weight and obesity in Spain. *International Journal of Hygiene and Environmental Health*, 2020, 223(1): 45-55.
- [73] Ohri-Vachaspati P, Lloyd K, Delia D, Tulloch D, Yedidia M J. A closer examination of the relationship between children's weight status and the food and physical activity environment. *Preventive Medicine*, 2013, 57(3): 162-167.
- [74] Oreskovic N M, Winickoff J P, Kuhlthau K A, Romm D, Perrin J M. Obesity and the built environment among Massachusetts children. *Clinical Pediatrics*, 2009, 48(9): 904-912.
- [75] Paquet C, Coffee N T, Haren M T, Howard N J, Adams R J, Taylor A W, Daniel M. Food environment, walkability, and public open spaces are associated with incident development of cardio-metabolic risk factors in a biomedical cohort. *Health & Place*, 2014, 28: 173-176.
- [76] Pearson A L, Bentham G, Day P, Kingham S. Associations between neighbourhood environmental characteristics and obesity and related behaviours among adult New Zealanders. *BMC Public Health*, 2014, 14(1): 553.
- [77] Pereira G, Christian H, Foster S, Boruff B J, Bull F, Knuiman M, Giles-Corti B. The association between neighborhood greenness and weight status: an observational study in Perth Western Australia. *Environmental Health*, 2013, 12(1): 49.
- [78] Persson Å, Pyko A, Lind T, Bellander T, Östenson C G, Pershagen G, Eriksson C, Löhmus M. Urban residential greenness and adiposity: a cohort study in Stockholm County. *Environment International*, 2018, 121: 832-841.
- [79] Petravičienė I, Gražulevičienė R, Andrusaitė S, Dedele A, Nieuwenhuijsen M J. Impact of the social and natural environment on preschool-age children weight. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 2018, 15(3): 449.
- [80] Potestio M L, Patel A B, Powell C D, Mcneil D A, Jacobson R D, McLaren L. Is there an association between spatial access to parks/green space and childhood overweight/obesity in Calgary, Canada?. *International Journal of Behavioral Nutrition and Physical Activity*, 2009, 6(1): 77.
- [81] Potwarka L R, Kaczynski A T, Flack A L. Places to play: association of park space and facilities with healthy weight status among children. *Journal of Community Health*, 2008, 33(5): 344-350.
- [82] Prince S A, Kristjansson E A, Russell K, Billette J M, Sawada M, Ali A, Tremblay M S, Prud'homme D. A multilevel analysis of neighbourhood built and social environments and adult self-reported physical activity and body mass index in Ottawa, Canada. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 2011, 8(10): 3953-3978.
- [83] Reis W P, Ghamsary M, Galustian C, Galust H, Herring P, Gaio J, Dos Santos H. Childhood obesity: is the built environment more important than the food environment?. *Clinical Medicine Insights: Pediatrics*, 2020, 14: 1179556520932123.
- [84] Richardson E A, Pearce J, Mitchell R, Kingham S. Role of physical activity in the relationship between urban green space and health. *Public Health*, 2013, 127(4): 318-324.
- [85] Rundle A, Quinn J, Lovasi G, Bader M D M, Yousefzadeh P, Weiss C, Neckerman K. Associations between body mass index and park proximity, size, cleanliness, and recreational facilities. *American Journal of Health Promotion*, 2013, 27(4): 262-269.
- [86] Sander H A, Ghosh D, Hodson C B. Varying age-gender associations between body mass index and urban greenspace. *Urban Forestry & Urban Greening*, 2017, 26: 1-10.
- [87] Sarkar C. Residential greenness and adiposity: findings from the UK Biobank. *Environment International*, 2017, 106: 1-10.
- [88] Schalkwijk A A H, Van Der Zwaard B C, Nijpels G, Elders P J M, Platt L. The impact of greenspace and condition of the neighbourhood on child overweight. *European Journal of Public Health*, 2018, 28(1): 88-94.
- [89] Schüle S A, Fromme H, Bolte G. Built and socioeconomic neighbourhood environments and overweight in preschool aged children. A multilevel study to disentangle individual and contextual relationships. *Environmental Research*, 2016, 150: 328-336.
- [90] Stark J H, Neckerman K, Lovasi G S, Quinn J, Weiss C C, Bader M D M, Konty K, Harris T G, Rundle A. The impact of neighborhood park access and quality on body mass index among adults in New York City. *Preventive Medicine*, 2014, 64: 63-68.
- [91] Sun B D, Yin C. Relationship between multi-scale urban built environments and body mass index: a study of China. *Applied Geography*, 2018, 94: 230-240.
- [92] Tsai W L, Davis A J S, Jackson L E. Associations between types of greenery along neighborhood roads and weight status in different climates. *Urban Forestry & Urban Greening*, 2019, 41: 104-117.
- [93] Van Der Zwaard B C, Schalkwijk A A H, Elders P J M, Platt L, Nijpels G. Does environment influence childhood BMI? A longitudinal analysis of children aged 3 - 11. *Journal of Epidemiology and Community Health*, 2018, 72(12): 1110-1116.
- [94] Veitch J, Abbott G, Kaczynski A T, Stanis S A W, Besenyi G M, Lamb K E. Park availability and physical activity, TV time, and overweight and obesity among women: findings from Australia and the United States. *Health & Place*, 2016, 38: 96-102.
- [95] Velásquez-Meléndez G, Mendes L L, Padez C M P. Built environment and social environment: associations with overweight and obesity in a sample of Brazilian adults. *Cadernos De Saúde Pública*, 2013, 29(10): 1988-1996.

- [96] Villeneuve P J, Jerrett M, Su J G, Weichenthal S, Sandler D P. Association of residential greenness with obesity and physical activity in a US cohort of women. *Environmental Research*, 2018, 160: 372-384.
- [97] Wasserman J A, Suminski R, Xi J, Mayfield C, Glaros A, Magie R. A multi-level analysis showing associations between school neighborhood and child body mass index. *International Journal of Obesity*, 2014, 38(7): 912-918.
- [98] Wilhelmsen C K, Skalleberg K, Raanaas R K, Tveite H, Aamodt G. Associations between green area in school neighbourhoods and overweight and obesity among Norwegian adolescents. *Preventive Medicine Reports*, 2017, 7: 99-105.
- [99] Witten K, Hiscock R, Pearce J, Blakely T. Neighbourhood access to open spaces and the physical activity of residents: a national study. *Preventive Medicine*, 2008, 47(3): 299-303.
- [100] Wolch J, Jerrett M, Reynolds K, McConnell R, Chang R, Dahmann N, Brady K, Gilliland F, Su J G, Berhane K. Childhood obesity and proximity to urban parks and recreational resources: a longitudinal cohort study. *Health & Place*, 2011, 17(1): 207-214.
- [101] Xiao Y, Zhang Y H, Sun Y Y, Tao P H, Kuang X M. Does green space really matter for residents' obesity? A new perspective from Baidu street view. *Frontiers in Public Health*, 2020, 8: 332.
- [102] Yang Y, Jiang Y, Xu Y Q, Mzayek F, Levy M. A cross-sectional study of the influence of neighborhood environment on childhood overweight and obesity: variation by age, gender, and environment characteristics. *Preventive Medicine*, 2018, 108: 23-28.
- [103] Zhang X Y, Zhao H, Chow W H, Durand C, Markham C, Zhang K. Associations between the built environment and body mass index in the Mexican American Mano A Mano Cohort. *Science of the Total Environment*, 2019, 654: 456-462.
- [104] World Health Organization. Waist Circumference and Waist-Hip Ratio: Report of a WHO Expert Consultation, Geneva, 8-11 December 2008. Geneva: WHO Document Production Services, 2011.
- [105] Centers For Disease Control Prevention. Modified z-scores in the CDC growth charts. [2020-11-17]. <https://www.cdc.gov/nccdphp/dnpa/growthcharts/resources/BIV-cutoffs.pdf>.
- [106] 中国肥胖问题工作组数据汇总分析协作组. 我国成人体重指数和腰围对相关疾病危险因素异常的预测价值: 适宜体重指数和腰围切点的研究. *中华流行病学杂志*, 2002, 23(1): 5-10.
- [107] Cole T J, Bellizzi M C, Flegal K M, Dietz W H. Establishing a standard definition for child overweight and obesity worldwide: international survey. *BMJ*, 2000, 320(7244): 1240.
- [108] De Onis M, Onyango A W, Borghi E, Siyam A, Nishida C, Siekmann J. Development of a WHO growth reference for school-aged children and adolescents. *Bulletin of the World Health Organization*, 2007, 85(9): 660-667.
- [109] Ulbrich E J, Nanz D, Leinhard O D, Marcon M, Fischer M A. Whole-body adipose tissue and lean muscle volumes and their distribution across gender and age: MR-derived normative values in a normal-weight Swiss population. *Magnetic Resonance in Medicine*, 2018, 79(1): 449-458.
- [110] Richardson E A, Mitchell R. Gender differences in relationships between urban green space and health in the United Kingdom. *Social Science & Medicine*, 2010, 71(3): 568-575.
- [111] 陈文波, 谢涛, 郑蕉, 吴双. 地表植被景观对 PM_{2.5} 浓度空间分布的影响研究. *生态学报*, 2020, 40(19): 7044-7053.
- [112] Kaczynski A T, Potwarka L R, Saelens B E. Association of park size, distance, and features with physical activity in neighborhood parks. *American Journal of Public Health*, 2008, 98(8): 1451-1456.
- [113] Humpel N, Owen N, Leslie E. Environmental factors associated with adults' participation in physical activity: a review. *American Journal of Preventive Medicine*, 2002, 22(3): 188-199.
- [114] James P, Banay R F, Hart J E, Laden F. A review of the health benefits of greenness. *Current Epidemiology Reports*, 2015, 2(2): 131-142.
- [115] Field A E, Laird N, Steinberg E, Fallon E, Semega-Janneh M, Yanovski J A. Which metric of relative weight best captures body fatness in children?. *Obesity Research*, 2003, 11(11): 1345-1352.
- [116] Browning M, Lee K. Within what distance does "Greenness" best predict physical health? A systematic review of articles with GIS buffer analyses across the lifespan. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 2017, 14(7): 675.