

县域经济发展与20~75岁人群糖尿病流行的关联：基于多源数据的实证研究

高政耀¹, 许梦¹, 杨雨琪¹, 师东菊^{2*}

¹牡丹江医科大学公共卫生学院, 黑龙江 牡丹江

²牡丹江医科大学卫生管理学院, 黑龙江 牡丹江

收稿日期: 2026年3月13日; 录用日期: 2026年4月6日; 发布日期: 2026年4月14日

摘要

目的: 研究我国县域经济水平同20~75岁人群糖尿病发病风险之间的联系, 目的在于给区域化糖尿病风险评价和慢性病防控策略的制定提供科学依据和数据支撑。方法: 本文以2018年中国慢性病和危险因素监测数据、人口普查数据、卫生统计年鉴数据为基础, 对284个县(区)中123个糖尿病监测点进行选择, 共调查20~75岁居民58,705人。采用主成分分析法对县域经济发展中的15个主要指标进行维度简化和因子提取。采用两层随机效应逻辑回归模型, 用个体作为第一层, 用县级行政区划作为第二层来研究县域经济社会发展水平对糖尿病流行趋势的影响机制。所有的统计分析都是用SPSS 26.0软件进行的, 采用MLwiN 2.30平台对多层次建模过程进行精确处理。结果: 采用主成分分析法提取出五个对糖尿病流行风险有明显影响的公共因子, 累积方差贡献率为80.46%, 包含社会经济发展水平、城市基础设施建设情况、人口老龄化趋势、工业化发展程度和环境污染状况。从多层回归模型可以看出, 在社会经济发展水平方面, 高收入或者中等收入城市居民的糖尿病患病风险明显高于低收入城市居民(上分位数OR = 1.534, 95%CI: 1.229~1.776; 中分位数OR = 1.232, 95%CI: 1.038~1.487)。同时区域环境污染物排放强度高组的居民糖尿病发病风险也明显增加, 上分位数OR为1.311, 95%CI为1.121~1.531。基础设施建设指标中高投入地区居民相关疾病发生率呈上升趋势。经多变量调整后, 尽管部分因素如社会经济发展与污染暴露仍维持较高显著性(上分位数OR分别为1.247, 95%CI: 1.083~1.458; 1.173, 95%CI: 1.017~1.355), 但其余因子未表现出统计学意义($P > 0.05$)。结论: 经济繁荣但是环境压力大的地区, 居民患糖尿病的概率会明显上升。建议有关行政机构把这个地区当作慢性病管理的重点对象, 健全健康监测体系并加以完善, 改善干预措施的效果。

关键词

糖尿病, 经济发展, 主成分法, 多源数据

Association between County-Level Socioeconomic Development and Diabetes Prevalence among Adults Aged 20~75: A Multi-Source Data Empirical Study

*通讯作者。

文章引用: 高政耀, 许梦, 杨雨琪, 师东菊. 县域经济发展与 20~75 岁人群糖尿病流行的关联: 基于多源数据的实证研究[J]. 临床医学进展, 2026, 16(4): 2747-2757. DOI: 10.12677/acm.2026.1641529

Zhengyao Gao¹, Meng Xu¹, Yuqi Yang¹, Dongju Shi^{2*}¹School of Public Health, Mudanjiang Medical University, Mudanjiang Heilongjiang²School of Health Management, Mudanjiang Medical University, Mudanjiang Heilongjiang

Received: March 13, 2026; accepted: April 6, 2026; published: April 14, 2026

Abstract

Objective: By studying the relationship between the development status of county-level economy in China and the prevalence risk of diabetes among people aged 20~75, so as to provide a scientific basis for Regionally predict diabetes risk and chronic disease assessment strategy. **Methods:** According to data from the 2018 China Chronic disease and risk factor surveillance, national census and statistical yearbook, 123 monitoring sites of diabetes surveys covering 284 counties (districts) were selected as the study subjects. After filtering, 58,705 people aged 20~75 were included. Using principal component analysis to reduce the dimensions of 15 county-level economic development indicators and extracting common factors. Constructed a two-level logit random intercept model with individual as first-level unit, and counties/districts as second-level units to explore the influence of socioeconomic conditions in every county on the risk of diabetes prevalence. We did the statistic by means of SPSS 26.0 and MLwiN 2.30. **Results:** By principal components analysis, the top five factors (cumulative percentage: 80.46%) were extracted and consisted of socioeconomic development, urban infrastructure, population aging, industrial growth and pollution. The highest level of Socioeconomic development Tertile (OR = 1.534, 95%CI: 1.229~1.776), medium level Tertile (OR = 1.232, 95%CI: 1.038~1.487), pollution most Tertile (OR = 1.311, 95%CI: 1.121~1.531) are all associated positively with an increased risk of diabetes. Urban infrastructure also had a risk trend. After adjustment, only high socioeconomic development (OR = 1.247, 95%CI: 1.083~1.458) and high pollution (OR = 1.173, 95%CI: 1.017~1.355) were still risk factors. Other items were not significantly different ($P > 0.05$). **Conclusion:** The counties which grew economically more and had more pollution were likely to have diabetes. Thus, governments and other departments should prioritize the above areas in chronic disease prevention and control.

Keywords**Diabetes, Economic Development, Principal Component Analysis (PCA), Multi-Source Data**

Copyright © 2026 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>

Open Access

1. 引言

世界卫生组织在召开的全球慢性病防控研讨会上把糖尿病列为急需重点控制的公共卫生问题[1]-[3]。会议认为到 2030 年要依靠精准干预措施来大幅度降低因慢性病造成的过早死亡率。依据国际糖尿病联盟 (International Diabetes Federation, IDF) 的数据, 截至 2024 年, 全球成人糖尿病患者已达 5.89 亿, 其中约 670 万人因该疾病不幸逝世; 若无有效控制, 预计到 2030 年患者数将突破 6.43 亿[4]-[7]。其流行趋势受经济发展水平、人口老龄化程度、生活方式改变和社会经济条件等多种因素的影响, 在中国呈快速增长的趋势[8] [9]。因此糖尿病已经成为一项具有深远的社会影响的公共健康问题。

大量的实证研究证明,长期处在污染的环境中会大大增加得糖尿病的风险[10]-[14]。目前学术界对于交通流量、绿化覆盖程度等微观环境因素同糖尿病发病率联系的探究逐渐加深,且具有较强的实践指导意义[10][12]。

虽然国内糖尿病的地域分布特征已经被初步证明,但是它和区域经济发展水平之间的内在联系还没有被充分地揭示出来[8][15][16]。因此本文以2018年全国慢性病和危险因素监测数据、国家统计局宏观经济统计数据为基础,在县级行政单元层面对成人糖尿病流行的主要经济驱动因素进行系统的分析[17]-[20]。创建更加精确的风险评价模型,可以给制订相应的防控举措赋予科学的支撑和实际的帮助。

2. 对象与方法

2.1. 对象

2018年由中国疾病预防控制中心牵头组织全国慢性病和危险因素监测工作,采取多阶段分层整群随机抽样方式,对除西藏以外的30个省、自治区、直辖市和新疆生产建设兵团下属的4个师共选择了302个监测点进行现场调查[17]。该方案的设计过程已经在中国疾控中心伦理委员会的批准下,在相关的学术文献中也做了详细的说明[18]。所有的参与人都签署了知情同意书,保证数据采集符合伦理规范并且有法律效力。为了获得研究所需要的经济社会发展基础数据,2020年人口普查分县资料、2019年中国城市统计年鉴、2019年中国区域经济统计年鉴等被用作主要的参考文献[19]-[21]。由于部分偏远地区没有统计数据,所以实际分析的对象没有包括西藏和新疆生产建设兵团的部分县级单位。糖尿病及其并发症流行病学特征评价,依靠2013年国家慢性病风险因素监测项目确定的123个代表性地区来扩充,提高本研究成果的科学性、可推广性[18]。

本文以中国慢性病与危险因素监测项目2018年糖尿病调查数据为基础,选取全国范围内所有有完整数据记录的286个县级行政区(新疆、西藏由于数据缺失而被剔除)。从中选出20到75岁的目标对象共59,367人。剔除由于没有糖尿病确诊信息而被排除的395例后,得到有效的分析样本为58,705例,男性25,942例、女性32,763例,总体样本回收率为99.5%。

2.2. 方法

根据2018年中国慢性病和主要危险因素监测方案,研究人员用标准化问卷对目标群体的家庭背景、个人特征、疾病史等基础信息做了系统的采集工作,并且使用生物医学技术获得了详细的生理参数数据。从身高、体重、腰围、血压、心率等体格测量指标以及血红蛋白、空腹血糖、口服葡萄糖耐量试验(OGTT)后2小时血糖、血脂谱分析等实验室检测结果入手,对受试者的代谢状况和心血管危险程度做全方位的评价。数据采集流程以及相关工具具体应用见相关监测技术手册及规范[18]。本文选取了区域经济社会发展数据库中可以影响糖尿病患病率的十五个指标作为分析变量[18]。

2.3. 指标定义

按照《中国糖尿病防治指南(2024年版)》以及目前的学术研究,个体有下列任何一种情况时就可以被诊断为糖尿病患者:经过专业医务人员临床检查确诊的;空腹血糖(FPG) ≥ 7.0 mmol/L [9][22];口服葡萄糖耐量试验(OGTT)2小时血糖 ≥ 11.1 mmol/L;或者糖化血红蛋白(HbA1c) $\geq 6.5\%$ 。

经济变量有平均受教育年限、老龄化程度(老年抚养比、65岁以上人口占总人口比例)、产业结构特征(第一、二产业就业比例)、环境质量指标(工业烟粉尘、二氧化硫排放均值)、城镇化进程和生活质量等[18]-[20]。同时用地区生产总值、人均可支配收入等核心宏观经济变量,结合城乡居民人均纯收入或者可支配收入的算术平均数作为主要衡量指标,来全面反映区域经济发展水平以及内在联系机制[21]。

从个体角度来讲, 研究主要针对性别、年龄(分为 20~34 岁、35~49 岁、50~64 岁、65 岁及以上四个年龄段)以及家庭经济状况(人均年收入以 P33.3%、P66.7%分位数作为划分标准的三个层次)进行综合评定, 并且考虑了糖尿病遗传背景的因素[22][23]。同时将饮酒频率和吸烟行为等生活习惯的行为表现形式也包含进来[24]-[26]。红肉高摄取是指近一年内每天平均食用量大于 100 克的行为模式, 久坐不动指的是每周各种身体活动的总能量消耗小于 600 MET [27]。按照中国慢性病及其危险因素监测技术指南和成人肥胖症分类标准(WS/T 428-2013), 体质指数 BMI < 24.0 kg/m² 为健康体型, BMI ≥ 28.0 kg/m² 为肥胖亚型, 介于两者之间为超重。以上变量都是用多种数据收集方法来系统地对它们进行量化。

2.4. 质量控制

2018 年《中国慢性病和主要危险因素监测方案》创建起完善的质量管理体系, 从而保证数据的真实性、可靠性。所有调查人员都要经过系统的、标准的培训, 经过专家团队专业考核之后才可以上岗。正式开展调研之前, 必须对测量设备进行全面的调试和精确的校准。数据采集过程由有经验的专家以及第三方机构共同进行质量控制, 相关的质控措施及效果见有关的技术规范文件[18]。

2.5. 统计学分析

本文用主成分分析法对 15 个社会经济指标进行降维处理, 只保留特征值大于 1 且累计解释方差超过 80% 的公因子。利用回归算法得到各个公因子的得分, 再用分界点 P33.3、P66.7 将数据分为低、中、高三等级区间。为了进一步检验假设, 用单因素方差分析来检验各个组别之间是否存在差异。根据个体(一级)和县区(二级)两个层次的数据结构来建立两水平 Logistic 回归模型, 研究县域经济发展水平同 20~75 岁人群糖尿病发病率之间的作用机理。具体的变量编码规则如表 1 所示。所有的统计推断都用双侧 $\alpha = 0.05$ 的显著性水平执行, 数据分析均使用 SPSS 26.0 和 MLwiN 2.30。

Table 1. Two-level Logistic regression analysis variable assignment table

表 1. 两水平 Logistic 回归分析变量赋值表

变量	赋值
糖尿病	0 = 否, 1 = 是
性别	0 = 女性, 1 = 男性
年龄(岁)	1 = 20~34, 2 = 35~49, 3 = 50~64, 4 = 65~75
家庭经济状况	1 = 较低收入, 2 = 中等收入, 3 = 较高收入
糖尿病家族史	0 = 无, 1 = 有
吸烟状况	0 = 不吸烟, 1 = 吸烟
饮酒状况	0 = 不饮酒, 1 = 饮酒
红肉食用情况	0 = 正常摄入, 1 = 过量摄入
体力活动	0 = 运动量充足, 1 = 缺乏运动
体重	1 = 正常, 2 = 超重, 3 = 肥胖
公因子 1: 社会经济发展	0 = 下三分位数, 1 = 中三分位数, 2 = 上三分位数
公因子 2: 工业发展	0 = 下三分位数, 1 = 中三分位数, 2 = 上三分位数
公因子 3: 工业废气排放水平	0 = 下三分位数, 1 = 中三分位数, 2 = 上三分位数
公因子 4: 城市基础设施建设	0 = 下三分位数, 1 = 中三分位数, 2 = 上三分位数
公因子 5: 人口老龄化程度	0 = 下三分位数, 1 = 中三分位数, 2 = 上三分位数

3. 结果

3.1. 县(区)经济发展指标的主成分分析

Table 2. Socio-economic development of 123 monitoring counties (districts) and factor load after orthogonal rotation
表 2. 123 个监测县(区)的社会经济发展情况及正交旋转后的因子载荷

社会经济发展指标	最小值	最大值	四分位数			因子载荷				
			P25	P50	P75	公因子 1	公因子 2	公因子 3	公因子 4	公因子 5
第一产业从业人员占行业人员比 (%)	0.05	49.13	16.41	24.59	32.77	-0.339	-0.503	-0.215	-0.256	-0.088
平均受教育年限(年)	7.31	12.21	8.94	9.76	10.58	0.654	-0.327	0.445	0.029	-0.077
人均可支配年收入(元)	20,335	72,232	37,634	46,284	54,933	0.809	0.093	-0.160	0.153	0.117
第一产业占地区 GDP 的比重(%)	0.09	44.19	14.79	22.14	29.49	-0.824	-0.277	-0.118	-0.069	-0.080
人均社会生产总值(元)	12,656	191,942	72,418	102,299	132,180	0.885	0.466	-0.238	0.070	-0.039
第二产业占地区 GDP 的比重(%)	13.13	77.86	34.71	45.41	56.10	-0.047	0.622	0.258	-0.066	-0.055
人均工业产值(元)	271	104,018	4223	8367	19,265	0.353	0.801	-0.025	0.285	-0.108
第二产业从业人员占行业人员比 (%)	2.87	83.31	29.68	40.22	56.5	0.590	0.520	0.266	0.123	0.151
工业烟(粉)尘平均排放量 (吨/平方公里)	0.02	75.44	25.16	37.71	50.3	0.201	0.219	0.166	0.808	-0.018
工业二氧化硫平均排放量 (吨/平方公里)	0.03	287.92	95.99	143.95	191.96	0.447	0.301	0.236	0.558	-0.027
人均绿地面积(m ²)	6.00	247.23	86.41	120.62	166.82	0.150	0.045	-0.303	0.151	0.021
人均城市道路面积(m ²)	4.17	53.90	20.75	37.33	53.91	0.190	0.365	0.145	0.265	-0.034
每万人口拥有家用汽车数量(辆)	0.46	63.16	21.36	42.26	63.16	0.723	-0.082	0.136	0.605	-0.218
65 岁及以上人群所占比例(%)	4.46	22.98	10.63	16.8	22.97	0.372	-0.086	0.001	-0.038	0.974
老年人口抚养比(%)	0.10	0.38	0.19	0.28	0.29	-0.044	-0.079	-0.059	-0.081	0.984

Table 3. Initial eigenvalue and cumulative contribution rate of 5 common factors
表 3. 5 个公因子初始特征值与累计贡献率

公因子	初始特征值	贡献率(%)	累计贡献率 (%)	因子得分情况				
				最小值	最大值	P25	P50	P75
公因子 1: 社会经济发展	4.096	27.31	27.31	-1.774	3.934	-0.769	-0.184	0.636
公因子 2: 工业发展	2.255	15.03	42.34	-2.544	3.482	-0.582	-0.068	0.460
公因子 3: 工业废气排放水平	1.697	12.65	54.99	-1.371	7.605	-0.375	-0.200	-0.030
公因子 4: 城市基础设施建设	1.531	11.87	66.86	-1.507	4.026	-0.714	-0.137	0.464
公因子 5: 人口老龄化	2.040	13.60	80.46	-2.048	2.611	-0.717	-0.121	0.784

123 个监测县域在不同的经济发展维度上存在着明显的异质性特点, 见表 2。根据相关矩阵数据分析结果可知, 当特征值大于 1 且累计贡献率大于 80% 的时候, 就可以得到 5 个主成分因子, 解释方差之和

为 80.46%。通过考察各个指标变量的因子载荷系数,再对这些因子分别对应的维度进行社会经济综合发展水平、工业产值规模、环境污染程度、城市基础设施建设状况和人口老龄化趋势等进行确认,并将结果详细记录在表 2 中。采用回归模型测算得到上述区域的因子得分中位数分别为-0.184、-0.068、-0.200、-0.137 与-0.121,具体情况参见表 3。

3.2. 糖尿病的单因素关联分析

从数据可知,糖尿病患病率与性别、年龄、家庭经济状况、既往病史、饮酒量、运动量、体重指数等有关($P < 0.01$)。吸烟行为和红肉摄入量均无统计学差异,具体数据见表 4。

根据公因子得分 P33.3 和 P66.7 将调查县(区)的社会经济发展水平分成低、中、高三类区间。通过对该地区糖尿病患病率同经济社会发展水平、环境质量、公共服务设施完善程度、人口老龄化趋势等各方面的相关性进行分析后可知,这些因素都具有明显的统计学意义($P < 0.01$)。不同工业化程度的地区在糖尿病发病率上没有统计学意义($P > 0.05$),见表 5。

Table 4. Prevalence of diabetes in subjects with different characteristics

表 4. 不同特征调查对象的糖尿病患病情况

特征	分类	非糖尿病患者	糖尿病患者	χ^2 值	P 值
性别	女性	21,068 (43.5)	4910 (47.8)	41.32	<0.01
	男性	27,364 (56.5)	5363 (52.2)		
年龄组(岁)	20~34	16,515 (34.1)	1644 (16.0)	1643.45	<0.01
	35~49	15,159 (31.3)	3051 (29.7)		
	50~64	11,575 (23.9)	3503 (34.1)		
	65~75	5183 (10.9)	2075 (20.2)		
家庭经济状况 ^a	低收入	20,099 (41.5)	3637 (35.4)	162.64	<0.01
	中等收入	13,658 (28.2)	2835 (27.6)		
	高收入	14,675 (30.3)	3801 (37.0)		
糖尿病家族史 ^a	无	44,848 (92.6)	8763 (85.3)	635.32	<0.01
	有	3584 (7.4)	1510 (14.7)		
吸烟情况 ^a	否	31,675 (65.4)	6739 (65.6)	0.04	0.76
	是	16,757 (34.6)	3534 (34.4)		
饮酒情况 ^a	否	33,999 (70.2)	7519 (73.2)	17.37	<0.01
	是	14,433 (29.8)	2754 (26.8)		
红肉摄入 ^a	正常	37,389 (77.2)	8023 (78.1)	0.67	0.47
	过量	11,043 (22.8)	2250 (21.9)		
体力活动 ^a	充足	41,748 (86.2)	8455 (82.3)	62.10	<0.01
	不足	6684 (14.8)	1818 (17.7)		
体重状况 ^a	正常	30,754 (63.5)	4366 (42.5)	1620.23	<0.01
	超重	15,111 (31.2)	4643 (45.2)		
	肥胖	2567 (5.3)	1264 (12.3)		
合计		48,432	10,273		

注: 括号外数据为纳入分析的样本总数, 括号内数值为该样本占总样本的比例。标记“a”表示有缺失数据。

Table 5. Diabetes prevalence in different counties (districts) under the condition of social and economic development
表 5. 不同调查县(区)社会经济发展情况下的糖尿病患病情况

公因子分类 ^a	公因子得分	非糖尿病患者	糖尿病患者	χ^2 值	P 值
公因子 1: 社会经济发展	下三分位数	15,740 (32.5)	3143 (30.6)	289.74	<0.01
	中三分位数	15,692 (32.4)	3348 (32.6)		
	上三分位数	17,000 (35.1)	3782 (36.8)		
公因子 2: 工业发展	下三分位数	15,159 (31.3)	3307 (32.2)	3.37	0.18
	中三分位数	16,321 (33.7)	3379 (32.9)		
	上三分位数	16,952 (35.0)	3587 (34.9)		
公因子 3: 工业废气排放水平	下三分位数	15,788 (32.6)	2712 (26.4)	214.19	<0.01
	中三分位数	16,902 (34.9)	3379 (32.9)		
	上三分位数	15,742 (32.5)	4182 (40.7)		
公因子 4: 城市基础设施建设	下三分位数	15,691 (32.4)	2917 (28.4)	105.82	<0.01
	中三分位数	16,466 (34.0)	3133 (30.5)		
	上三分位数	16,275 (33.6)	4223 (41.1)		
公因子 5: 人口老龄化程度	下三分位数	15,982 (33.0)	2855 (27.8)	17.32	<0.01
	中三分位数	16,273 (33.6)	3605 (35.1)		
	上三分位数	16,177 (33.4)	3813 (37.1)		

注: ^a根据因子得分在第 33.3%和第 66.7%分位数处的分布情况,把原始数据分成三个等距的分位区间。

根据公因子分析结果可知,因子 1 特征值为-0.554, 占总变异比例为 33.3%, 显著负向载荷; 因子 2 特征值为-0.392, 占总变异比例为 33.3%, 负向关联为中等程度; 因子 3 特征值为-0.316, 占总变异比例为 33.3%, 负向关联较弱; 因子 4 特征值为-0.548, 占总变异比例为 33.3%, 负向关联为显著负向; 因子 5 特征值为-0.539, 占总变异比例为 33.3%, 负向效应较强。各个变量在不同的因子上具体的载荷见表 1 (数值为百分比形式)。

3.3. 各县(区)糖尿病流行状况的两水平 Logistic 回归分析

本文用两层随机效应的逻辑回归模型来评价地区经济发展水平对糖尿病流行趋势的影响。通过建立 Model I、Model II 及 Model III 三个层次逐步递进的分析框架展开实证研究。统计结果可知, 在各个模型中随机截距项方差 $\sigma^2_{\{u_0\}}$ 分别为 0.144、0.094、0.080, 都在 5% 的显著性水平上具有统计学意义 ($P < 0.01$), 说明区域内糖尿病发病率有明显的空间异质性, 相关分析结果见表 6。

模型 I 显示, 县(区)经济发展水平同糖尿病流行风险存在明显联系。研究结果指出, 相较于处于最低三分位数的地区, 位于第二、三分位数的地区其糖尿病患病率明显更高, 对应的风险比(OR)分别为 1.534 (95%CI: 1.229~1.776)和 1.232 (95%CI: 1.038~1.487)。从环境质量上讲, 高污染排放区居民糖尿病发病风险比低污染区要高很多, 相关指标显示其 OR 值为 1.311 (95%CI: 1.121~1.531)。城市基础设施建设状况也会影响健康, 高基础设施水平的城市居民糖尿病发病率比低基础设施水平的城市高, 统计学意义的 OR 值分别为 1.253 (95%CI: 1.059~1.482)和 1.207 (95%CI: 1.032~1.418)。

模型 II 的研究结果表明, 随着调查对象个体层面的影响因素逐渐被加入到协变量分析中, 各县(区)经济发展水平不同所造成的糖尿病流行风险差异越来越小。在调整了人口学特征(性别、年龄、家庭经济状况和个人病史)之后, 高污染物排放、高经济水平地区糖尿病患病风险比低污染物排放、低经济水平地区高, 上三十分位组的相对风险比(OR)分别为 1.276 (95%CI: 1.103~1.504)和 1.223 (95%CI: 1.053~1.427)。

就城市基础设施建设而言，上三十分位组地区糖尿病发病率比下三十分位组地区有明显上升的趋势，相对风险比为 1.167 (95%CI: 1.006~1.374)。

模型III在人口学特征控制变量基础上，把吸烟频率、饮酒模式、红肉食用量、日常身体活动强度、体质指数等作为生活方式相关调节变量，从多方面展开调节分析。从经济、环境两个指标来看，在经济、环境两个指标的下三分位数上，相比于中高分位组糖尿病发病率有明显的抑制作用，但是依然明显高于最低分位组，对应的 OR 为 1.247 (95%CI: 1.083~1.458)和 1.173 (95%CI: 1.017~1.355)。伴随着工业化进程的推进、城镇化建设的加速以及人口老龄化的加深，区域糖尿病患病率总体上呈上升趋势，但是这个关系并没有达到统计学显著的程度。

在排除个体的潜在干扰因素之后，区域经济社会发展水平和环境污染状况依然是影响县域内糖尿病流行特征的主要因素。

Table 6. Correlation analysis of socio-economic development level in diabetes prevalence at county (district) level
表 6. 社会经济发展水平在县(区)层面糖尿病流行状况的关联性分析

影响因素	Model I ^b		Model II ^c		Model III ^d	
	OR (95%CI)	P-Value	OR (95%CI)	P-Value	OR (95%CI)	P-Value
公因子 1: 社会经济发展						
下三分位数	1.000		1.000		1.000	
中三分位数	1.232 (1.038, 1.487)	<0.05	1.126 (0.948, 1.347)	0.16	1.106 (0.918, 1.275)	0.34
上三分位数	1.534 (1.299, 1.776)	<0.01	1.276 (1.103, 1.504)	<0.01	1.247 (1.083, 1.458)	<0.01
公因子 2: 工业发展						
下三分位数	1.000		1.000		1.000	
中三分位数	0.947 (0.817, 1.122)	0.60	0.953 (0.822, 1.127)	0.69	0.981 (0.847, 1.145)	0.78
上三分位数	0.991 (0.843, 1.167)	0.87	1.004 (0.855, 1.180)	0.95	1.007 (0.865, 1.172)	0.91
公因子 3: 工业废气排放水平						
下三分位数	1.000		1.000		1.000	
中三分位数	1.054 (0.904, 1.228)	0.52	1.013 (0.872, 1.176)	0.86	0.987 (0.847, 1.130)	0.77
上三分位数	1.311 (1.121, 1.531)	<0.01	1.223 (1.053, 1.427)	<0.05	1.173 (1.017, 1.355)	<0.05
公因子 4: 城市基础设施建设						
下三分位数	1.000		1.000		1.000	
中三分位数	1.207 (1.032, 1.418)	<0.05	1.167 (1.006, 1.374)	<0.05	1.146 (0.988, 1.331)	0.07
上三分位数	1.253 (1.059, 1.482)	<0.01	1.156 (0.976, 1.365)	0.08	1.119 (0.948, 1.309)	0.14
公因子 5: 人口老龄化程度						
下三分位数	1.000		1.000		1.000	
中三分位数	1.103 (0.942, 1.287)	0.23	1.043 (0.897, 1.221)	0.60	1.086 (0.937, 1.256)	0.29
上三分位数	1.145 (0.983, 1.329)	0.08	1.066 (0.917, 1.238)	0.42	1.130 (0.982, 1.306)	0.08

注: ^bModel I: 为未纳入个体层面协变量的两水平 Logistic 回归随机截距模型; ^cModel II: 为调整了性别、年龄、家庭经济状况、糖尿病家族史等人口学特征后的模型; ^dModel III: 在 Model II 基础上, 进一步调整了吸烟状况、饮酒状况、红肉食用量、体力活动、体重状况等生活方式相关变量后的模型。

本文用双层嵌套的随机效应 Logistic 回归模型对修正后得到的比值比及 95%置信区间进行估计。

b 未纳入个体层面协变量开展的两水平 Logistic 回归随机截距模型, 随机效应 $\sigma^2_{u0} = 0.144$, $SE = 0.019$, $P < 0.01$ 。

根据两水平 Logistic 回归模型进行多因素分析可知, 在人口学特征(性别、年龄、家庭经济状况、糖尿病家族史)做了多因素调整之后, 随机效应 σ^2_u 的估计值为 0.094, 标准误(SE)为 0.015, P 值小于 0.01。

本文用两水平 Logistic 回归随机效应模型, 对目标人群的人口学特征(性别、年龄、家庭经济状况、糖尿病遗传倾向)、行为因素(烟草使用、酒精摄入、红肉消费频率、运动强度)对健康结局的影响做系统的评价。数据分析得出随机效应 σ^2_u 的估计值为 0.080, 标准误为 0.012, P 值小于 0.01, 说明这个变量在统计学上具有很强的解释能力。

4. 讨论

糖尿病的产生和发展受到宏观经济环境、社会变迁过程、人口结构改变、生活方式转变、生态环境改善等诸多复杂因素的影响[5]-[7]。本研究冲破传统研究范式单一数据源的束缚, 第一次把国家级大规模抽样调查数据同国家统计局发布的普查、统计年鉴资料融合起来, 在县域范围内系统探究经济社会发展差异怎样影响糖尿病流行特点, 力求给区域化糖尿病风险评价以及慢性病防控政策制订赋予科学根据和实际支撑。

经济发展水平越高, 糖尿病发病率就越高, 高经济水平地区糖尿病发病风险比低经济水平地区高 25.6% [5]。该结果同以往有关学术研究的结论一致。2015 年全国疾病监测数据显示, 城市居民糖尿病患病率高达 12.3%, 是农村的两倍多。随着区域经济的发展阶段的变化, 各个收入层次地区的糖尿病发病率一直都在增长: 欠发达地区为 9.6%, 中等发达地区为 10.2%, 而发达地区则达到了 11.8% [1] [5]。世界卫生组织研究表明, 低收入、中等收入国家糖尿病发病率及健康负担增速比高收入国家快[1] [5] [7]。虽然目前糖尿病主要发生在发达国家和地区, 但是部分欠发达或者中等收入国家由于医疗资源缺乏、公众健康意识不强等原因, 使得疾病防控工作进展缓慢。预计将来这些地方会成为全球慢性非传染性疾病管理的主要研究对象, 急需提高糖尿病知识的普及率和综合干预策略的实施效果。这一宏观效应可能通过生活方式转型、饮食结构重塑和经济增长伴随的心理应激等路径向个体层面传导。

近几年来, 全球疾病负担(GBD)研究显示, 中国已经成为因为空气污染造成糖尿病负担最重的国家之一[16] [28]。由于区域间污染物浓度不同、人口分布特点和经济发展水平的不同, 造成各个地区的糖尿病发病率存在着明显的空间异质性。空气污染物可以影响到呼吸系统的功能, 造成组织缺氧。糖尿病的发生与胰岛细胞长期缺氧有关, 引起血糖升高, 降低红细胞携氧能力, 从而加快胰岛细胞凋亡的过程[14] [29]。工业粉尘、二氧化硫是主要的空气污染物, 其浓度同地区糖尿病流行风险呈正相关关系的研究结论得到了大量的支持[30] [31]。

由于我国人口众多, 广域环境影响和群体性健康风险的存在, 单个主体的暴露威胁虽然有局限性, 但是相关部门仍然需要提高危机意识, 完善应对机制。

从目前的研究来看, 工业用地占比较高城市的空间布局会加重糖尿病发病率增长的趋势[10] [15]。改善公共绿地的分布情况, 加大步行道网络密度可以有效地改善这一健康问题[13] [27]。本文选取的县域尺度基础设施建设指标虽然没有在多变量分析中表现出显著性, 但是其覆盖面比以前的研究要广。就家庭和社区层次的微观差异识别能力而言, 还存在不足。根据模型 I 的实证结果, 建立以生态友好为导向的社区微环境系统有重大的实践意义和现实意义。

按照世界卫生组织的倡议, 全世界要调动各种各样的社会资源参与到糖尿病防控工作中来, 在公共交通系统改善和环境综合治理上进行创新性的政策设计, 从而遏制非传染性疾病蔓延的趋势[1] [26]。随

着《健康中国行动(2019~2030年)》和“健康中国2030”规划纲要等顶层文件的不断推进,“健康融入所有政策”理念也被写入了我国各级政府的核心治理原则当中[32][33]。区域经济差异对糖尿病发病水平的影响分析表明,虽然一些地区经济发展提高了居民的生活质量,但是由于生态环境的恶化,造成该地区居民的糖尿病发病率上升问题越来越严重[34]。因此,依靠加强生态保护建设、改善城市交通网络配置、提高市政公共设施服务水平来应对这一挑战具有较高的可行性,但是需要得到相关部门的高度重视,并且积极推动具体的实施方案的落实[35][36]。

本文存在一些不足。由于采用横断面研究设计,不能很好地建立变量之间的因果关系,从而影响到结论的推演能力,可以利用纵向追踪研究来验证研究结论的可靠性。另外,受县域尺度数据限制,本研究环境指标侧重于工业废气排放强度,对PM_{2.5}暴露及水土污染等广义环境质量的表征存在局限。现有的数据采集框架对于社会经济因素的涵盖存在明显的欠缺,没有包含空气质量监测数据、社区健身资源分布等重要的指标。协变量的选择主要依靠调查问卷所获得的信息,但是由于记忆偏差等原因,可能会导致测量误差,进而对分析结果的准确性造成一定的影响。

本文用多种来源的数据来评价社会经济状况对于糖尿病流行的影响,认为高收入地区应该重点控制饮食和运动等非传染性危险因素。对污染重灾区要加大环境污染治理和早期筛查体系的建设力度。该研究在区域慢性病风险评价方法上取得重大的突破。

参考文献

- [1] World Health Organization (2013) Global Action Plan for the Prevention and Control of Noncommunicable Diseases: 2013-2020. http://apps.who.int/iris/bitstream/10665/94384/1/9789241506236_eng.pdf
- [2] United Nations (2015) Transforming Our World: The 2030 Agenda for Sustainable Development. <https://sdgs.un.org/2030agenda>
- [3] Liu, M., Liu, S.W., Wang, L.J., Bai, Y.M., Zeng, X.Y., Guo, H.B., et al. (2019) Burden of Diabetes, Hyperglycaemia in China from to 2016: Findings from the 1990 to 2016, Global Burden of Disease Study. *Diabetes & Metabolism*, **45**, 286-293. <https://doi.org/10.1016/j.diabet.2018.08.008>
- [4] International Diabetes Federation (2024) IDF Diabetes Atlas: Diabetes and Kidney Disease. <https://diabetesatlas.org/atlas/diabetes-and-kidney-disease/>
- [5] 吴秀强,戴小华,杨珍,等.全球糖尿病负担的社会经济差异:1990-2019年时间趋势分析[J].现代预防医学,2024,51(2):210-215.
- [6] 国务院办公厅.中国防治慢性病中长期规划(2017-2025年)[EB/OL].
http://www.gov.cn/zhengce/content/2017-02/14/content_5167886.htm, 2026-04-09.
- [7] 王琦琦,于石成,徐成东,等.社会经济发展与35~74岁人群糖尿病关联分析[J].中国慢性病预防与控制,2020,28(2):115-120.
- [8] Jia, W., Chan, J.C., Wong, T.Y. and Fisher, E.B. (2025) Diabetes in China: Epidemiology, Pathophysiology and Multi-omics. *Nature Metabolism*, **7**, 16-34. <https://doi.org/10.1038/s42255-024-01190-w>
- [9] 中华医学会糖尿病学分会.中国糖尿病防治指南(2024版)[J].中华糖尿病杂志,2025,17(1):16-139.
- [10] Shin, S., Bai, L., Oiamo, T.H., Burnett, R.T., Weichenthal, S., Jerrett, M., et al. (2020) Association between Road Traffic Noise and Incidence of Diabetes Mellitus and Hypertension in Toronto, Canada: A Population-Based Cohort Study. *Journal of the American Heart Association*, **9**, e013021. <https://doi.org/10.1161/jaha.119.013021>
- [11] Wang, B., Sun, Y., Zhang, K., Wang, Y., Tan, X., Wang, N., et al. (2024) Long-term Exposure to Ambient Air Pollution and Risk of Microvascular Complications among Patients with Type 2 Diabetes: A Prospective Study. *International Journal of Epidemiology*, **53**, dyae056. <https://doi.org/10.1093/ije/dyae056>
- [12] Thacher, J.D., Poulsen, A.H., Hvidtfeldt, U.A., Raaschou-Nielsen, O., Brandt, J., Geels, C., et al. (2021) Long-Term Exposure to Transportation Noise and Risk for Type 2 Diabetes in a Nationwide Cohort Study from Denmark. *Environmental Health Perspectives*, **129**, Article ID: 127003. <https://doi.org/10.1289/ehp9146>
- [13] Wu, C., Liu, J., Li, Y., Qin, L., Gu, R., Feng, J., et al. (2024) Association of Residential Air Pollution and Green Space with All-Cause and Cause-Specific Mortality in Individuals with Diabetes: An 11-Year Prospective Cohort Study. *eBiomedicine*, **108**, Article ID: 105376. <https://doi.org/10.1016/j.ebiom.2024.105376>

- [14] Beulens, J.W.J., Pinho, M.G.M., Abreu, T.C., den Braver, N.R., Lam, T.M., Huss, A., *et al.* (2021) Environmental Risk Factors of Type 2 Diabetes—An Exposome Approach. *Diabetologia*, **65**, 263-274. <https://doi.org/10.1007/s00125-021-05618-w>
- [15] Aarathi, G.R., Mehreen Begum, T.S., Moosawi, S.A., Kusuma, D., Ranjani, H., Paradeepa, R., *et al.* (2023) Associations of the Built Environment with Type 2 Diabetes in Asia: A Systematic Review. *BMJ Open*, **13**, e065431. <https://doi.org/10.1136/bmjopen-2022-065431>
- [16] Zhou, Y., Liu, J., Zhao, Z., Zhou, M. and Ng, M. (2025) The National and Provincial Prevalence and Non-Fatal Burdens of Diabetes in China from 2005 to 2023 with Projections of Prevalence to 2050. *Military Medical Research*, **12**, Article No. 28. <https://doi.org/10.1186/s40779-025-00615-1>
- [17] 中国慢性病及其危险因素监测报告 2018 [M]. 北京: 人民卫生出版社, 2021.
- [18] 中国慢性病及危险因素监测数据分析手册[M]. 北京: 人民卫生出版社, 2022.
- [19] 国务院第七次全国人口普查领导小组办公室. 中国人口普查分县资料 2020[M]. 北京: 中国统计出版社, 2022.
- [20] 国家统计局城市社会经济调查司. 中国城市统计年鉴 2019 [M]. 北京: 中国统计出版社, 2020.
- [21] 国家统计局国民经济综合统计司. 中国区域经济统计年鉴 2019 [M]. 北京: 中国统计出版社, 2020.
- [22] American Diabetes Association (2011) Diagnosis and Classification of Diabetes Mellitus. *Diabetes Care*, **34**, S62-S69. <https://doi.org/10.2337/dc11-s062>
- [23] World Cancer Research Fund and American Institute for Cancer Research (2018) Diet, Nutrition, Physical Activity and Cancer: A Global Perspective.
- [24] Armstrong, T. and Bull, F. (2006) Development of the World Health Organization Global Physical Activity Questionnaire (GPAQ). *Journal of Public Health*, **14**, 66-70. <https://doi.org/10.1007/s10389-006-0024-x>
- [25] 中华人民共和国国家卫生和计划生育委员会. WS/T428-2013 成人体重判定[S]. 北京: 中国标准出版社, 2013.
- [26] Xu, Y., Lu, J., Li, M., Wang, T., Wang, K., Cao, Q., *et al.* (2024) Diabetes in China Part 2: Prevention, Challenges, and Progress. *The Lancet Public Health*, **9**, e1098-e1104. [https://doi.org/10.1016/s2468-2667\(24\)00251-2](https://doi.org/10.1016/s2468-2667(24)00251-2)
- [27] Gascon, M., Triguero-Mas, M., Martínez, D., Dadvand, P., Forn, J., Plasència, A., *et al.* (2015) Mental Health Benefits of Long-Term Exposure to Residential Green and Blue Spaces: A Systematic Review. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, **12**, 4354-4379. <https://doi.org/10.3390/ijerph120404354>
- [28] Kim, J.J., Lee, E., Ryu, G.R., Ko, S., Ahn, Y. and Song, K. (2020) Hypoxia Increases β -Cell Death by Activating Pancreatic Stellate Cells within the Islet. *Diabetes & Metabolism Journal*, **44**, 919-927. <https://doi.org/10.4093/dmj.2019.0181>
- [29] Wu, Y., Zhang, S., Qian, S.E., Cai, M., Li, H., Wang, C., *et al.* (2022) Ambient Air Pollution Associated with Incidence and Dynamic Progression of Type 2 Diabetes: A Trajectory Analysis of a Population-Based Cohort. *BMC Medicine*, **20**, Article No. 375. <https://doi.org/10.1186/s12916-022-02573-0>
- [30] Zhang, J., Fang, J., Shen, J., Zhang, Y., Zhang, Y. and Zheng, H. (2025) Short-Term Exposure to PM_{2.5} Constituents and Mortality Risks for Diabetes Subtypes and Related Complications in Eastern China. *Environment International*, **202**, Article ID: 109716. <https://doi.org/10.1016/j.envint.2025.109716>
- [31] Li, C., Qi, J., Yin, P., Yu, X., Sun, H., Zhou, M., *et al.* (2024) The Burden of Type 2 Diabetes Attributable to Air Pollution across China and Its Provinces, 1990-2021: An Analysis for the Global Burden of Disease Study 2021. *The Lancet Regional Health—Western Pacific*, **53**, Article ID: 101246. <https://doi.org/10.1016/j.lanwpc.2024.101246>
- [32] 健康中国行动(2019-2030年) [EB/OL]. 2019. http://www.gov.cn/xinwen/2019-07/15/content_5409692.htm, 2026-04-09.
- [33] “健康中国 2030”规划纲要[EB/OL]. 2016. http://www.gov.cn/zhengce/2016-10/25/content_5124174.htm, 2026-04-09.
- [34] Massey, R.J., Chen, Y., Panova-Noeva, M., Mattheus, M., Siddiqui, M.K., Schloot, N.C., *et al.* (2024) BMI Variability and Cardiovascular Outcomes within Clinical Trial and Real-World Environments in Type 2 Diabetes: An IMI2 SOPHIA Study. *Cardiovascular Diabetology*, **23**, Article No. 256. <https://doi.org/10.1186/s12933-024-02299-8>
- [35] Wang, Y., Lu, J., Yu, J., Ni, J., Wang, M., Lu, W., *et al.* (2024) Association between Time in Tight Range and Incident Diabetic Retinopathy in Adults with Type 2 Diabetes. *Diabetes, Obesity and Metabolism*, **27**, 1415-1422. <https://doi.org/10.1111/dom.16143>
- [36] Lombardo, M., Feraco, A., Armani, A., Camajani, E., Gorini, S., Strollo, R., *et al.* (2024) Gender Differences in Body Composition, Dietary Patterns, and Physical Activity: Insights from a Cross-Sectional Study. *Frontiers in Nutrition*, **11**, Article 1414217. <https://doi.org/10.3389/fnut.2024.1414217>