

昼夜温差对乌鲁木齐市慢性肾脏病 日住院人次影响的时间序列分析



吴瑞凯¹, 张莹², 杨浩峰², 马龙¹, 苏德奇¹

1. 新疆医科大学公共卫生学院 (乌鲁木齐 830011)
2. 乌鲁木齐市疾病预防控制中心 (乌鲁木齐 830023)

【摘要】目的 探讨昼夜温差 (diurnal temperature range, DTR) 影响慢性肾脏病 (chronic kidney diseases, CKD) 日住院人次的影响。**方法** 收集 2019 年 1 月 1 日至 2020 年 12 月 31 日乌鲁木齐市 4 所三甲医院、4 所二甲医院、1 所一甲医院 CKD 日住院人次数据, 同期气象及污染物数据来自于乌鲁木齐市主城区的 6 个国控监测点, 采用分布滞后非线性模型, 控制星期几效应、假期效应、长期时间趋势及其它因素, 分析 DTR 与 CKD 日住院人次的关系。**结果** CKD 日住院人次与 DTR (滞后 0~21 d) 的暴露-反应曲线呈“N”形, CKD 患者住院风险随 DTR 的升高呈先上升后下降趋势。低度和高度 DTR 对 CKD 患者住院的影响存在一定的滞后效应, 中度 DTR 对住院影响较小; DTR=5℃ 时, 单日效应出现在第 3 天 [RR=1.081, 95%CI (1.020, 1.145), $P < 0.05$], 最大效应出现在第 21 天 [RR=1.090, 95%CI (1.014, 1.173), $P < 0.05$]; 高度 DTR=14℃ (P_{95}) 时, 单日效应出现在第 4 天 [RR=1.086, 95%CI (1.007, 1.172), $P < 0.05$], 最大效应出现在第 5 天 [RR=1.089, 95%CI (1.009, 1.176), $P < 0.05$], 累积滞后均暂未发现有统计学差异。男性和年龄 < 65 岁的 CKD 患者更易受到 DTR 的影响, 寒冷季节和四季更替时 DTR 变化对 CKD 患者住院的影响更大。**结论** 男性与 < 65 岁 CKD 患者更易受到 DTR 的影响, 在寒冷季节和四季交替 DTR 变化时更应重点保护易感人群免受 DTR 的影响。

【关键词】 昼夜温差; 慢性肾脏病; 分布滞后非线性模型; 日住院人次; 时间序列分析

Time series analysis of the effect of diurnal temperature range on daily inpatients with chronic kidney disease in Urumqi

WU Ruikai¹, ZHANG Ying², YANG Haofeng², MA Long¹, SU Deqi¹

1. School of Public Health, Xinjiang Medical University, Urumqi 830011, China

2. Urumqi Center for Disease Control and Prevention, Urumqi 830023, China

Corresponding author: MA Long, Email: 1449747457@qq.com; SU Deqi, Email: xjmusdq@163.com

【Abstract】Objective To investigate the influence of diurnal temperature range (DTR) on the daily hospitalization with chronic kidney diseases (CKD). **Methods** CKD daily inpatient data of four Grade III hospitals, four Grade II hospitals and one Grade I hospital in Urumqi

DOI: 10.12173/j.issn.1004-5511.202309023

通信作者: 马龙, 教授, 博士研究生导师, Email: 1449747457@qq.com

苏德奇, 博士, 教授, 硕士研究生导师, Email: xjmusdq@163.com

were collected from January 1, 2019 to December 31, 2020. Meteorological and pollutant data during the same period were collected from six state-controlled monitoring points in the main urban area of Urumqi. A distributed lag no-linear model (DLNM) was used to analyze the relationship between DTR and daily inpatients in CKD, controlling for day of the week effect, holiday effect, long-term trend and other factors, analyzing the relationship between DTR and CKD daily hospitalization. **Results** The expose-response curves of the number of patients admitted to CKD daily and DTR (with a lag of 0-21 days) showed an "N" shape, and the hospitalization risk of CKD patients increased first and then decreased with the increase of DTR. The influence of low and high DTR on hospitalization of CKD patients has a certain lag effect, while the influence of moderate DTR on hospitalization is small. DTR=5°C, the single-day effect appeared on day 3 [RR=1.081, 95%CI(1.020, 1.145), $P<0.05$], and the maximum effect appeared on day 21 [RR=1.090, 95%CI(1.014, 1.173), $P<0.05$]; the single-day effect of altitude DTR=14°C (P_{95}) occurred on day 4 [RR=1.086, 95%CI(1.007, 1.172), $P<0.05$], and the largest effect occurred on day 5 [RR=1.089, 95%CI(1.009, 1.176), $P<0.05$], and no statistical difference was found in cumulative lag. The results of stratified analysis by gender, age and season showed that males and CKD patients < 65 years old were more susceptible to DTR, and the change of DTR in cold season and four seasons had a greater impact on hospitalization of CKD patients. **Conclusion** Men and patients < 65 years of age with CKD are more susceptible to DTR, the focus should be more on protecting the susceptible population from DTR during the cold season and the change in DTR at the turn of seasons.

【Keywords】 Diurnal temperature range; Chronic kidney disease; Distributed lag no-linear model; Daily hospitalizations; Time series analysis

近年来,随着气候和环境的变化,寒潮和热浪现象频繁出现,气象因素的健康效应成为国内外学者的研究热点,其中昼夜温差(diurnal temperature range, DTR)变化对人体健康的影响受到重点关注^[1-2]。DTR是一种气象指数,表示与气候变化和城市化相关的天气稳定性程度,其定义为每日最高温度和最低温度之间的差异,已广泛用于分析其对人类健康的影响^[3]。血管性疾病对气候变化较为敏感,是全球死亡和致残的主要原因^[4-7],两者之间的暴露反应关系通常呈现非线性的“U”形、“J”形、“N”形或“V”形^[8-10]。在人体血液循环和机体稳态中,肾脏血流量约占心输出量的20%,温度上升、下降和极端高温、低温事件会改变肾脏血管内血液流动,进而影响人体肾脏功能。国内外研究表明,温度改变和极端高温事件导致严重的电解质紊乱,增加慢性肾脏病(chronic kidney diseases, CKD)发病、死亡的风险及住院和家庭的负担^[11-12]。

不同地区因地理位置和地形的影响,所居住的地区气候各异,对CKD患者的影响也存在差异。乌鲁木齐市属中温带大陆性干旱气候,市区三面环山,是世界上离海洋最远的城市,白天有较强的太阳辐射,温度高,晚上地面散热快,温度低,乌鲁木齐DTR较大,故有“早穿棉袄午穿纱,围着火炉吃西瓜”之称。因此,本研究基于时间序列分析方法的分布滞后非线性模型(distributed lag no-linear model, DLNM),分析DTR对乌鲁木齐市CKD患者住院的影响特点与规律,为进一步评估DTR对健康效应的影响提供科学依据。

1 资料与方法

1.1 研究对象与资料来源

CKD日住院人次数据来自2019年1月1日至2020年12月31日乌鲁木齐市4所三甲医院、4所二甲医院和1所一甲医院的病历档案。纳入标准:①符合CKD诊断标准:肾脏结构或功能异

常（出现血尿或蛋白尿）时间 > 3 个月或肾小球滤过率 < 60 mL · min⁻¹ 且时间持续 > 3 个月^[13]；②首要诊断为 CKD；③入院时间为 2019 年 1 月 1 日至 2020 年 12 月 31 日。排除标准：①急性肾脏疾病；②资料不全者。

大气污染及气象数据来自乌鲁木齐市主城区的 6 个国控监测点（乌鲁木齐市天山区收费所、乌鲁木齐市沙依巴克区环境监测站、乌鲁木齐市新市区铁路局、乌鲁木齐市水磨沟区三十一中、乌鲁木齐市乌鲁木齐县水西沟镇环保培训基地、乌鲁木齐市米东区环保局），大气污染数据包括 NO₂、CO、SO₂、PM_{2.5}、PM₁₀ 的日平均浓度和 O₃ 的日最大 8 h 平均值，气象数据包括日均气压、日均风速、日均湿度和昼夜温差。

本研究分析所用数据均来自于乌鲁木齐市疾病预防控制中心汇总的健康数据，皆为脱敏数据，所有处理环节均不涉及个人隐私。

1.2 统计学分析

采用 SPSS 26.0 软件进行统计分析，采用四分位数（ P_{25} ， P_{75} ）描述 CKD 日住院人次、大气污染和气象因素数据；大气污染和气象数据非正态分布，采用 Spearman 相关分析法分析两者的相关性。采用 R 软件（4.3.1 版）的“DLNM”包构建统计模型。DLNM 是一种用于定量评估“暴露-滞后-效应”关系的统计学模型，可探讨疾病对气候变化的响应，既考虑气象因素对疾病的滞后效应，同时还考虑了两者的非线性关系。考虑到 CKD 患者日住院人次是一个低概率事件，因此采用准泊松作为连接函数来拟合模型，研究采用广义加性模型结合 DLNM 来量化滞后和可能的非线性效应，用于评估 DTR 与 CKD 日住院人次之间的暴露剂量-效应关系，探究 DTR 对 CKD 日住院人次住院风险影响的延迟效应。假期效应、长期时间趋势、“星期几效应”（day of the week, DOW）和其它大气气象因素可能会产生混杂效应，使用自然立方样条曲线控制上述因素，基本模型如下：

$$\text{Log} [E(y_t)] = \alpha + \beta \text{DTR}_{t,l} + ns(\text{humidity}, \nu) + ns(\text{air}, \nu) + ns(\text{speed}, \nu) + ns(\text{pollutant}, \nu) + ns(\text{time}, \nu) + \text{DOW} + \text{holiday}$$

式中， t 指观测的时期； $E(y_t)$ 为第 t 天出现 CKD 患者日住院人次的预期值； α 指截距； β 为 DTR 矩阵的参数向量； $\text{DTR}_{t,l}$ 为 DTR 指标矩阵，

l 为滞后天数； ns 指自然平滑函数； humidity 指日均湿度； air 指日均气压； speed 指日均风速； pollutant 指大气污染物的日平均浓度； time 指时间变量； ν 指自由度； DOW 指星期几效应； holiday 指假期效应。

本研究中 DTR 定义为日最高气温与日最低温度的差值，DTR 的中位数（ $M=9.40^\circ\text{C}$ ）被定义为计算所有相对风险（RR）和 95% 置信区间（CI）的参考值，分别计算高度 DTR（ P_{95} ）和极高 DTR（ Max ）相对于 DTR 中位数的 RR 值来评估两者效应。并对性别（男性和女性）、年龄（< 65 岁， ≥ 65 岁）和季节（温暖季节：5 月至 10 月；寒冷季节：11 月至次年 4 月）进行分层分析。为防止多重共线性，将 DTR 与大气污染物因素相关性 $r < 0.8$ 的因素纳入模型，即本研究中 PM_{2.5}、PM₁₀、SO₂、NO₂、CO、O₃、日均湿度、日均气压和日均风速全部纳入模型。根据模型残差的偏自相关绝对值之和最小的原则并参考相关研究，选取大气气象因素的自由度为 3，时间趋势变量每年的自由度为 7。另外考虑到 DTR 对健康影响的滞后效应，将最大滞后时间定为 21 d，检验水准为 0.05。

2 结果

2.1 一般资料

收集 2019 年 1 月 1 日至 2020 年 12 月 31 日乌鲁木齐市 4 所三甲医院、4 所二甲医院和 1 所一甲医院日住院人次 7 305 人次，其中男性 3 754 例次（51.39%），女性 3 551 例次（48.61%）；< 65 岁 5 140 例次（70.36%）， ≥ 65 岁 2 165 例次（29.64%）；日均 DTR 为 9.40°C ，温暖季节 DTR 为 $2.80\sim 19.90^\circ\text{C}$ ，寒冷季节 DTR 为 $1.50\sim 18.40^\circ\text{C}$ ，详见表 1。

2.2 温度变化情况

2019 年 1 月 1 日至 2020 年 12 月 31 日乌鲁木齐市 DTR 范围为 $1.50\sim 19.90^\circ\text{C}$ ，低度 DTR 主要集中在寒冷季节和季节交替时，高度 DTR 主要集中在温暖季节，见图 1。

2.3 相关性分析

Spearman 相关分析显示，DTR 和日均风速、O₃ 之间呈正相关（ $P < 0.01$ ），与日均气压、日均湿度、PM_{2.5}、NO₂、CO 之间呈负相关（ $P < 0.01$ ），详见图 2。

表1 乌鲁木齐市2019—2020年每日CKD患者日住院人次与相关气象和污染指标
Table 1. Daily hospitalization number of CKD patients and related meteorological and pollution indicators in Urumqi from 2019 to 2020

变量	$\bar{x} \pm s$	Min	P_{25}	M	P_{75}	Max
CKD日住院人次						
总住院人数	9.99 ± 7.25	0.00	5.00	8.00	13.00	65.00
男性	5.14 ± 4.14	0.00	2.00	4.00	7.00	40.00
女性	4.86 ± 3.81	0.00	2.00	4.00	7.00	25.00
<65岁	7.03 ± 5.66	0.00	3.00	6.00	9.00	58.00
≥65岁	2.96 ± 2.34	0.00	1.00	3.00	4.00	13.00
气象因素						
日均气压 (hPa)	911.99 ± 6.71	897.20	906.50	912.20	916.95	928.20
日均温度 (°C)	8.59 ± 13.60	-18.70	-5.30	11.10	21.10	29.50
日均湿度 (%)	52.89 ± 20.62	5.00	36.30	49.30	72.00	97.50
日均风速 (m · s ⁻¹)	2.04 ± 0.77	0.55	1.53	2.00	2.40	7.00
最高气温 (°C)	13.78 ± 14.26	-14.50	-0.70	16.60	26.90	37.30
最低气温 (°C)	4.47 ± 12.90	-23.30	-8.00	7.00	16.20	25.50
DTR (°C)	9.31 ± 2.96	1.50	7.40	9.40	11.30	19.90
温暖季节DTR (°C)	10.37 ± 2.46	2.80	8.73	10.35	11.80	19.90
寒冷季节DTR (°C)	8.44 ± 3.14	1.50	6.20	8.60	10.50	18.40
大气污染物 (μg · m ⁻³)						
PM _{2.5}	47.82 ± 49.54	6.00	15.00	25.00	58.00	252.00
PM ₁₀	83.27 ± 54.38	9.00	46.00	69.00	105.00	453.00
NO ₂	38.99 ± 18.19	7.00	26.00	35.00	51.00	92.00
SO ₂	8.58 ± 2.25	4.00	7.00	8.00	9.00	19.00
CO*	1.01 ± 0.62	0.37	0.55	0.70	1.26	3.25
O ₃	81.03 ± 35.53	20.00	47.00	86.00	110.00	155.00

注：*大气污染物中CO变量单位为mg · m⁻³。

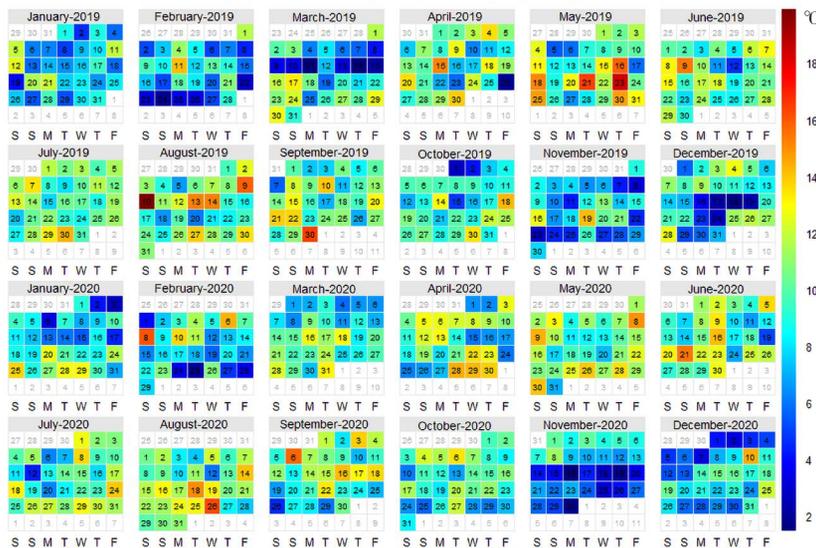


图1 乌鲁木齐市2019年1月1日至2020年12月31日DTR日历图

Figure 1. DTR calendar from January 1, 2019 to December 31, 2020 in Urumqi

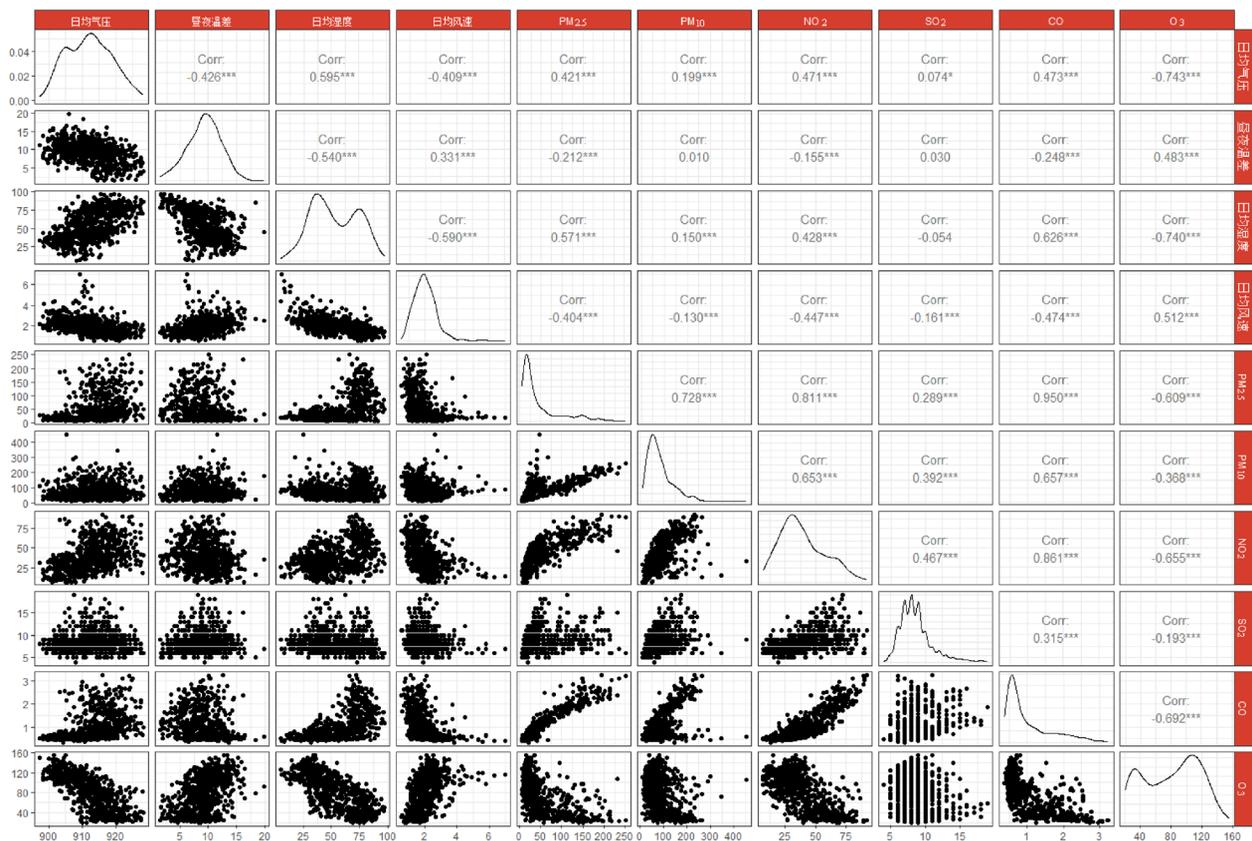


图2 乌鲁木齐市2019—2020年DTR与大气污染物及气象因素的相关图

Figure 2. Correlation between DTR and atmospheric pollutants and meteorological factors from 2019 to 2020 in Urumqi

注: * $P < 0.05$; *** $P < 0.01$ 。

2.4 昼夜温差对CKD患者日住院人次影响

CKD患者日住院人次与DTR变化之间存在高度相关,图3显示了以DTR中位数(9.40℃)为参考值,与DTR相关的CKD患者住院的相对风险。CKD患者住院时DTR累积效应(滞后0~21 d)的暴露-反应曲线呈“N”形,CKD患者住院风险随DTR的升高呈先上升后下降趋势。低度和高度DTR对CKD患者住院的影响存在一定的滞后效应,中度DTR对住院影响较小。图4、图5显示在不同DTR值和不同的滞后时间对CKD患者住院相对危险度变化的大小。

以DTR中位数(9.40℃)作为参考值,DTR=4℃时,单日效应出现在第3天[RR=1.074, 95%CI(1.011, 1.142)],最大效应出现在第21天[RR=1.093, 95%CI(1.014, 1.178)],累积滞后暂未发现有统计学差异;DTR=5℃时,单日效应出现在第3天[RR=1.081, 95%CI(1.020, 1.145)],最大效应出现在第21天[RR=1.090, 95%CI(1.014, 1.173)],累积滞后暂未发现有统计学差异;高度DTR=14℃(P_{95})时,单日

效应出现在第4天[RR=1.086, 95%CI(1.007, 1.172)],最大效应出现在第5天[RR=1.089, 95%CI(1.009, 1.176)],累积滞后暂未发现有统计学差异;极高DTR=19℃(Max)时,单日滞后和累积滞后均暂未发现有统计学差异,见表2、表3。

2.5 DTR对不同年龄、性别的影响

按年龄、性别进行分组后,分别观察CKD患者亚组在DTR的滞后反应。DTR=5℃,在滞后4d时,男性住院风险[RR=1.089, 95%CI(1.020, 1.163)]大于女性[RR=1.074, 95%CI(1.006, 1.147)];在滞后4d时,<65岁人群住院风险[RR=1.106, 95%CI(1.034, 1.183)]大于≥65岁人群[RR=1.029, 95%CI(0.966, 1.096)]。男性、年龄<65岁人群相比于其他分组更易受到DTR影响,见图6。

2.6 不同季节DTR的滞后效应

寒冷季节和四季更替DTR变化对CKD患者住院的影响更大,DTR为5℃时,寒冷季节从滞后第3天开始持续到第21天,滞后5天时CKD

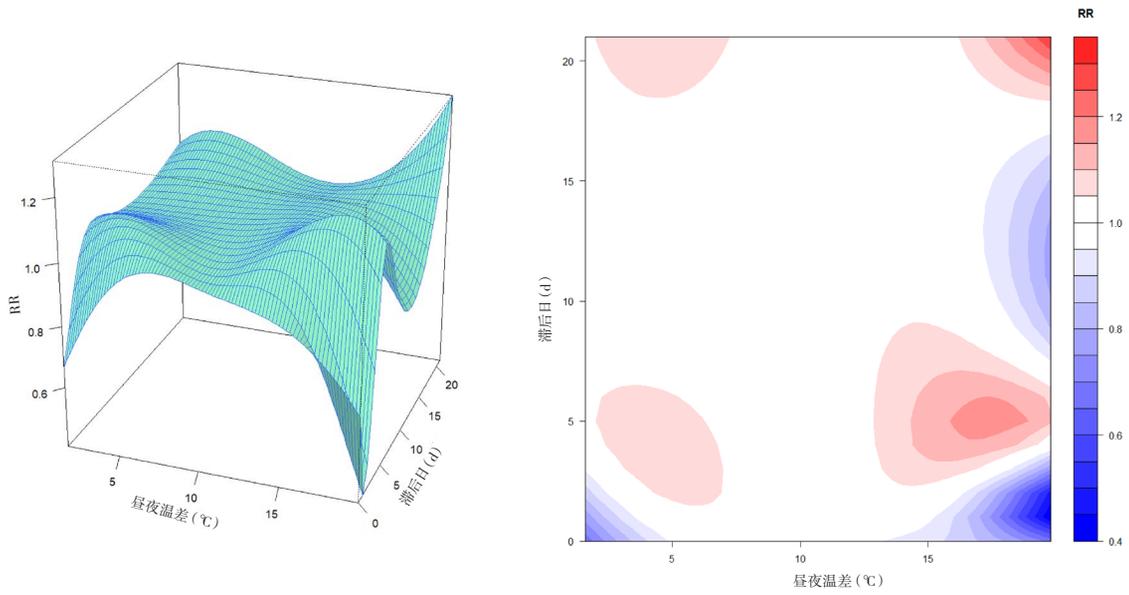


图3 DTR对CKD患者日住院人次影响的三维关联图与等高线图

Figure 3. Three-dimensional correlation and contours of the influence of DTR on daily hospitalization in CKD patients

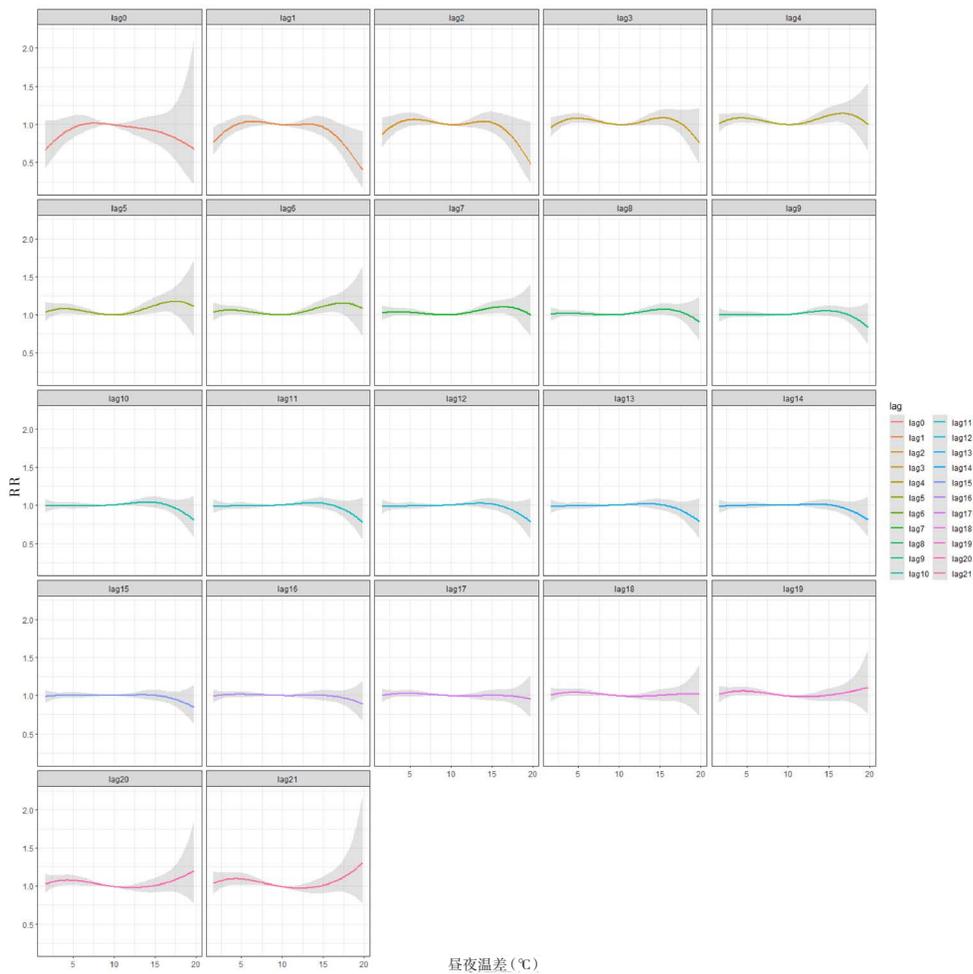


图4 不同滞后天数下温度与CKD患者日住院风险的关系

Figure 4. Relationship between temperature and daily hospitalization risk in patients with CKD in different lag days

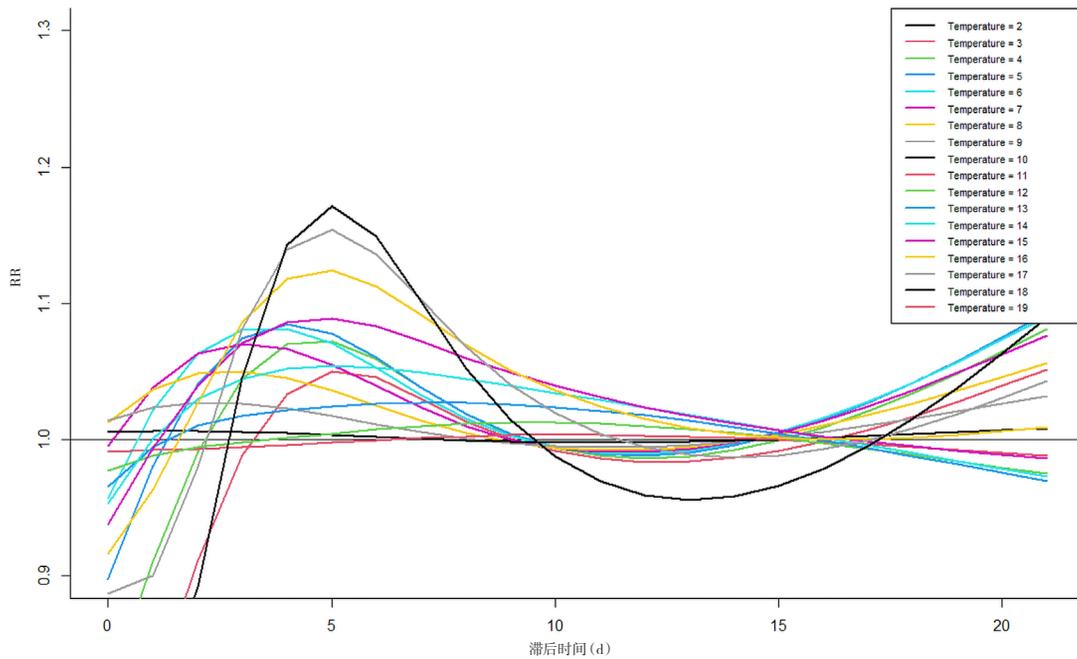


图5 不同温度值滞后响应曲线

Figure 5. Lag response curve of different temperature values

表2 CKD患者在特定DTR下不同滞后天数相对危险度及95%CI

Table 2. Relative risk and 95%CI of CKD patients with different lag days under specific DTR

滞后天数	单日滞后			
	DTR=4℃	DTR=5℃	高度DTR=14℃ (P ₉₅)	极高DTR=19℃ (Max)
lag0	0.897 (0.740, 1.089)	0.957 (0.822, 1.115)	0.938 (0.801, 1.098)	0.735 (0.320, 1.685)
lag1	0.980 (0.883, 1.088)	1.022 (0.933, 1.119)	0.994 (0.891, 1.109)	0.525 (0.294, 0.937)
lag2	1.041 (0.945, 1.147)	1.063 (0.976, 1.157)	1.040 (0.937, 1.154)	0.611 (0.354, 1.055)
lag3	1.074 (1.011, 1.142) *	1.081 (1.020, 1.145) *	1.071 (0.993, 1.155)	0.866 (0.626, 1.198)
lag4	1.085 (1.022, 1.151) *	1.081 (1.021, 1.146) *	1.086 (1.007, 1.172) *	1.068 (0.794, 1.438)
lag5	1.078 (1.014, 1.146) *	1.070 (1.009, 1.135) *	1.089 (1.009, 1.176) *	1.148 (0.843, 1.564)
lag6	1.060 (1.004, 1.120) *	1.053 (0.999, 1.110)	1.083 (1.009, 1.162) *	1.123 (0.847, 1.489)
lag7	1.038 (0.993, 1.086)	1.033 (0.988, 1.079)	1.072 (1.007, 1.141) *	1.044 (0.824, 1.322)
lag8	1.019 (0.980, 1.059)	1.015 (0.976, 1.056)	1.060 (1.000, 1.124) *	0.964 (0.781, 1.190)
lag9	1.004 (0.967, 1.043)	1.003 (0.964, 1.043)	1.049 (0.990, 1.112)	0.907 (0.733, 1.122)
lag10	0.995 (0.955, 1.035)	0.994 (0.954, 1.036)	1.040 (0.979, 1.104)	0.870 (0.695, 1.088)
lag11	0.989 (0.949, 1.032)	0.990 (0.949, 1.034)	1.031 (0.970, 1.097)	0.849 (0.672, 1.072)
lag12	0.988 (0.947, 1.031)	0.990 (0.948, 1.033)	1.024 (0.962, 1.089)	0.842 (0.665, 1.065)
lag13	0.990 (0.950, 1.032)	0.992 (0.951, 1.035)	1.017 (0.957, 1.082)	0.847 (0.673, 1.066)
lag14	0.996 (0.957, 1.036)	0.998 (0.958, 1.039)	1.012 (0.953, 1.074)	0.863 (0.693, 1.074)
lag15	1.004 (0.967, 1.043)	1.006 (0.967, 1.046)	1.007 (0.950, 1.067)	0.889 (0.724, 1.092)
lag16	1.015 (0.978, 1.053)	1.016 (0.978, 1.056)	1.002 (0.947, 1.062)	0.925 (0.759, 1.126)
lag17	1.027 (0.988, 1.068)	1.028 (0.988, 1.070)	0.999 (0.942, 1.059)	0.969 (0.794, 1.184)
lag18	1.042 (0.997, 1.089)	1.042 (0.996, 1.090)	0.995 (0.935, 1.059)	1.023 (0.820, 1.276)
lag19	1.058 (1.004, 1.115) *	1.057 (1.003, 1.114) *	0.992 (0.925, 1.063)	1.085 (0.838, 1.404)
lag20	1.075 (1.009, 1.145) *	1.073 (1.009, 1.142) *	0.989 (0.914, 1.070)	1.154 (0.847, 1.571)
lag21	1.093 (1.014, 1.178) *	1.090 (1.014, 1.173) *	0.986 (0.901, 1.079)	1.229 (0.851, 1.776)

注：*有统计学意义。

表3 CKD患者在特定DTR下累积滞后天数的相对危险度及95%CI

Table 3. Relative risk and 95%CI of CKD patients with cumulative lag days under specific DTR

滞后天数	累积滞后			
	DTR=4℃	DTR=5℃	高度DTR=14℃ (P ₉₅)	极高DTR=19℃ (Max)
lag0	0.897 (0.740, 1.089)	0.957 (0.822, 1.115)	0.938 (0.801, 1.098)	0.735 (0.320, 1.685)
lag0-1	0.880 (0.688, 1.125)	0.978 (0.800, 1.196)	0.932 (0.749, 1.160)	0.386 (0.126, 1.181)
lag0-2	0.916 (0.690, 1.215)	1.040 (0.817, 1.323)	0.969 (0.732, 1.282)	0.236 (0.058, 0.960)
lag0-3	0.984 (0.722, 1.341)	1.124 (0.857, 1.474)	1.038 (0.747, 1.442)	0.204 (0.042, 0.995)
lag0-4	1.067 (0.768, 1.482)	1.215 (0.905, 1.632)	1.127 (0.779, 1.631)	0.218 (0.041, 1.160)
lag0-5	1.150 (0.813, 1.627)	1.301 (0.946, 1.789)	1.228 (0.814, 1.851)	0.250 (0.044, 1.429)
lag0-6	1.219 (0.844, 1.761)	1.370 (0.972, 1.930)	1.330 (0.845, 2.091)	0.281 (0.045, 1.742)
lag0-7	1.266 (0.859, 1.865)	1.415 (0.980, 2.041)	1.425 (0.870, 2.335)	0.293 (0.043, 1.991)
lag0-8	1.289 (0.860, 1.932)	1.436 (0.975, 2.115)	1.511 (0.888, 2.569)	0.283 (0.038, 2.098)
lag0-9	1.295 (0.852, 1.969)	1.440 (0.960, 2.159)	1.585 (0.899, 2.794)	0.257 (0.032, 2.079)
lag0-10	1.288 (0.835, 1.986)	1.432 (0.938, 2.185)	1.648 (0.902, 3.009)	0.223 (0.025, 1.985)
lag0-11	1.274 (0.815, 1.993)	1.418 (0.912, 2.204)	1.699 (0.898, 3.216)	0.189 (0.019, 1.866)
lag0-12	1.259 (0.793, 2.001)	1.403 (0.885, 2.224)	1.740 (0.885, 3.418)	0.159 (0.014, 1.758)
lag0-13	1.247 (0.772, 2.016)	1.392 (0.860, 2.254)	1.770 (0.867, 3.614)	0.135 (0.011, 1.677)
lag0-14	1.242 (0.755, 2.044)	1.389 (0.839, 2.298)	1.790 (0.843, 3.801)	0.116 (0.008, 1.635)
lag0-15	1.247 (0.744, 2.091)	1.397 (0.826, 2.363)	1.803 (0.817, 3.979)	0.103 (0.007, 1.638)
lag0-16	1.265 (0.741, 2.160)	1.419 (0.821, 2.454)	1.807 (0.788, 4.146)	0.096 (0.005, 1.695)
lag0-17	1.300 (0.747, 2.260)	1.459 (0.825, 2.578)	1.804 (0.757, 4.300)	0.093 (0.005, 1.824)
lag0-18	1.354 (0.765, 2.399)	1.520 (0.841, 2.747)	1.795 (0.725, 4.444)	0.095 (0.004, 2.057)
lag0-19	1.433 (0.793, 2.590)	1.607 (0.868, 2.974)	1.781 (0.692, 4.582)	0.103 (0.004, 2.457)
lag0-20	1.540 (0.831, 2.853)	1.725 (0.907, 3.280)	1.761 (0.657, 4.722)	0.119 (0.004, 3.150)
lag0-21	1.683 (0.881, 3.218)	1.881 (0.957, 3.697)	1.736 (0.618, 4.874)	0.146 (0.005, 4.404)

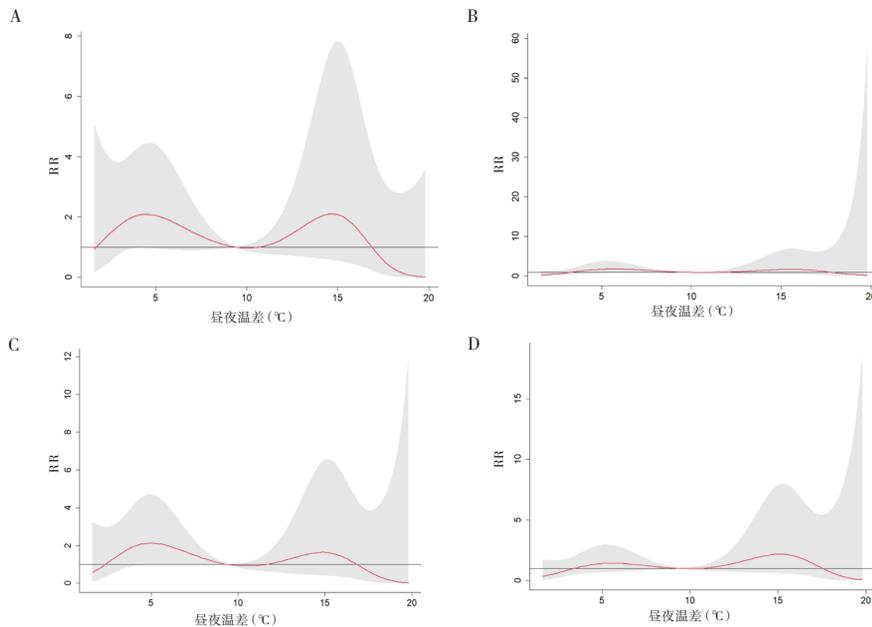


图6 DTR对不同性别、年龄CKD患者的滞后效应

Figure 6. Delayed effect of DTR on CKD patients of different gender and age

注：A. DTR对男性CKD患者日住院人次的滞后效应；B. DTR对女性CKD患者日住院人次的滞后效应；C. DTR对<65岁CKD患者日住院人次的滞后效应；D. DTR对≥65岁CKD患者日住院人次的滞后效应。

患者住院风险最高 [RR=1.225, 95%CI (1.119, 1.340)]; DTR 为 15℃时, 从滞后第 1 天开始持续到第 2 天, 最高为滞后 1 天 [RR=1.467, 95%CI (1.121, 1.920)], 温暖季节 DTR 暂未发现有统计学差异, 见表 4。

2.7 灵敏性分析

改变模型中时间变量自由度 (分别为 5、6 和 7 年) 以及模型中日均湿度、气压的自由度 (3、4 和 5) , 拟合结果显示, 模型的结果稳定, 改变参数对结果影响不大, 见表 5。

表4 DTR在不同季节下的相对危险度

Table 4. Relative risk of DTR in different seasons

滞后 天数	寒冷季节		温暖季节	
	DTR=5℃	DTR=15℃	DTR=5℃	DTR=15℃
lag0	1.068 (0.889, 1.283)	1.215 (0.826, 1.789)	0.841 (0.599, 1.180)	0.904 (0.669, 1.221)
lag1	0.963 (0.855, 1.085)	1.467 (1.121, 1.920) *	0.916 (0.733, 1.143)	0.855 (0.676, 1.082)
lag2	1.010 (0.903, 1.129)	1.393 (1.088, 1.783) *	0.949 (0.771, 1.167)	0.889 (0.705, 1.121)
lag3	1.125 (1.035, 1.222) *	1.183 (0.967, 1.447)	0.959 (0.820, 1.120)	0.962 (0.790, 1.171)
lag4	1.199 (1.099, 1.308) *	1.049 (0.845, 1.303)	0.974 (0.835, 1.136)	1.016 (0.830, 1.242)
lag5	1.225 (1.119, 1.340) *	0.977 (0.779, 1.225)	0.996 (0.850, 1.167)	1.047 (0.853, 1.285)
lag6	1.214 (1.116, 1.321) *	0.944 (0.759, 1.173)	1.022 (0.877, 1.192)	1.060 (0.869, 1.293)
lag7	1.184 (1.098, 1.277) *	0.934 (0.761, 1.145)	1.050 (0.906, 1.216)	1.062 (0.879, 1.283)
lag8	1.152 (1.073, 1.236) *	0.935 (0.768, 1.138)	1.074 (0.928, 1.244)	1.059 (0.880, 1.275)
lag9	1.126 (1.050, 1.208) *	0.939 (0.772, 1.142)	1.095 (0.942, 1.273)	1.057 (0.878, 1.273)
lag10	1.106 (1.031, 1.188) *	0.946 (0.777, 1.153)	1.112 (0.951, 1.299)	1.055 (0.875, 1.272)
lag11	1.093 (1.017, 1.173) *	0.957 (0.785, 1.165)	1.124 (0.959, 1.317)	1.053 (0.873, 1.270)
lag12	1.084 (1.010, 1.163) *	0.969 (0.798, 1.177)	1.132 (0.966, 1.328)	1.052 (0.874, 1.265)
lag13	1.079 (1.008, 1.155) *	0.984 (0.815, 1.189)	1.137 (0.972, 1.331)	1.050 (0.877, 1.258)
lag14	1.078 (1.010, 1.151) *	1.002 (0.835, 1.201)	1.139 (0.978, 1.327)	1.049 (0.882, 1.248)
lag15	1.081 (1.016, 1.150) *	1.021 (0.858, 1.215)	1.138 (0.982, 1.319)	1.049 (0.889, 1.237)
lag16	1.086 (1.023, 1.154) *	1.043 (0.881, 1.234)	1.135 (0.984, 1.309)	1.048 (0.895, 1.227)
lag17	1.094 (1.029, 1.163) *	1.066 (0.901, 1.261)	1.130 (0.981, 1.300)	1.047 (0.899, 1.220)
lag18	1.104 (1.034, 1.179) *	1.091 (0.916, 1.300)	1.123 (0.974, 1.294)	1.047 (0.900, 1.218)
lag19	1.116 (1.036, 1.201) *	1.117 (0.924, 1.351)	1.115 (0.961, 1.293)	1.047 (0.896, 1.223)
lag20	1.128 (1.036, 1.229) *	1.145 (0.925, 1.416)	1.106 (0.942, 1.298)	1.047 (0.887, 1.235)
lag21	1.141 (1.033, 1.260) *	1.173 (0.922, 1.493)	1.097 (0.920, 1.308)	1.046 (0.874, 1.253)

注: *有统计学意义。

表5 模型敏感性分析

Table 5. Sensitivity analysis of the model

变量	DTR=5℃	DTR=15℃
	lag3 RR值(95%CI)	lag6 RR值(95%CI)
时间变量自由度		
5年	1.078 (1.019, 1.142)	1.088 (1.006, 1.176)
6年	1.078 (1.018, 1.141)	1.103 (1.016, 1.197)
7年	1.081 (1.020, 1.145)	1.112 (1.023, 1.209)
日均湿度自由度		
3	1.081 (1.020, 1.145)	1.112 (1.023, 1.209)
4	1.079 (1.019, 1.143)	1.110 (1.021, 1.206)
5	1.077 (1.017, 1.141)	1.108 (1.018, 1.204)

续表5

变量	DTR=5℃	DTR=15℃
	lag3 RR值(95%CI)	lag6 RR值(95%CI)
日均气压自由度		
3	1.081 (1.020, 1.145)	1.112 (1.023, 1.209)
4	1.081 (1.020, 1.145)	1.112 (1.023, 1.209)
5	1.080 (1.020, 1.144)	1.107 (1.018, 1.120)

3 讨论

气候和环境因素在人体的稳态机制中扮演重要角色，寒潮、热浪等的气候变化与人的健康效应密切相关^[14]。昼夜温差对人体的影响主要表现在体温调节方面。人体的正常体温保持在 36.5℃左右，而昼夜温差的变化可能会影响身体的产热和散热平衡。如果温差过大或者气温急剧变化，身体可能无法及时适应，导致体温调节失衡，从而影响身体健康。本研究发现，DTR 与 CKD 患者日住院之间的关系是非线性的，并表现为“N”型模式，寒冷、温暖季节低度 DTR 比中高度 DTR 对 CKD 患者的影响更大，滞后时间更长，与 Tang 等研究一致^[15-16]，环境温度变化会增加血压、血液粘度和心率，从而增加血管性疾病的住院和死亡风险。

国内外研究中 DTR 影响 CKD 患者的敏感人群尚不一致。考虑到男、女性生理功能的差异，本研究以性别分层进行亚组分析，结果显示 DTR 对男、女性 CKD 患者均有影响，男性 CKD 患者住院风险较女性更大，与前期课题组 DTR 与心血管疾病研究结果一致^[17]。温度对性别影响的差异可能受生理、代谢差异以及激素水平和工作环境的影响。从生理和代谢的角度看，男性和女性在产热机制上存在差异，男性的骨骼肌较为丰富，产生的热量较女性多，基础代谢率一般也比女性高，在高温环境下男性更容易感到炎热；而女性的脂肪含量相对男性较高，这可能会影响他们对温度变化的适应能力。从激素水平的角度看，男性体内的睾酮水平较高，女性体内的雌激素和孕激素水平较高，这些激素也可能会影响身体的代谢和体温调节。从工作环境的角度看，根据《中国人群暴露因素手册》，男性和女性的户外时间不同（258 min/d vs. 210 min/d），男性可能会更多的暴露在户外中，气象因素造成的健康风险更高。并且男性暴露于吸烟和饮酒的几率也更大，

可能会增加血管性疾病的发生风险。国内外研究中 DTR 对不同年龄段 CKD 患者影响的结果也不一致，Tang 等对 2007—2016 年中国合肥市特定原因死亡率的研究指出，DTR 的影响因年龄而异，年轻人比老年人更容易受到 DTR 效应的影响^[15]，本研究与其结果一致。

DTR 与 CKD 患者之间的关联存在季节变化^[18]。DTR 为 4~5℃时主要集中在寒冷季节，暴露于此环境下对 CKD 患者住院有不利影响。在寒冷季节当 DTR=5℃时，从滞后第 3 天开始持续到第 21 天对 CKD 患者住院风险的影响一直存在，滞后 5 天时 CKD 患者发生住院的风险最高，而在温暖季节时暂未发现 DTR 对 CKD 患者住院风险有影响。DTR 为 15~19.9℃时主要集中在四季更替时，对 CKD 患者也会产生不利影响，Han 等研究发现老年人在热浪暴露期间更容易受到伤害^[19]，与本研究结果基本一致。

本研究结果显示男性和 < 65 岁 CKD 患者对 DTR 更敏感，在寒冷季节、四季更替温差变化时 CKD 患者也会更敏感，说明应针对敏感人群制定特异性的策略来应对 DTR 对 CKD 患者的影响。当观察到一天内温度突然变化时，尤其是在四季交替时期，DTR 往往变化较大，应采取适当的措施，如增加衣物进行保暖、减少户外活动时间等，以避免从高热温度骤减到寒冷温度下机体因温度变化过大而受到影响。同时医疗机构也应该在最大滞后效应当天做好应对住院接诊量增加的准备。

本研究也存在一定局限性。首先，本研究为回顾性研究，时间序列较短，CKD 患者日住院样本量较小。其次，CKD 患者住院除受温度影响外，还可能受到自身生活习惯和遗传因素、经济水平等混杂因素的影响。

综上所述，本研究基于乌鲁木齐市特殊气候进行了 DTR 的分析，结果发现低度 DTR 变化是 CKD 患者住院的一个危险因素，且 DTR 对男性

和 < 65 岁 CKD 患者的住院效应更高, 为针对敏感人群应对天气变化, 尤其是在冬季和季节交替时开展特定的干预措施提供了依据。

参考文献

- 1 Zhang Y, Yu C, Bao J, et al. Impact of temperature variation on mortality: an observational study from 12 counties across Hubei province in China [J]. *Sci Total Environ*, 2017, 587–588: 196–203. DOI: [10.1016/j.scitotenv.2017.02.117](https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2017.02.117).
- 2 Cheng J, Xu Z, Zhu R, et al. Impact of diurnal temperature range on human health: a systematic review[J]. *Int J Biometeorol*, 2014, 58(9): 2011–2024. DOI: [10.1007/s00484-014-0797-5](https://doi.org/10.1007/s00484-014-0797-5).
- 3 Zhu Y, Yang T, Huang S, et al. Cold temperature and sudden temperature drop as novel risk factors of asthma exacerbation: a longitudinal study in 18 Chinese cities [J]. *Sci Total Environ*, 2022, 814: 151959. DOI: [10.1016/j.scitotenv.2021.151959](https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.151959).
- 4 张润平, 张万成, 令江陇, 等. 兰州市昼夜温差对居民卒中住院人数的影响 [J]. *中国医学科学院学报*, 2023, 45(6): 934–939. [Zhang RP, Zhang WC, Ling JL, et al. Effect of diurnal–day temperature difference on the number of hospitalized patients with cerebral apoplexy in Lanzhou[J]. *Journal of Chinese Academy of Medical Sciences*, 2019, 45(6): 934–939.] DOI: [10.3881/j.issn.1000-503X.15718](https://doi.org/10.3881/j.issn.1000-503X.15718).
- 5 肖瑶. 深圳市温度变化对非意外死亡的短期效应研究 [D]. 武汉: 华中科技大学, 2022. [Xiao Y. Study on short-term effect of temperature change on non-accidental death in Shenzhen[D]. Wuhan: Huazhong University of Science and Technology, 2022.] <https://d.wanfangdata.com.cn/thesis/ChJUaGVzaXNOZXdTmJAYnDAxMDkSCUQwMzAwMDE2NRoIb2Y4c2I1nMW8%3D>.
- 6 Wang Y, Ye D, Cheng Y, et al. Seasonal variation in association between temperature change and emergency department visits: a multi-site study in China [J]. *Environ Res*, 2022, 214(3): 113963. DOI: [10.1016/j.envres.2022.113963](https://doi.org/10.1016/j.envres.2022.113963).
- 7 Yang J, Zhou M, Li M, et al. Diurnal temperature range in relation to death from stroke in China[J]. *Environ Res*, 2018, 164: 669–675. DOI: [10.1016/j.envres.2018.03.036](https://doi.org/10.1016/j.envres.2018.03.036).
- 8 韦性富. 气温日较差及 24 小时变温对循环系统疾病患病人数影响及预测研究 [D]. 兰州: 兰州大学, 2020. [Wei XF. Study on the influence and prediction of daily temperature range and 24-hour temperature variation on the number of patients with circulatory system diseases [D]. Lanzhou: Lanzhou University, 2020.] <https://d.wanfangdata.com.cn/thesis/ChJUaGVzaXNOZXdTmJAYnDAxMDkSCUQwMjA3Njk5OBoIZzFIOHe5NmM%3D>.
- 9 Phosri A, Sihabut T, Jaikanlaya C. Short-term effects of diurnal temperature range on hospital admission in Bangkok, Thailand[J]. *Sci Total Environ*, 2020, 717: 137202. DOI: [10.1016/j.scitotenv.2020.137202](https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.137202).
- 10 He Y, Tang C, Liu X, et al. Effect modification of the association between diurnal temperature range and hospitalisations for ischaemic stroke by temperature in Hefei, China[J]. *Public Health*, 2021, 194: 208–215. DOI: [10.1016/j.puhe.2020.12.019](https://doi.org/10.1016/j.puhe.2020.12.019).
- 11 Sasai F, Roncal-Jimenez C, Rogers K, et al. Climate change and nephrology[J]. *Nephrol Dial Transplant*, 2023, 38(1): 41–48. DOI: [10.1093/ndt/gfab258](https://doi.org/10.1093/ndt/gfab258).
- 12 杨超, 李鹏飞, 张路霞. 大气污染及气候因素对肾脏疾病的影响及其生物学机制研究进展 [J]. *解放军医学杂志*, 2022, 47(1): 72–77. [Yang C, Li PF, Zhang LX. Effects of air pollution and climate factors on renal diseases and their biological mechanisms[J]. *Medical Journal of Chinese People's Liberation Army*, 2022, 47(1): 72–77.] DOI: [10.11855/j.issn.0577-7402.2022.01.0072](https://doi.org/10.11855/j.issn.0577-7402.2022.01.0072).
- 13 上海慢性肾脏病早发现及规范化诊治与示范项目专家组, 高翔, 梅长林. 慢性肾脏病筛查诊断及防治指南 [J]. *中国实用内科杂志*, 2017, 37(1): 28–34. [Shanghai Chronic Kidney Disease Early Detection and Standardized Diagnosis and Treatment and Demonstration Project Expert Group, Gao X, Mei CL. Guidelines for screening, diagnosis and prevention of chronic kidney disease[J]. *Chinese Journal of Practical Internal Medicine*, 2017, 37(1): 28–34.] DOI: [10.19538/j.nk2017010108](https://doi.org/10.19538/j.nk2017010108).
- 14 刘晓慧, 曹寒, 张晗, 等. 大气臭氧长期暴露对社区自然人群抑郁、焦虑和压力状况的影响 [J]. *医学新知*, 2021, 31(1): 5–13. [Liu XH, Cao H, Zhang H, et al. Effects of long-term atmospheric ozone exposure on depression, anxiety and stress in community population[J]. *Yixue Xinzhi Zazhi*, 2021, 31(1): 5–13.] DOI: [10.12173/j.issn.1004-5511.2021.01.02](https://doi.org/10.12173/j.issn.1004-5511.2021.01.02).
- 15 Tang J, Xiao CC, Li YR, et al. Effects of diurnal

- temperature range on mortality in Hefei city, China[J]. *Int J Biometeorol*, 2018, 62(5): 851–860. DOI: [10.1007/s00484-017-1486-y](https://doi.org/10.1007/s00484-017-1486-y).
- 16 Sharafkhani R, Khanjani N, Bakhtiari B, et al. Diurnal temperature range and mortality in Urmia, the Northwest of Iran[J]. *J Therm Biol*, 2017, 69: 281–287. DOI: [10.1016/j.jtherbio.2017.08.011](https://doi.org/10.1016/j.jtherbio.2017.08.011).
- 17 王雯艺, 杨浩峰, 苏德奇, 等. 2019—2021 年乌鲁木齐市昼夜温差对心脑血管疾病住院量的影响 [J]. *公共卫生与预防医学*, 2023, 34(2): 50–55. [Wang WY, Yang HF, Su DQ, et al. Effect of diurnal temperature difference on hospital admissions for cardiovascular and cerebrovascular diseases in Urumqi in 2019–2021[J]. *Journal of Public Health and Preventive Medicine*, 2021, 34(2): 50–55.] DOI: [10.3969/j.issn.1006-2483.2023.02.011](https://doi.org/10.3969/j.issn.1006-2483.2023.02.011).
- 18 Lei L, Bao J, Guo Y, et al. Effects of diurnal temperature range on first-ever strokes in different seasons: a time-series study in Shenzhen, China[J]. *BMJ Open*, 2020, 10(11): e033571. DOI: [10.1136/bmjopen-2019-033571](https://doi.org/10.1136/bmjopen-2019-033571).
- 19 Han J, Liu S, Zhang J, et al. The impact of temperature extremes on mortality: a time-series study in Jinan, China[J]. *BMJ Open*, 2017, 7(4): e014741. DOI: [10.1136/bmjopen-2016-014741](https://doi.org/10.1136/bmjopen-2016-014741).
- 收稿日期: 2023 年 09 月 20 日 修回日期: 2023 年 10 月 07 日
本文编辑: 桂裕亮 曹越

引用本文: 吴瑞凯, 张莹, 杨浩峰, 等. 昼夜温差对乌鲁木齐市慢性肾脏病日住院人次影响的时间序列分析[J]. *医学新知*, 2024, 34(2): 137–148. DOI: [10.12173/j.issn.1004-5511.202309023](https://doi.org/10.12173/j.issn.1004-5511.202309023)
Wu RK, Zhang Y, Yang HF, et al. Time series analysis of the effect of diurnal temperature range on daily inpatients with chronic kidney disease in Urumqi[J]. *Yixue Xinzhi Zazhi*, 2024, 34(2): 137–148. DOI: [10.12173/j.issn.1004-5511.202309023](https://doi.org/10.12173/j.issn.1004-5511.202309023)