

# Trend and Prediction of Cerebrovascular Disease Mortality in Urban and Rural Areas of China, from 2010 to 2021

Beibei Li Jiangjie Hao Yuan Liu Baoyun Jin Hongjun Guan

School of Public Health, Mudanjiang Medical University, Mudanjiang, Heilongjiang, 157000, China

## Abstract

**Objective:** To understand the death trend of cerebrovascular diseases among urban and rural residents in China from 2010 to 2021 and predict the cerebrovascular mortality in China from 2022 to 20—2024, to provide reference for the formulation of prevention and treatment strategies related to cerebrovascular diseases. **Methods:** According to the China Health Statistics Yearbook from 2011 to 2022, joinpoint analysis of the mortality of cerebrovascular diseases in urban and rural areas and different ages from 2010 to 2021, and grey prediction model was used to predict short-term mortality of cerebrovascular diseases in China, so as to provide theoretical basis for relevant departments to formulate relevant health policies. **Results:** Through joinpoint regression analysis, the total mortality rate of cerebrovascular diseases in urban and rural areas in China showed to rise. From the whole section, the mortality rate was higher than that in urban areas from 2010 to 2021 was 1.53 times that of urban areas (AAPC = 1.18%). The GM model predicts that the mortality rate of cerebrovascular disease will continue to rise in urban and rural areas in 2022-2024. Therefore, health education and health promotion for high-risk groups and active preventive measures must be strengthened to reduce the mortality rate of cerebrovascular disease.

## Keywords

cerebrovascular disease; mortality rate; grey prediction model; joinpoint regression model; death analysis; trend prediction

## 2010—2021 年中国城乡脑血管病死亡趋势及预测研究

李贝贝 郝江杰 刘源 金保云 关红军

牡丹江医科大学公共卫生学院, 中国·黑龙江 牡丹江 157000

## 摘要

**目的:** 了解中国2010—2021年城乡居民脑血管病死亡趋势并预测2022—2024年中国脑血管死亡率, 为脑血管病相关防治策略的制定提供参考。**方法:** 根据2011—2022年《中国卫生健康统计年鉴》, 对2010—2021年中国脑血管病死亡率在城乡和城乡不同年龄段进行joinpoint分析, 并运用灰色预测模型对中国脑血管病死亡率进行短期预测, 为有关部门制定相关卫生政策提供理论依据。**结果:** 通过joinpoint回归分析得出中国城乡脑血管病死亡率总的呈上升趋势, 从全段来看, 农村高于城市, 2010—2021年间农村(AAPC=1.81%)脑血管病死亡率上升速度约为城市(AAPC=1.18%)的1.53倍。GM模型预测城乡2022—2024年脑血管病死亡率将持续上升, 因此必须加强对高危人群的健康教育以及健康促进, 积极采取预防措施, 从而降低脑血管病死亡率。

## 关键词

脑血管病; 死亡率; 灰色预测模型; joinpoint回归模型; 死亡分析; 趋势预测

## 1 引言

脑血管疾病是一种严重危害人类健康的疾病, 具有发病率高、死亡率高、致残率高的特点。它又分为出血性脑血管病和缺血性脑血管病以及其他脑血管病。根据中国死因数据库所查自2010年到2021年脑血管病稳占死因顺位首位。脑血管病死亡率也是一个国家的疾病预防和控制以及社会

的卫生情况的综合指标, 因此脑血管病死亡趋势和对未来脑血管死亡率预测研究都有现实意义, 是研究脑血管病不可或缺的内容。本研究通过收集中国12年脑血管病城乡和城乡不同年龄段的数据进行描述分析, 再采用Joinpoint回归模型对中国2010—2021年脑血管病死亡率的时间变化趋势进行分析并结合灰色预测模型对中国未来三年脑血管病的死亡率进行预测, 本研究将为进一步防治脑血管病, 降低脑血管病的病死率, 降低其经济负担提供理论依据。

**【基金项目】** 研究生导师科研专项计划《缺血性脑卒中相关circRNA-miRNA-mRNA调控网络及机制研究》(项目编号: YJSZX2022139)。

**【作者简介】** 李贝贝(2000-), 女, 中国湖南邵阳人, 硕士, 从事公共卫生研究。

## 2 材料与方法

### 2.1 材料

资料来源于《中国卫生和计划生育统计年鉴》(后更

名为《中国卫生健康统计年鉴》)第十一章“居民病伤死亡原因”章节中的中国居民病伤死亡原因,内容包括脑血管病的城市、农村地区居民粗死亡率及死因顺位,分性别、疾病别、年龄别死亡率,其中城市包括直辖市和地级市辖区,农村包括县及县级市。(未包含港澳台城市资料)采用《疾病和有关健康问题的国际统计分类(第十次修订本)》(ICD-10)进行疾病分类。

## 2.2 研究方法

**统计学分析** 本研究提取2011-2022年《中国卫生健康统计年鉴》中的城市、农村脑血管病死亡率以及脑血管病年龄别死亡率数据,采用Excel 2019进行数据分析和整理,采用Joinpoint 4.9.0软件对2010—2021年中国脑血管病死亡趋势进行分析,若数据符合正态分布,则采用线性模型 $y=xb$ ,如果不符合,采用对数线性模型 $y=xb$ ,并运用网络搜索法、置换检验以及贝叶斯准则(Bayesian Information Criterion, BIC)来选择模型、估计参数,确定拐点的位置和数量。通过这些方法计算脑血管病死亡率的变化情况,最优模型是在MBIC取得最小值时得出的。此外,还可以利用年变化率和年均变化率进行分析。可得到脑血管病死亡率总体的变化趋势的方向及速度,并可找到死亡趋势转变的拐点,进而对其进行分段分析。当 $APC < 0$ 为下降趋势, $APC > 0$ 为上升趋势,用 $t$ 检验进行统计学处理。当模型拟合没有拐点时, $APC=AAPC$ ,表明整体的趋势是上升还是下降。

**灰色预测模型** 本研究采用灰色模型GM(1,1)预测脑血管病死亡率未来3年变化趋势。使用灰色模型建模需要对数据进行检验,首先计算数列的级比, $X^{(0)}(k)=X^{(1)}(k)-X^{(1)}(k-1)$ ,其中 $k=2, 3, \dots, n$ 。如果所有的级比都落在可容覆盖区间 $X=(e^{-\frac{2}{n+1}}, e^{\frac{2}{n+1}})$ 内,则数列 $X^{(0)}$ 可以建立灰色模型GM(1,1)进行预测。 $X^{(0)}$ 作为原始数列的模拟值,当 $k \geq n$ 时,便是依据原始数据计算未来的预测值。之后对 $X^{(0)}$ 进行准光滑性检验,公式为 $p(k)=X^{(0)}(k)/X^{(1)}(k-1)$ ,再次根据准指数规律检验公式检验 $X^{(1)}$ 是否满足准指数规律,其公式为 $\sigma^{(1)}(k)=X^{(1)}(k)/X^{(1)}(k-1)$ ,因此可以对 $X^{(1)}$ 建立灰色预测模型。灰色模型精度等级检验分为1级 $C \leq 0.35$ 且 $P \geq 0.95$ ,说明模型精度优秀;2级 $0.35 \leq C \leq 0.50$ ,且 $0.8 \leq P < 0.95$ ,说明模型精度合格;3级 $0.50 < C \leq 0.65$ 且 $0.70 \leq P < 0.8$ ,说明模型精度基

本合格;4级 $C > 0.65$ 且 $P < 0.70$ ,说明模型精度不合格。采用相对差值和平均相对误差值(MER)对时间预测结果进行分析。采用检验SPSSAU进行灰色系统GM(1,1)预测模型的建立,检验水准 $\alpha=0.05$ 。

## 3 结果

### 3.1 2010 – 2021 年中国城乡居民脑血管病死亡率的Joinpoint 回归分析

根据Joinpoint回归模型的结果显示,从2010年到2021年,中国城市居民脑血管病死亡率呈现逐渐上升的趋势,每年平均增长1.18%( $t=2.58, P=0.01$ )。具体来说,在2010—2019年间( $APC=0.49, t=2.33, P=0.05$ )和2019—2021年间( $APC=4.31%, t=1.83, P=0.11$ ),脑血管病死亡率的变化趋势没有统计学意义。从农村地区看,由2010—2021年中国农村居民脑血管病死亡率也呈现上升趋势,并且平均每年增长1.81%( $t=6.95, P < 0.001$ ),大约是城市居民的1.53倍。通过组间比较发现,城市和农村脑血管病死亡率的平均变化速度存在显著差异( $Z=-2.09, P=0.037$ ),见表1。

### 3.2 2010—2021 年中国城乡人群脑血管病年龄别死亡率的Joinpoint 回归分析

城市脑血管病年龄别死亡率结果显示:40~44岁、70~74岁、75~79岁年龄组的脑血管病年龄别死亡率在2010—2021年间分别以3.67%、2.39%、2.81%的速度下降( $P < 0.05$ )。20~24岁和55~59岁年龄组分别在2010-2017年以12.56%和4.7%的速度下降( $P < 0.05$ )。农村脑血管病年龄别死亡率结果显示:45~49岁、55~59岁、60~64岁、70~74岁、75~79岁年龄组的脑血管病年龄别死亡率在2010—2021年间分别以1.74%、2.08%、2.86%、1.86%、1.61%的速度下降( $P < 0.05$ )。5~9岁、50~54岁、65~69岁、80~84岁、85岁及以上年龄组的脑血管年龄别死亡率在2010-2019年、2016-2021年、2015-2021年、2010-2015年、2010-2021年间分别以8.72%、10.64%、6.90%、2.55%、2.63%的速度下降( $P < 0.05$ )。15~19岁、30~34岁、35~39岁年龄组的脑血管年龄别死亡率在2010—2015年、2010—2015年、2010—2021年间分别以15.06%、18.8%、2.26%的速度上升( $P < 0.05$ ),见表2。

表 1 2010—2021 年中国城乡居民脑血管病死亡率趋势对比分析

区段	城市				农村				两组比较	
	起止年度	APC/AAPC (95%CI)	t 值	P 值	起止年度	APC/AAPC (95%CI)	t 值	P 值	Z 值	P 值
区段 1	2010—2019	0.49 (-0.01~0.99)	2.33	0.052	2010—2021	1.81 (1.23~2.40)	6.95	< 0.001	-2.09	0.037
区段 2	2019—2021	4.31 (0.28~2.08)	1.83	0.109						
全段	2010—2021	1.18 (0.28~2.08)	2.58	0.010	2010—2021	1.81 (1.23~2.40)	6.95	< 0.001		

表 2 2010—2021 年中国城乡年龄别死亡率的 Joinpoint 趋势分析

年龄(岁)	城市				农村			
	年份	APC (%)	AAPC (%)	P 值	年份	APC (%)	AAPC (%)	P 值
5-	2010—2021	-4.59	-4.59	0.338	2010—2019	-8.72	-1.73	0.039
					2019—2021	36.95		0.452
10-	2010—2021	0.71	0.71	0.838	2010—2021	4.12	4.12	0.263
15-	2010—2021	1.05	1.05	0.719	2010—2015	15.06	1.99	0.023
					2015—2021	-7.77		0.062
20-	2010—2017	-12.56	-3.95	0.012	2010—2012	19.77	0.80	0.286
	2017—2021	13.20		0.233	2012—2021	-2.98		0.071
25-	2010—2021	-2.22	-2.22	0.145	2010—2015	11.89	1.75	0.124
					2015—2021	-5.99		0.244
30-	2010—2021	-0.82	-0.82	0.621	2010—2015	18.80	4.46	0.017
					2015—2021	-6.16		0.172
35-	2010—2019	-2.77	-0.05	0.099	2010—2021	2.26	2.26	0.042
	2019—2021	13.81		0.449				
40-	2010—2021	-3.67	-3.67	0.001	2010—2021	-1.07	-1.07	0.188
45-	2010—2015	-8.29	-3.46	0.001	2010—2021	-1.74	-1.74	0.000
	2015—2021	0.76		0.454				
50-	2010—2017	3.69	-2.92	0.178	2010—2012	-10.42	-2.02	0.528
	2017—2021	-13.49		0.039	2012—2016	14.97		0.155
				2016—2021	-10.64		0.034	
55-	2010—2017	-4.70	-1.76	0.001	2010—2021	-2.08	-2.08	0.041
	2017—2021	3.60		0.129				
60-	2010—2017	1.15	-2.42	0.528	2010—2021	-2.86	-2.86	0.004
	2017—2021	-8.37		0.070				
65-	2010—2016	2.25	-1.89	0.245	2010—2012	-9.69	-3.18	0.284
	2016—2021	-6.63		0.021	2012—2015	9.68		0.325
				2015—2021	-6.90		0.006	
70-	2010—2021	-2.39	-2.39	0.000	2010—2021	-1.86	-1.86	0.020
75-	2010—2021	-2.81	-2.81	0.000	2010—2021	-1.61	-1.61	0.036
80-	2010—2012	-7.04	-2.81	0.272	2010—2015	-2.55	-2.55	0.001
	2012—2015	3.24		0.608				
	2015—2021	-4.29		0.011				
85岁及以上	2010—2021	0.67	0.67	0.533	2010—2021	-2.63	-2.63	0.046

### 3.3 运用灰色预测模型对中国脑血管病死亡率进行预测

脑血管病死亡趋势预测根据查阅相关文献灰色 GM (1, 1) 模型预测步骤, 拟合中国 2015—2021 年城市脑血管病死亡率, 结果得发展系数  $a=-0.0107$ , 灰色作用量  $b=119.6219$ , 建立 GM (1, 1) 灰色预测模型, 将 a、b 的值代入方程式  $X^{(1)}(k+1) = (X^{(0)}(1) - \frac{b}{a})e^{-ak} + \frac{b}{a}$ , 求得灰色预测模型为  $X^{(1)}(k+1) = 11304.77e^{0.0107k} - 11179.62$ , 模型后验差比值  $C=0.26 < 0.35$  精度等级达到 1 级, 且小误差概率  $P=0.833 > 0.8$  表示模型精度较好, 同理, 根据 2015—2021 年农村脑血管病死亡率数据, 结果得发展系数  $a=-0.0202$ , 灰色作用量  $b=135.4803$ , 建立 GM (1, 1) 灰色预测模型, 将 a、b 的值代入方程式  $X^{(1)}(k+1) = (X^{(0)}(1) - \frac{b}{a})e^{-ak} + \frac{b}{a}$ , 求得灰色预测模型为  $X^{(1)}(k+1) =$

$6852.66e^{0.0202k} - 6706.95$ , 模型后验差比值  $C=0.119 < 0.35$  精度等级达到 1 级, 且小误差概率  $P=1 > 0.8$  表示模型精度较好, 因此可对 2022—2024 年城市脑血管病死亡率进行预测, 预测结果表明未来 3 年脑血管病的死亡率呈上升趋势, 见图 1、表 3。

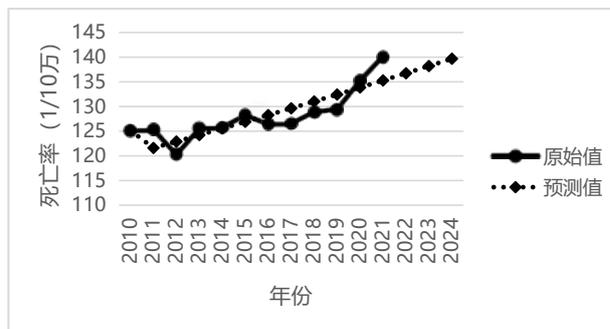


图 1 预测 2022—2024 年城市脑血管病死亡率趋势

表3 2015—2021年城市脑血管病死亡率实际值及预测模型拟合结果

GM (1, 1) 模型检验表				
年份	原始值	预测值	残差	相对误差
2010	125.15	125.15	0	0.000%
2011	125.37	121.604	3.766	3.004%
2012	120.33	122.908	-2.578	2.142%
2013	125.56	124.226	1.334	1.063%
2014	125.78	125.558	0.222	0.177%
2015	128.23	126.904	1.326	1.034%
2016	126.41	128.265	-1.855	1.467%
2017	126.58	129.64	-3.06	2.418%
2018	128.88	131.03	-2.15	1.668%
2019	129.41	132.435	-3.025	2.338%
2020	135.18	133.855	1.325	0.980%
2021	140.02	135.291	4.729	3.378%

## 4 结论

根据 Joinpoint 回归分析发现,中国城乡脑血管病死亡率总的呈上升趋势,其中,城市2019年这个节点前脑血管病呈现小幅度上升,2019年之后死亡率呈大幅度上升,其原因可能是2019年新冠肺炎之后带来后遗症以及经济萧条导致城市居民工作生活压力加大死亡率增加。从全段来看,农村高于城市,2010—2021年间农村(AAPC=1.81%)脑血管病死亡率上升速度约为城市(AAPC=1.18%)的1.53倍。可能是由于农村居民对脑血管病认知不足,无法采取有效的预防措施,在患病后由于医疗水平有限以及患者未能及时就医等因素造成农村脑血管病死亡率较高,也反映了农村脑血管病预防与治疗有一定的复杂性,因此应该因地制宜采取措施,从源头减少脑血管疾病的患病率,从而达到预防疾病、减少死亡最后达成促进全民健康的最终目标。年龄别死亡率结果显示,城市20~24岁、40~44岁、55~59岁、70~74岁和75~79岁人群死亡率均呈现下降趋势( $P < 0.05$ ),其中死亡率以55~59岁人群下降最快(AAPC=-13.49%)。与城市相比农村45~49岁、55~59岁、60~64岁、70~74岁、75~79岁5~9岁、50~54岁、65~69岁、80~84岁和85岁及以上人群死亡率均呈现下降趋势( $P < 0.05$ ),其中以50~54岁死亡率下降最快(AAPC=-10.64%)。这体现了中国在控制脑血管疾病方面取得了显著成效,其主要原因可能是城乡医保覆盖率不断增加,医疗技术取得有效进展以及拥有政府的支持,近几年城乡居民对脑血管疾病认知度提高,

脑血管病预防取得一定成效,因此大降低了各年龄组脑血管病死亡率。但农村15~19岁、30~34岁、35~39岁死亡率出现了不同程度的上升,涨幅为2.26%~18.8% ( $P < 0.05$ ),提示中国农村脑血管疾病出现年轻化。分析其原因可能是农村受教育程度较低,大部分人选择初中辍学进城务工以及不健康的生活方式,比如作息不规律、精神压力过大、不健康的饮食习惯、不健康的人际关系等导致死亡率大幅度上升。根据GM模型预测中国2022—2024年城乡脑血管病的死亡率仍然会逐年上升,该模型的预测的相对误差较小因此对未来预测有一定的可信度,因此要加强对脑血管病患者的三级预防,降低或缓解脑血管病并发症的发生发展,对非患者采取早期的预防干预措施,降低脑血管病的死亡率。

综上所述,针对农村患者的需求,社会应提供积极的医疗措施,并给予一定的医疗经济支持。同时,需要完善相关法律法规和医疗保障体系,以应对脑血管病年轻化趋势。为降低脑血管病发生率及死亡率,人们应采取低油、低盐、低糖饮食,并保持作息规律避免熬夜和过度劳累。此外,适当加强体育锻炼也有助于预防脑血管病。随着中国进入老龄化社会,我们要特别关注55岁以上的脑血管病患者,并重点关心那些伴有并发症的老年患者,除了必要的治疗手段外,在家庭和社会层面都需要积极参与患者护理工作,以降低老年患者的死亡率。

## 参考文献

- [1] WANG B, YU P, LIN W, et al. MicroRNA-21-5p Reduces Hypoxia/Reoxygenation-Induced Neuronal Cell Damage through Negative Regulation of CPEB3[J/OL]. *Analytical Cellular Pathology*,2021: 1-11.
- [2] WANG Z, HU Y, YU C, et al. Trends and patterns in stroke incidence, mortality, DALYs and case-fatality by sociodemographic index worldwide: an age-period-cohort analysis using the Global Burden of Disease 2019 study[J/OL]. *Public Health*, 2023,223: 171-178.
- [3] 张啸飞,胡大一,丁荣晶,等.中国心脑血管疾病死亡现状及流行趋势[J].*中华高血压杂志*,2012,20(6):600.
- [4] Ming Liu, Junfeng Liu. Progress and interpretation of classification of cerebrovascular diseases[J]. *Chin J Neurol*, 2017,50(3):163-167.
- [5] Otto Jesús Hernández Fustes, Carlos Arteaga Rodríguez, Olga Judith Hernandez Fustes[J]. *In-Hospital Mortality From Cerebrovascular Disease Cureus*, 2020(6).