

# 基于结构方程模型的广东省人均卫生费用影响因素研究

南方医科大学公共卫生学院生物统计学系(510515) 金琦 吴双赢 代婷婷 庄严<sup>△</sup>

**【摘要】**目的 探索广东省人均卫生费用的影响因素。方法 收集 2006–2020 年广东省人均卫生费用相关数据, 基于因子分析筛选主要影响因素, 通过结构方程模型分析变量对广东省人均卫生费用影响。结果 探索性因子分析得到三个影响层面: 卫生资源、医疗服务及经济因素。结构方程模型结果显示, 卫生资源对广东省人均卫生费用呈显著负向影响( $b=-2.151, t=-9.653, P<0.001$ ); 医疗服务对广东省人均卫生费用呈显著正向影响( $b=1.697, t=9.158, P<0.001$ ); 经济因素对广东省人均卫生费用呈显著正向影响( $b=1.280, t=6.422, P<0.001$ )。三个影响因素之间卫生资源和医疗服务之间相关程度最高( $r=0.883, t=9.120, P<0.001$ ); 其次为卫生资源和经济因素之间的相关程度( $r=0.821, t=10.292, P<0.001$ ); 经济因素和医疗因素之间的相关程度最低( $r=0.649, t=6.863, P<0.001$ )。结论 经济方面, 城市化率、人均 GDP、居民人均可支配收入及居民医疗保健消费价格等变量与广东省人均卫生费为正向相关; 卫生资源方面, 人口数量、基本医疗保险参保人数、GDP、财政卫生支出、医疗机构数等变量与广东省人均卫生费为负向相关; 医疗服务方面, 每千人口床位数、每千人卫生技术人员数量、60 岁以上老年人口数等变量与广东省人均卫生费为正向相关。60 岁老年人口数和医疗机构数的影响存在特异性, 政府应调整卫生产业结构, 完善老年卫生服务体系, 使广东省人均卫生费用健康发展。

**【关键词】** 人均卫生费用 影响因素 结构方程模型

**【中图分类号】** R195

**【文献标识码】** A

**DOI** 10.11783/j.issn.1002-3674.2024.01.017

21 世纪, 我国经济、社会等各方面发展迅猛, 医疗水平和人民需求也在不断的提高<sup>[1]</sup>, 但因此引起的卫生费用过快增长问题也不可忽视<sup>[2-3]</sup>。人均卫生费用(per capita health expenditure, PCHE)反映了地区居民卫生服务水平的保障程度, 它消除人口因素对卫生总费用的绝对值的影响, 是评价卫生总费用公平性的重要指标<sup>[4]</sup>。研究 PCHE 可以为制定现实卫生发展战略目标提供宏观信息, 为区域卫生发展提供支持, 故一直是政策决策者和卫生经济研究者的热门话题。

已有多位国内学者探究中国人均卫生费用的影响因素, 李长乐等<sup>[5]</sup>使用混合回归和固定效应模型分析认为 65 岁以上老年人口比重和人均国内生产总值(gross domestic product, GDP)与 PCHE 呈正相关; 李相荣等<sup>[6]</sup>用主成分回归分析法得出人口老龄化是推动 PCHE 增长的主要原因。广东省是中国大省之一, 2020 年中国省份 GDP 排行榜中广东省位居第一, 且近年来广东各级财政积极调整财政支出结构, 大幅增加医疗卫生投入。2016 年起广东省每年在卫生健康领域财政投入超千亿元, 其中 2019 年卫生健康支出投入比 2018 年增长 12.33%, 占全省一般公共预算支出的 9%, 高出全国比例约 2 个百分点。但既往研究缺少对广东省地区数据的探索, 且未尝试使用结构方程模型(structural equation modeling, SEM)进行分析。SEM 可以同时处理分析多个因变量, 即在分析潜在变量对目标变量影响的同时还可以将潜变量看作因变量, 从而考虑潜变量之间的相关。且在计算潜变量的

相关性时可以同时考虑潜变量与题目之间的关系和潜变量与潜变量之间的关系, 纳入的信息更为完整。

本研究采用 SEM 分析广东省 PCHE 的影响因素, 探索各因素与 PCHE 的路径系数, 量化影响程度。为广东省整体的卫生资源分配提供依据, 同时也与全国和其他各省的 PCHE 影响因素做出对比, 因地制宜, 为制定符合广东省发展特色的决策提供参考依据。

## 资料与方法

### 1. 数据来源

本文根据国内外相关文献选取 PCHE 的影响因素指标<sup>[7-9]</sup>, 数据来自于 2006–2020 年的《中国城市统计年鉴》《中国区域经济统计年鉴》《广东统计年鉴》以及广东省各市统计局官网数据和统计年鉴。根据已有的国内外文献<sup>[3, 10-11]</sup>, 主要选取了 13 个变量。见表 1。

表 1 人均卫生费用影响因素变量及其符号

变量名称	符号
人均卫生费用(元)	$y$
GDP(亿元)	$X_1$
人均 GDP(元)	$X_2$
农村居民人均可支配收入(元)	$X_3$
城镇居民人均可支配收入(元)	$X_4$
每千人卫生技术人员数量(人)	$X_5$
每千人口床位数(张)	$X_6$
医疗机构数(个)	$X_7$
财政卫生支出(亿元)	$X_8$
居民医疗保健消费价格指数*	$X_9$
基本医疗保险参保人数(万人)	$X_{10}$
60 岁以上老年人口数(万人)	$X_{11}$
城市化率(%)	$X_{12}$
人口数量(万人)	$X_{13}$

\*: 以 2005 年的居民医疗保健消费价格作为基础的定基比。

<sup>△</sup>通信作者: 庄严, E-mail: zhuangy179@126.com

使用 SPSS 26.0 对数据进行整理。对于缺失数据的处理,本文采取多重插补(multiple imputation, MI)的方法,选取参数估计最佳的插补结果输出。用 AMOS 26.0 绘制结构方程模型。最终输出的插补结果将作为完整的数据集纳入结构方程模型进行分析<sup>[12-13]</sup>。

2.方法

(1)模型选择

本研究选择结构方程模型,是从因子分析与路径分析发展而来,同时检验模型中包含的显性变量、潜在变量、干扰或者误差变量间关系,进而获得自变量对因变量影响的直接效果、间接效果或总效果。其分析核心是变量间协方差,通过协方差矩阵不仅可以描述变量之间的线性关联,还可比较数据与假设模型间协方差的差异<sup>[14]</sup>。

(2)分析步骤

本研究的分析步骤分为两步:第一步,对所选取的 13 个指标变量进行探索性因子分析(exploratory factor analysis, EFA),以识别初步拟定的三个维度下对应的标量,并以此构建测量模型,建立 PCHE 的理论结构模型。第二步,对建立的理论模型进行验证性因子分析(confirmatory factor analysis, CFA)和路径分析,以检验经济因素-卫生资源-医疗服务-人均卫生费用之间的关系。

结 果

1.探索性因子分析

对 13 个变量因素进行探索性因子分析,经过方差最大旋转法和主成分提取方法,选取特征值大于 1 的因子作为潜在变量,并且保留因子载荷大于 0.40 的变量。首先数据需要满足取样足够和 Bartlett 的球形检验。

检验结果可知, KMO (Kaiser-Meyer-Olkin) 检验的度量值为 0.847, Bartlett 球形检验的近似卡方值为 5476.117 (df=78, P<0.001), 反映该数据集适合因子分析,得到 PCHE 的三个分析维度,见表 2。

结合包括的因素变量及其因子载荷,构建 PCHE 影响因素模型的潜变量:因子 1 包括了城市化率、人均 GDP、农村居民人均可支配收入、城镇居民人均可支配收入、居民医疗保健消费价格指数共 5 个变量,因子 1 主要集中城市经济发展方面,为经济因素<sup>[8-9]</sup>;因子 2 中包括了人口数量、基本医疗保险参保人数、GDP、财政卫生支出、医疗机构数这 5 个变量,为卫生资源因素;因子 3 包括 3 个变量,分别是每千人口床位数、每千人卫生技术人员数量、60 岁以上老年人口数,反映了城市的医疗服务情况,为医疗服务因素。

表 2 因子负荷矩阵与方差贡献率

变量	因子 1	因子 2	因子 3
城市化率(%)	0.826	0.274	-0.113
人均 GDP(元)	0.818	0.406	0.250
农村居民人均可支配收入(元)	0.790	0.463	0.198
城镇居民人均可支配收入(元)	0.783	0.388	0.386
居民医疗保健消费价格指数	0.529	0.031	0.436
人口数量(万人)	0.263	0.922	-0.042
基本医疗保险参保人数(万人)	0.359	0.782	0.337
GDP(亿元)	0.483	0.769	0.277
财政卫生支出(亿元)	0.373	0.724	0.407
医疗机构数(个)	0.213	0.599	0.557
每千人口床位数(张)	0.213	0.097	0.911
每千人卫生技术人员数量(人)	0.428	0.191	0.788
60 岁以上老年人口数(万人)	-0.276	0.437	0.721
因子方差贡献率	59.246	13.552	9.183
累计方差贡献率	59.246	72.797	81.980

2.构建结构方程模型

(1)模型的拟合和修正

依据探索性因子分析结果,建立 PCHE 影响因素的理论模型,一个内生变量是 PCHE,三个影响的外生变量分别为经济因素、卫生资源和医疗服务,研究假设三个外生变量是 PCHE 的影响因素。模型构建结果见图 1。

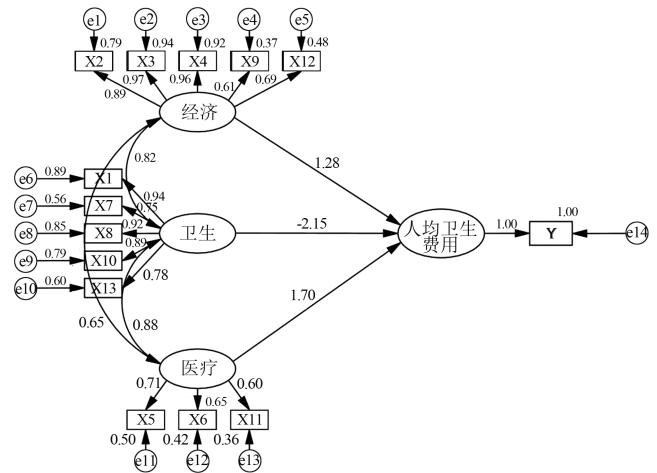


图 1 人均卫生费用影响因素结构方程模型的标准化解

结构方程模型的假设中要求数据满足多变量正态性,对本研究中的数据进行正态性检验,发现每个测量模型中多变量偏度绝对值大于 1,峰度绝对值大于 1,有的甚至大于 3,表明数据中存在显著的多变量非正态性。因此,本文采用 Bollen-Stine bootstrapping 的方法<sup>[15]</sup>用于调整模型拟合和参数估计,以适应缺乏多元正态性的情况<sup>[16-17]</sup>。设置 2000 次迭代,使用调整后的参数评估整体结构方程模型的拟合程度。见表 3。

一般认为直接用  $\chi^2$  判断模型和数据是否拟合不准确,因为  $\chi^2$  很容易受到样本量的影响。由表 3 结果可知,调整后的模型与数据集有较好的拟合程度。

(2)验证性因子分析

在验证构建的理论模型有较好的拟合能力后,本

文对模型中每个测量模型中潜变量与观察变量之间的标准化后的因子负荷量以及观察变量的标准化信度值

(square multiple correlations, SMC) 进行分析, 判断每个观察变量因素对潜变量的解释程度, 见表 4。

表 3 Bollen-Stine bootstrapping 修正后模型整体拟合指数

指标来源	绝对拟合指标				相对拟合指标			
	$\chi^2(\text{Bollen-Stinep})/df$	GFI	AGFI	RMSEA	NFI	CFI	IFI	RFI
选用评价标准	(1, 3)	>0.90	>0.90	<0.06	>0.90	>0.90	>0.90	>0.90
模型拟合评价	1.48	0.98	0.97	0.04	0.98	0.99	0.99	0.98

表 4 潜在构面验证性因子分析

潜变量	观察变量	标准化因子负荷量	非标准化因子负荷量	S. E.	t 值	SMC	CR	AVE
经济	X <sub>2</sub>	0.887	1.000			0.787	0.919	0.700
	X <sub>3</sub>	0.969	0.271 ***	0.009	28.750	0.939		
	X <sub>4</sub>	0.958	0.382 ***	0.013	28.968	0.918		
	X <sub>9</sub>	0.610	0.000 ***	0.000	12.321	0.372		
	X <sub>12</sub>	0.695	0.000 ***	0.000	15.159	0.483		
卫生	X <sub>1</sub>	0.943	1.000			0.889	0.933	0.738
	X <sub>7</sub>	0.748	0.194 ***	0.011	17.681	0.560		
	X <sub>8</sub>	0.921	0.011 ***	0.000	31.149	0.848		
	X <sub>10</sub>	0.890	0.061 ***	0.002	27.201	0.792		
	X <sub>13</sub>	0.776	0.046 ***	0.002	19.585	0.602		
医疗	X <sub>5</sub>	0.708	1.000			0.501	0.691	0.428
	X <sub>6</sub>	0.649	0.605 ***	0.054	11.174	0.421		
	X <sub>11</sub>	0.602	11.298 ***	1.179	9.581	0.362		

\*\*\* : P<0.001。

三个结构外生变量的组合信度 (construct reliability, CR) 值最小值为 0.691 (CR 标准范围 >0.7), 由于这是探索性的模型构建, 本文认为三个结构外生变量均符合要求, 说明三个测量模型的构建均有较好的信度, 每个测量模型的观察变量之间有较高的一致性。三个结构外生变量的平均方差提取值 (average variance extracted, AVE) 取值在 0.428~0.738, 一般认为 AVE 值在 0.36 以上可认为模型收敛良好。每个变量的标准化因子负荷量 (standardized factor loading, SFL)、SMC 以及路径系数均有意义 (P 值均 <0.001)。同时对于结构模型, 计算路径系数, 判断三个潜变量对因变量 PCHE 的影响大小。见表 5。

表 5 结构模型路径系数

结构模型	标准化路径系数	非标准化路径系数	t 值
经济因素-PCHE	1.280	0.026 ***	6.422
卫生资源-PCHE	-2.151	-0.303 ***	-9.653
医疗服务-PCHE	1.697	609.518 ***	9.158

\*\*\* : P<0.001。

路径系数绝对值的对比中, 卫生资源对 PCHE 的影响程度最大, 医疗服务第二, 相对最弱影响的是经济因素。

### (3) 潜变量相关系数

在考虑潜变量和因变量之间的影响关系的同时, 也可以把潜变量因子看作是因变量从而得到三个潜变量之间的相关程度。本研究得到了经济资源、卫生资源和医疗资源三者之间的相关系数。见表 6。

三个潜在变量之间的相关的计算不仅考虑了潜变量和潜变量之间的关系, 还纳入了潜变量和题目的关

系。可以看出卫生资源和医疗服务之间的相关程度最高; 其次是卫生资源和经济因素之间的相关程度; 最后是经济因素和医疗服务之间的相关程度。

表 6 潜在因子间相关系数

	标准化相关系数	非标准化相关系数	t 值
经济因素<-->卫生资源	0.821	113125260.7 ***	10.292
卫生资源<-->医疗服务	0.883	6978.991 ***	9.120
经济因素<-->医疗服务	0.649	35134.821 ***	6.863

\*\*\* : P<0.001。

## 讨 论

广东省位于中国的东南部, 雨热同期, 是中国光、热和水资源最丰富的地区之一。高热高湿的气候极易导致蚊虫孳生和细菌病毒的生长<sup>[18]</sup>, 从而使得广东省成为多种传染病或热带疾病的高发地区, 如 SARS、登革热等。广东省是我国对外开放的一个重要门户, 许多国外入境人员会选择从广东入境, 增加了传染病的输入机会。广东省属于中国经济文化较发达地区, 流动人口多, 人口密度大, 一定程度上加速了疾病的传播和流行。无论是 2003 年 SARS 病毒的爆发还是近年新冠肺炎疫情的大流行, 广东省的卫生费用投入无疑是巨大的。分析广东省 PCHE 影响因素, 为其合理稳健增长提供理论依据具有深远意义。

本文通过对广东省 PCHE 的影响因素的收集和分类, 构建了经济因素、卫生资源和医疗服务三个方面和 PCHE 之间的结构方程模型。研究结果显示, 经济因素和医疗服务与 PCHE 成正相关, 标准化路径系数分别为 1.280 (t=6.422, P<0.001) 和 1.697 (t=9.158,

$P < 0.001$ ), 而卫生资源与 PCHE 成负相关, 标准化路径系数为  $-2.151 (t = -9.653, P < 0.001)$ 。

首先, 经济因素包括城市化率、人均 GDP、农村居民人均可支配收入、城镇居民人均可支配收入、居民医疗保健消费价格指数共 5 个变量, 农村居民可支配收入和城市居民可支配收入的标准化因素负荷量最大。随着广东省居民可支配收入的增加, 相应的 PCHE 支出增加是符合认知的<sup>[19]</sup>。其次为人均 GDP, 显然人均 GDP 增长说明经济发展水平提升, 居民各方面消费支出也会增加。居民医疗保健消费价格指数和城市化率的因子负荷量偏低, 说明与其他几个变量相比, 两者的影响程度不高, 但是也呈正向影响。经济发展势必会带动 PCHE 的增加, 但是需要注意 PCHE 的增长速率与 GDP 增长速率的相统一。防止 PCHE 异常过快增长, 这就需要注意调整卫生产业结构, 增加政府和社会的卫生方面的支出, 在经济层面稳定 PCHE 的增长趋势。

第二, 卫生资源方面包括人口数量、基本医疗保险参保人数、GDP、财政卫生支出、医疗机构数 5 个变量, 对广东省 PCHE 起负向作用, 标准化路径系数为  $-2.151$ 。GDP 和财政卫生支出两变量的标准化因子负荷量最大, 广东省 GDP 和政府卫生支出的增加, 加大了其在卫生总费用中的比重, 会降低个人卫生支出的比重<sup>[20]</sup>。同样基本医疗保险的普及, 会在卫生筹资方面增加社会卫生支出, 从而减少 PCHE。与以往研究不同的是<sup>[21]</sup>, 本研究探讨了医疗机构数对 PCHE 的影响。通过分析发现乡镇地区的医疗机构普及, 可以方便居民就医, 避免过度医疗和资源浪费。

第三, 在医疗服务层面有每千人口床位数、每千人卫生技术人员数量、60 岁以上老年人口数三个因素。每千人口床位数和每千人卫生技术人员数量表明, 随着新医改的推进和《“健康中国 2030”规划纲要》的实施, 医疗从业人员数量有了提升, 居民的医疗服务需求得到了较大程度的满足, 相应地居民 PCHE 的支出会正向增长<sup>[8]</sup>。由于我国逐渐步入老龄化进程, 老年人口逐年增多, 对于医疗服务的需求进一步的扩大。与以往分析<sup>[9]</sup>结果不同的是本文发现 60 岁以上老年人口数量对 PCHE 的影响有意义。因此, 社会对于进一步完善和保障医疗服务供给, 特别是针对性的老年医疗服务资源, 还有待进一步加强。

综上所述, PCHE 的不合理增长是造成当前“看病贵, 看病难”这一民生问题的原因之一。在对全国 PCHE 的研究中发现<sup>[22]</sup>, 每万人执业医师和经济发达省份的城市化率与 PCHE 的关联不明显 ( $P > 0.05$ ), 这与本文的结果相反。说明全国性的研究和各省份之间会存在差异, 需要因地制宜, 针对广东省的地区特点, 制定特定的政策, 比如重视发展医疗卫生从业人员, 提

升素质, 对于老年人口开设专门的老年卫生服务等。

## 参 考 文 献

- [1] 戴明锋, 孟群. “十三五”期间我国卫生总费用预测. 中国卫生统计, 2017, 34(2): 263-265.
- [2] 万泉, 李涛, 柴培培, 等. 我国个人卫生支出占卫生总费用比重监测评价与预测研究. 中国卫生经济, 2021, 40(5): 33-36.
- [3] Daroudi R, Akbari SA, Nahvijou A, et al. Cost per DALY averted in low, middle- and high-income countries: evidence from the global burden of disease study to estimate the cost-effectiveness thresholds. Cost Effectiveness and Resource Allocation, 2021, 19(1): 7-15.
- [4] 王奕晨, 曹阳. 我国人均卫生费用趋势预测及影响因素研究. 卫生软科学, 2020, 34(8): 47-50.
- [5] 李长乐, 何刚, 范艳存, 等. 我国人均卫生费用的宏观影响因素研究. 中国卫生经济, 2016, 35(12): 51-53.
- [6] 李相荣, 张秀敏, 任正, 等. 基于主成分回归分析法的我国人均卫生费用的影响因素分析. 医学与社会, 2020, 33(7): 5-8.
- [7] 吴桐, 聂晓远, 罗达川, 等. 我国人均卫生费用影响因素的宏观分析. 知识经济, 2020(15): 45-46.
- [8] 袁晨杰, 田侃. 基于灰色关联度分析法的四川省人均卫生费用影响因素研究. 中国医疗管理科学, 2022, 12(1): 23-28.
- [9] 朱泉同, 彭翔, 高山. 江苏省人均卫生费用关联度分析. 医学与社会, 2021, 34(5): 41-44.
- [10] Amaka GG, Chris K, Uju E, et al. Does greenhouse gas emission have any relevance to per capita health expenditure? Empirical evidence from Nigeria. African Journal of Sustainable Development, 2017, 7(3): 17-36.
- [11] Uranbileg B, Yibing L. Empirical Analysis of Relationship between Per Capita Health Expenditure and Economic Growth Based on Vector Autoregressive Model(VAR) in Mongolia. Theoretical Economics Letters, 2020, 10(1): 154-168.
- [12] 宋枝璘, 郭磊, 郑天鹏. 认知诊断缺失数据处理方法的比较: 零替换、多重插补与极大似然估计法. 心理学报, 2022, 54(4): 426-444.
- [13] Mazza GL, Enders CK, Ruehlman LS. Addressing Item-Level Missing Data: A Comparison of Proration and Full Information Maximum Likelihood Estimation. Multivariate behavioral research, 2015, 50(5): 504-519.
- [14] 方绮雯, 刘振球, 袁黄波, 等. 结构方程模型的构建及 AMOS 软件实现. 中国卫生统计, 2018, 35(6): 958-960.
- [15] Fisher MJ, King J. The Self-Directed Learning Readiness Scale for nursing education revisited: a confirmatory factor analysis. Nurse Educ Today, 2010, 30(1): 44-48.
- [16] Enders CK. An SAS macro for implementing the modified Bollen-Stine bootstrap for missing data: Implementing the bootstrap using existing structural equation modeling software. Structural Equation Modeling-A Multidisciplinary Journal, 2005, 12(4): 620-641.
- [17] Kenneth AB, Robert AS. Bootstrapping Goodness-of-Fit Measures in Structural Equation Models. Sociological Methods & Research, 1992, 21(2): 205-229.
- [18] 段金花, 陈宗晶, 周静雅, 等. 2017 年广东省深圳市市政管网沙井口的蚊虫孳生现况调查. 中国媒介生物学及控制杂志, 2020, 31(2): 199-202.
- [19] 崔欢欢, 陈丹楠, 邵佳. 我国卫生总费用筹资的结构性特征与人均可支配收入的比较分析. 中国卫生政策研究, 2017, 10(5): 64-69.
- [20] 林倩, 王冬, 吴志明, 等. 广东省 2000-2014 年卫生总费用变化分析. 医学与社会, 2017, 30(10): 17-20.
- [21] 邴龙飞, 余兰, 孙玉凤. 基于门限效应模型的经济水平对我国人均卫生费用的影响. 中国卫生经济, 2021, 40(9): 44-47.
- [22] 侯积菲. 卫生资源配置、社会及经济因素对我国人均卫生费用的影响研究. 青岛: 青岛大学, 2021.

(责任编辑: 邓 妍)