城乡高血压健康管理差异及其传导路径研究
——基于多层次序贯 Logistic 模型的实证分析

童奕宁，宋昕烨，王子妍
上海对外经贸大学，上海 201620
DOI:10.61369/ASDS.2026090011

摘　　要： 基于2011年中国健康与营养调查（CHNS）横断面数据，围绕高血压“知晓—治疗—控制”的阶段递进过程，采用单阶段 Logistic 模型、序贯 Logistic 模型和共享社区随机截距的多层次序贯 Logistic 模型考察城乡差异，并运用 KHB 方法考察教育与收入在城乡知晓差异中的统计中介作用。结果表明，城乡差异主要集中于高血压知晓阶段，治疗和控制阶段差异均未达到统计显著水平；联合模型显示社区层面存在明显聚类效应；教育年限和最高学历的统计中介效应显著，对数收入的中介效应不显著。农村高血压管理应将干预重点前移至主动筛查和疾病识别环节，促进健康教育与基层健康服务协同衔接。

关 键 词： 高血压；城乡差异；健康管理；序贯 Logistic 模型；多层次模型

Urban-Rural Differences in Hypertension Health Management and Their Transmission Pathways — An Empirical Analysis Based on a Multilevel Sequential Logistic Model

Tong Yining, Song Xinye, Wang Ziyan
Shanghai University of International Business and Economics, Shanghai 201620

Abstract: Based on cross-sectional data from the 2011 China Health and Nutrition Survey (CHNS), this study examines urban–rural differences across the sequential stages of hypertension awareness, treatment, and control. Single-stage logistic models, sequential logistic models, and a multilevel sequential logistic model with a shared community random intercept are employed. The KHB method is used to assess the statistical mediating roles of education and income in the urban–rural awareness gap. The results show that the disparity is concentrated in the awareness stage, whereas differences in treatment and control are not statistically significant. A clear community clustering effect is observed. Years of education and highest educational attainment have significant mediating effects, while log income does not. Rural hypertension management should therefore prioritize active screening and early identification and strengthen coordination between health education and primary health services.

Keywords: hypertension; urban–rural disparities; health management; sequential Logistic model; multilevel model

引言

高血压是目前我国居民最常见的慢性病之一，患病人数众多，长期控制不佳会增加心脑血管疾病的发生风险，造成较大的医疗和经济负担[1-3]。高血压健康管理是疾病知晓、接受治疗和达到血压控制三个相互衔接的阶段，阶段之间存在条件依赖关系[4-5]。现有研究已从城乡、收入、教育和医疗保障等角度考察高血压健康公平，并采用 Logistic 回归、广义估计方程和序贯模型识别相关因素[6-11]。序贯 Logistic 模型可将知晓、治疗和控制视为连续管理链条，适合分析各阶段条件概率；社区医疗资源、健康服务和社会环境还可能使同一社区内个体的健康管理结果具有相关性[12,13]。目前，将阶段递进关系与社区聚类特征结合的研究仍有拓展空间。因此，本文利用中国健康与营养调查数据，分别建立单阶段 Logistic 模型、三阶段序贯 Logistic 模型和多层次序贯 Logistic 模型，识别城乡差异集中出现的管理阶段，并采用 KHB 方法考察教育、收入等因素在知晓阶段城乡差异中的统计中介作用，为城乡高血压健康管理精准干预提供实证依据。

作者简介：
童奕宁（2003—），男，浙江人，上海对外经贸大学金融管理学院，本科在读，研究方向为金融统计；
宋昕烨（2005—），女，山西人，上海对外经贸大学统计与数据科学学院，本科在读，研究方向为区块链、多模态等；
王子妍（2006—），女，上海人，上海对外经贸大学统计与数据科学学院，本科在读，研究方向为应用统计学。

Copyright © This Work is Licensed under A Commons Attribution-Non Commercial 4.0 International License.

一、数据来源与研究设计

（一）数据来源与样本筛选

本文使用中国健康与营养调查（China Health and Nutrition Survey，CHNS）2011年横断面数据[14]。该轮调查同时提供个体血压测量、疾病诊断与用药、人口社会经济特征、城乡属性及社区信息，能够满足阶段递进分析需要。研究对象限定为18岁及以上成年人，剔除缺少有效血压测量、城乡属性或模型核心协变量的记录。按照统一判定标准识别高血压患者后，知晓阶段形成3340个未加权有效样本；在其中具有明确既往诊断信息的1105名知晓者中估计治疗阶段；在报告当前使用降压药且具备有效血压控制结局信息者中，控制阶段形成744个未加权有效样本。三个阶段均以个人为观测单位，不合并其他调查年份，也不存在同一受访者跨波次重复计入。文中城乡管理率依据2011年调查权重计算，模型样本量为未加权人数，因而不能用加权管理率反推下一阶段样本量。

（二）变量定义

本文以城乡属性为核心解释变量，城市居民赋值为1，农村居民赋值为0。CHNS调查由受训人员在受访者静坐休息至少10分钟后测量右臂血压，连续测量3次，每次间隔不少于1分钟，本文取3次有效读数的均值。符合以下任一条件者判定为高血压患者：平均收缩压不低于140mmHg、平均舒张压不低于90mmHg、曾由医生诊断为高血压，或调查时正在使用降压药物[14]。知晓定义为高血压患者自报曾获医生诊断；治疗定义为已知晓者调查时正在使用降压药物；控制定义为已治疗者平均收缩压低于140mmHg且平均舒张压低于90mmHg。控制变量包括性别、年龄、教育年限、年收入、身体质量指数（BMI）、合并症和社区城市化指数；合并症指糖尿病、心肌梗死或中风任一项。变量定义见表1。

表1：变量定义

变量类型	变量名称	变量定义及赋值
结局变量	高血压知晓	高血压患者自报曾由医生诊断为高血压=1，否则=0
	高血压治疗	已知晓者调查时正在使用降压药物=1，否则=0
	血压控制	已治疗者平均SBP<140 mmHg且平均DBP<90 mmHg=1，否则=0
核心解释变量	城乡属性	城市=1，农村=0
个体层控制变量	性别	男性=1，女性=0
	年龄	调查对象实际年龄，单位为岁
	教育年限	调查对象受教育年限，单位为年
	年收入	年收入取自然对数
	BMI	身体质量指数
	合并症	糖尿病、心肌梗死、中风任一项=1，否则=0
社区层变量	城市化指数	连续型指标，数值越大表示社区城市化程度越高

（三）模型设定

高血压健康管理具有阶段递进特征，患者知晓病情后方可进入治疗阶段，接受治疗后再进入控制阶段。单阶段Logistic模型将知晓、治疗和控制分别作为相互独立的二分类结局，三个模型均以全部高血压患者为分析样本；未进入后续阶段者在相应结局中记为0，该设定不施加前序阶段条件。序贯Logistic模型则按照管理链条重新界定风险集，知晓阶段以全部高血压患者为样本，治疗阶段仅在已知晓者中估计P（治疗=1 | 知晓=1），控制阶段仅在已治疗者中估计P（控制=1 | 治疗=1）。在此基础上，多层次序贯模型加入三阶段共享的社区随机截距并控制省份固定效应，表示为，$logit\left[P\left(Y_{sij}=1\mid R_s,\ X_{ij},\ u_j\right)\right]=\alpha_s+\beta_s Urban_{ij}+\gamma_s' X_{ij}+\delta_p+u_j$ 其中s=1、2、3分别表示知晓、治疗和控制，R_S 为相应风险集，u_j 为三阶段共享的社区随机截距。阶段固定效应参数分别估计，城乡效应以优势比（OR）报告。机制分析限定于城乡差异显著的知晓阶段，分别建立KHB-A、KHB-B和KHB-C三个模型，依次纳入教育年限、最高学历和对数收入，每个模型均控制年龄、性别、BMI、合并症、社区城市化指数和省份固定效应，并采用社区聚类稳健标准误。KHB分解报告总效应、直接效应、间接效应和中介比例，置信区间采用1000次Bootstrap估计。教育年限与最高学历反映相近教育维度，不在同一模型中同时纳入。

二、城乡高血压健康管理三阶段差异的实证分析

（一）高血压健康管理三阶段的基本特征

基于高血压健康管理的递进路径，本文分别比较城乡居民在知晓、治疗和控制三个阶段的表现。本文对高血压的判定沿用CHNS测量与自报信息相结合的原则：平均收缩压≥140mmHg或平均舒张压≥90mmHg，或自报曾被医生诊断为高血压，即判为高血压（H=1），全样本共识别出18586名高血压患者，粗知晓率为38.5%。在构建三阶段序贯模型时，为保证各阶段协变量可比，采用listwise删除剔除核心协变量缺失记录；其中lnincome（年收入取对数）在高血压患者中的缺失率高达81.2%，导致大量记录被排除，最终形成知晓阶段未加权有效样本3340人，知晓率为33.4%。该比例低于Wei等（2021）报告的55.7%，主要源于两方面：其一，本文在协变量完整样本中估计，而被剔除者多为健康素养与医疗资源可及性较低的群体；其二，本文未对社区或省份进行加权外推，且「知晓」仅取「自报曾获医生诊断」单一口径。因此样本结构与文献[14]不完全一致，结果不可直接比较，但内部逻辑自洽、口径明确。

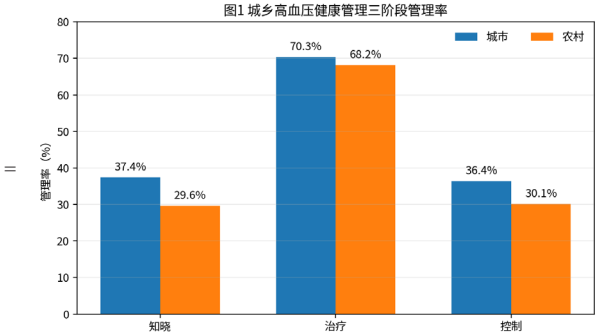


图1：城乡高血压健康管理三阶段管理率

注：管理率为按2011年CHNS调查权重计算的加权比例；3340、1105和744分别为序贯模型知晓、治疗和控制阶段的未加

 Copyright © This Work is Licensed under A Commons Attribution-Non Commercial 4.0 International License.

权有效样本量。加权比例不能用于反推下一阶段未加权人数。

城市居民高血压知晓率为37.4%，农村居民为29.6%，相差7.8个百分点；治疗阶段城市居民治疗率为70.3%，农村居民为68.2%，相差2.1个百分点；控制阶段城市居民控制率为36.4%，农村居民为30.1%，相差6.3个百分点。城乡差距在治疗阶段缩小，在控制阶段有所回升，并非依次递减。结合回归结果可知，较为稳定的城乡差异主要集中在疾病知晓环节，治疗和控制阶段虽存在描述性差距，但均未达到统计显著水平。由此表明，城乡健康管理差异具有阶段性，不能将控制阶段的不显著结果解释为城乡差异完全不存在。

（二）不同模型下城乡差异的估计结果

三类模型的比较结果见表2。单阶段 Logistic 模型将三个管理结局作为彼此独立的结局，并统一以3340名高血压患者为风险集；序贯 Logistic 模型依据前序状态分别在3340名高血压患者、1105名已知晓者和744名已治疗且控制结局完整者中估计条件概率；多层次序贯 Logistic 模型在序贯风险集基础上进一步控制社区聚类。三种设定均显示，知晓阶段城市居民具有显著优势，治疗和控制阶段的城乡差异未达到统计显著水平。多层次序贯模型中，知晓阶段 OR 为1.313（95%CI：1.05 ~ 1.64，P=0.0178）；治疗阶段 OR 为0.996（95%CI：0.75 ~ 1.33，P=0.9781）；控制阶段 OR 为1.275（95%CI：0.87 ~ 1.87，P=0.2124）。不同模型下城乡效应的方向与显著性判断基本一致，表明主要结论对风险集界定和社区聚类调整具有一定稳健性。

表2：城乡高血压健康管理三阶段主要估计结果

管理阶段	序贯模型样本量	城市 / 农村管理率	单阶段 LogisticOR（95%CI）	序贯 LogisticOR（95%CI）	多层次序贯 LogisticOR（95%CI）
知晓	3340	37.4%/29.6%	1.333（1.17 ~ 1.52）P<0.001	1.333（1.07 ~ 1.67）P=0.012	1.313（1.05 ~ 1.64）P=0.0178
治疗	1105	70.3%/68.2%	1.032（0.79 ~ 1.35）ttP=0.816	1.032（0.77 ~ 1.39）P=0.834	0.996（0.75 ~ 1.33）P=0.9781
控制	744	36.4%/30.1%	1.282（0.93 ~ 1.77）P=0.131	1.282（0.88 ~ 1.87）P=0.198	1.275（0.87 ~ 1.87）P=0.2124

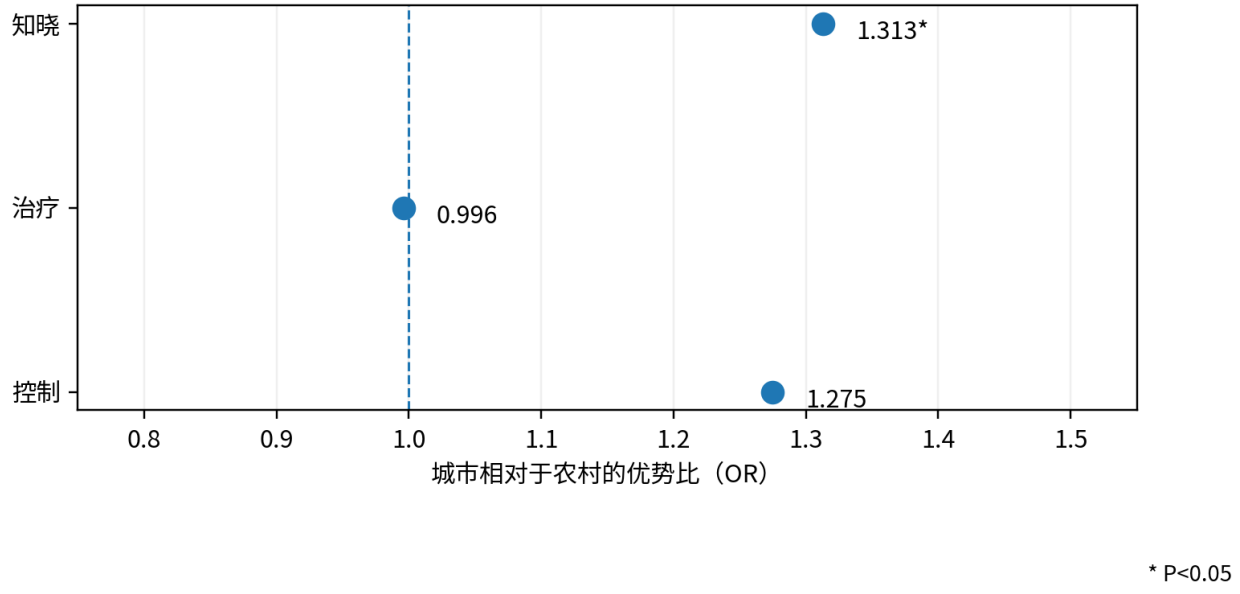


图2：多层次序贯 Logistic 模型下城乡效应

注：OR 以农村居民为参照组，OR>1表示城市居民具有较高的阶段进入优势。表中95%CI 依据原稿保存的 OR、P 值和标准误按 Wald 方法复核；P 值分别列于相应模型结果下方。单阶段模型三个结局均以3340名高血压患者为风险集；序贯及多层次序贯模型样本量依次为3340、1105和744。

（三）社区聚类效应与模型比较

高血压健康管理除受个体人口社会经济特征影响外，还会受到社区层面未观测因素影响。本文多层次序贯模型采用三阶段共享的社区随机截距，阶段固定效应参数分别估计，因此只产生一个反映联合模型社区聚类程度的总体 ICC，而非三个阶段各自独立的 ICC。共享随机截距联合模型与不含随机效应模型的似然比检验在1% 水平上显著；总体 ICC 为0.1798，设计效应（DEFF）为2.87，表明同一社区居民的健康管理结果存在相关性。纳入社区随机效应后，城乡变量在知晓阶段仍然显著，治疗、控制阶段均不显著。随机截距显著只能说明社区层面存在聚类结构，不能直接证明差异由基层医疗资源、健康服务质量或社区健康氛围造成。较为谨慎的解释是，社区环境差异可能与居民高血压健康管理水平相关，具体原因仍需结合直接测量的社区变量识别。

（四）稳健性分析

本文采用单阶段 Logistic 模型、三阶段序贯 Logistic 模型和多层次序贯 Logistic 模型比较城乡核心效应的方向与显著性。三种设定均表明，知晓阶段城市居民具有显著优势，治疗、控制阶段城乡差异未达到统计显著水平。模型诊断结果显示，知晓、治疗阶段的结局分布存在不平衡现象，不能将某一个拟合指标作为

Copyright © This Work is Licensed under A Commons Attribution-Non Commercial 4.0 International License.

预测能力的唯一标准，控制阶段 AUC 值为0.622。因此，本文综合比较各模型核心效应的方向、区间估计和显著性，据此判断核心结论的稳健性。研究仅使用2011年横断面数据，不涉及跨波次重复观测；社区内相关性通过共享社区随机截距和社区聚类稳健标准误加以处理。横断面设计不能建立时间先后顺序，KHB 分解仅反映统计意义上的中介关系，不能作因果解释。

三、城乡高血压管理差异的统计传导路径

前文结果表明，城乡差异主要集中于高血压知晓阶段。为考察教育与收入在该差异中的统计中介作用，并避免教育年限与最高学历高度相关造成模型不稳定，本文设置三个相互独立的 KHB 模型：KHB-A 以教育年限为中介变量，KHB-B 以最高学历为中介变量，KHB-C 以对数收入为中介变量。三个模型使用同一知晓阶段样本和相同控制变量，并采用1000次 Bootstrap 估计95% 置信区间。KHB-A 的间接效应为0.0747，95% 置信区间为0.0469 ~ 0.1072，中介比例为22.7%；KHB-B 的间接效应为0.0945，95% 置信区间为0.0591 ~ 0.1197，中介比例为26.2%，两项教育指标的间接效应均达到统计显著水平。KHB-C 的间接效应为0，95% 置信区间为 -0.0336 ~ 0.0286，P=0.9985，中介比例为0，未发现显著的收入统计中介作用。各比例对应不同模型，只用于比较各中介变量单独纳入时的解释程度，不作加总。上述结果反映变量间的统计分解关系，不构成因果机制证据。

表3：KHB 中介效应分解结果

KHB 模型及中介变量	间接效应	95% 置信区间	P 值	中介比例
KHB-A：教育年限	0.0747	0.0469 ~ 0.1072	<0.001	22.7%
KHB-B：最高学历	0.0945	0.0591 ~ 0.1197	<0.001	26.2%
KHB-C：对数收入	0.0000	−0.0336 ~ 0.0286	0.9985	0.0%

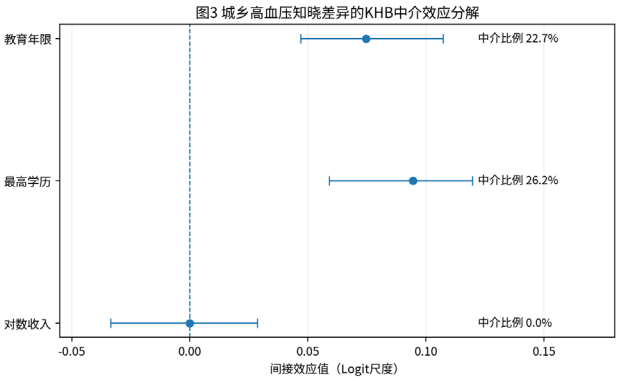


图3：城乡高血压知晓差异的 KHB 统计中介效应分解

注：教育年限、最高学历和对数收入分别对应 KHB-A、KHB-B 和 KHB-C 三个独立模型；各模型使用相同样本与控制变量。中介比例为间接效应占总效应的比例，95% 置信区间基于1000次 Bootstrap 估计，各比例不作加总解释，结果仅表示统计中介关系。

四、结语

本文基于2011年 CHNS 横断面数据，从知晓、治疗和控制三个阶段考察城乡高血压健康管理差异。研究发现，城乡差异主要集中于高血压知晓阶段，治疗和控制阶段差异均未达到统计显著水平；共享社区随机截距的联合模型显示社区层面存在明显聚类效应；分别设定的 KHB 模型表明，教育年限和最高学历具有显著统计中介作用，对数收入的中介效应不显著。农村高血压管理应将干预重点前移，加强主动筛查、健康信息传播与早期识别，推动健康教育、家庭医生签约和基层随访协同开展。受横断面设计限制，本文结论仅反映变量间统计关联，后续可利用追踪数据进一步识别动态变化与因果关系。

参考文献

[1] 国家心血管病中心国家基本公共卫生服务项目基层高血压管理办公室，国家基层高血压管理专家委员会 . 国家基层高血压防治管理指南2025版 [J]. 中国循环杂志，2025,40(9):836-850.
[2] 国家心血管病中心，中国心血管健康与疾病报告编写组 . 中国心血管健康与疾病报告 2023概要 [J]. 中国循环杂志，2024，39(7)：625-660.
[3] 国家心血管病中心 . 中国心血管健康与疾病报告2024[M]. 北京：中国协和医科大学出版社，2025.
[4] 国家卫生健康委等六部门 . 关于加强基层慢性病健康管理服务的指导意见 [EB/OL].2025-10-29.
[5] 中共中央，国务院 . “健康中国2030”规划纲要 [A/OL]. 2016-10-25.
[6]PENG W Y, LIN S Q, CHEN B W, et al. Area-level socioeconomic inequalities in mortality in China: a nationwide cohort study based on the ChinaHEART project[J]. The Lancet Public Health, 2024, 9(12):e1014-e1024.
[7]China Health and Nutrition Survey (CHNS).China Health and Nutrition Survey[DB/OL].Chapel Hill:University of North Carolina at Chapel Hill; Beijing:Peking University Health Science Center.https://chns.cpc.unc.edu/.
[8]AKL C, AKIK C, GHATTAS H, et al. The cascade of care in managing hypertension in the Arab world: a systematic assessment of the evidence on awareness, treatment and control[J]. BMC Public Health, 2020, 20(1):835.
[9]DATTA B K, ANSA B E, HUSAIN M J. An analytical model of population level uncontrolled hypertension management: a care cascade approach[J]. Journal of Human Hypertension, 2022, 36:726-731.
[10]FONTIL V, BIBBINS-DOMINGO K, KAZI D S, et al. Simulating strategies for improving control of hypertension among patients with usual source of care in the United States: the blood pressure control model[J]. Journal of General Internal Medicine, 2015, 30(8):1147-55.
[11]HAGGSTROM G W. Logistic regression and discriminant analysis by ordinary least squares[J]. Journal of Business & Economic Statistics, 1983, 1(3):229-238.
[12]LEE C, AYERS S L, KRONENFELD J J, et al. The importance of examining movements within the US health care system: sequential logit modeling[J]. BMC Health Services Research, 2010, 10:269.
[13]GORDON-LARSEN P, ATTARD S M, HOWARD A G, et al. Accounting for selectivity bias and correlation across the sequence from elevated blood pressure to hypertension diagnosis and treatment[J].American Journal of Hypertension,2018,31(1):63-71.
[14]WEI J, MI Y, LI Y, et al. Factors associated with awareness, treatment and control of hypertension among 3579 hypertensive adults in China: data from the China Health and Nutrition Survey[J]. BMC Public Health, 2021, 21:423.

 Copyright © This Work is Licensed under A Commons Attribution-Non Commercial 4.0 International License.