· 流行病与统计方法 ·

中国中老年女性贫血与高血压的关联研究

王雪,赵城林
宜宾市第二人民医院产前诊断科,四川 宜宾 644400

摘要:目的　探讨中国中老年女性贫血与高血压的关联。**方法**　收集中国健康与养老追踪调查(China Health and Retirement Longitudinal Study, CHARLS)项目中 2015 年 5 575 名≥45 岁女性的基线数据,以 2018 年贫血为结局。采用多因素 logistic 回归模型分析贫血与高血压横断面及队列之间的关系,采用限制性立方样条(Restricted Cubic Splines, RCS)分析中老年女性人群血红蛋白与高血压发病风险的剂量-反应关系。**结果**　贫血与高血压呈负相关,横断面分析(2015 年)显示,贫血者的高血压患病风险降低 25% ~35%(模型 1:*OR* = 0.65,95% *CI*:0.57 ~0.74;模型 4:*OR* = 0.75,95% *CI*:0.63 ~0.88;均 $P < 0.01$)。前瞻性队列分析(2015—2018 年)表明,基线贫血使 3 年后高血压发病风险下降 42% ~50%(模型 1:*OR* = 0.58,95% *CI*:0.43 ~0.79;模型 4:*OR* = 0.50,95% *CI*:0.35 ~0.71;$P < 0.001$)。RCS 分析结果显示血红蛋白和高血压发病风险呈线性相关。亚组分析发现体重指数影响关联强度,各亚组之间未发现交互效应(交互检验均 $P > 0.05$)。敏感性分析结果稳健。**结论**　中国中老年女性人群中贫血与高血压患病及新发风险呈负相关。

关键词:贫血;高血压;女性;CHARLS 数据库
中图分类号:R173　　**文献标志码**:A　　**文章编号**:1003-8507(2026)06-997-08
DOI:10.20043/j.cnki.MPM.202510015

Association between anemia and hypertension in middle-aged and elderly women, China

WANG Xue, ZHAO Cheng-lin
The Prenatal Diagnosis Department, the Second People's Hospital of Yibin, Yibin, Sichuan 644400, *China*

Abstract: Objective　To examine the association between anemia and hypertension among middle-aged and older Chinese women. **Methods**　Baseline data of 5 575 women aged ≥45 years from the 2015 China Health and Retirement Longitudinal Study (CHARLS) were collected, with anemia in 2018 as the outcome. Multivariable logistic regression was used to assess cross-sectional and longitudinal relationships between anemia and hypertension. Restricted Cubic Splines (RCS) were used to analyze the dose-response relationship between hemoglobin and the risk of hypertension in middle-aged and elderly women. **Results**　Anemia was inversely associated with hypertension. In 2015, anemic women had a 25-35% lower prevalence of hypertension (Model 1: *OR* = 0.65, 95% *CI*: 0.57-0.74; Model 4: *OR* = 0.75, 95% *CI*: 0.63-0.88; both $P < 0.01$). Over 2015—2018, baseline anemia reduced 3-year hypertension incidence by 42-50% (Model 1: *OR* = 0.58, 95% *CI*: 0.43-0.79; Model 4: *OR* = 0.50, 95% *CI*: 0.35-0.71; $P < 0.001$). RCS showed a linear inverse relationship between hemoglobin level and hypertension risk. BMI influenced the strength of association, but no interaction was detected (all $P > 0.05$). Sensitivity analyses confirmed robustness. **Conclusion**　Anemia is associated with lower prevalence and incidence of hypertension in middle-aged and older Chinese women.

Keywords: Anemia; Hypertension; Women; CHARLS database

高血压是指以体循环动脉血压持续升高为特征的心血管综合征,是中国居民死亡重要原因[1]。一项全国性调查研究发现,在 2012 年至 2015 年期间,有大约 2.445 亿≥18 岁的中国人患有高血压,高血压的知晓率和控制率也低于发达国家[2]。“中国居民心血管病及其危险因素监测”项目于 2020 至 2022 年在多个省市及自治区监测也发现高血压患病率整体呈上升趋势[3]。长期血压升高,特别是难治性的高血压可直接导致卒中、冠心病、心衰和慢性肾病,治疗的高昂费用、伴随的残疾及早期死亡都给社会带来巨大的卫生经济负担[4]。

贫血是指人类外周血红细胞容量或血红蛋白浓度低于正常,常见表现包括虚弱、疲劳、注意力不集中以及工作和日常生活受限,其原因复杂[5]。尽管贫血

作者简介:王雪(1996—),女,硕士,初级医师,研究方向:妇产科
通信作者:王雪,E-mail:WX1786220731@outlook.com

与高血压为两个独立系统疾病,但越来越多国外的证据提示贫血与较低的高血压风险相关,例如尼泊尔的一项健康调查数据观察到在 15 ~ 49 岁女性中高血压与贫血呈负相关[6];苏丹北部的一项基于社区的横断面研究也发现苏丹成年人中贫血与高血压负相关[7];第五次韩国国家健康与营养检查调查(KNHANES V;2010—2012)发现贫血与高脉压呈正相关,但与高血压无关[8]。然而,以上这些结果能否推广至中国人群值得进一步探讨。本研究利用具有全国代表性的中国健康与养老追踪调查(China Health and Retirement Longitudinal Study, CHARLS)数据库,开展中老年女性人群贫血与高血压的关联研究,为制定针对中老年女性人群贫血筛查与高血压早期干预策略提供依据。

1 材料与方法

1.1 研究对象 本研究采用 CHARLS 研究数据[9]。以 2015 年为基线数据,2018 年为随访数据。将贫血作为暴露因素,高血压作为结局指标。纳入标准为:女性、基线年龄 ≥45 岁、具有完整基线血红蛋白(Hemoglobin, HGB)检测数据,以及有效的基线血压测量值、医师诊断高血压和高血压用药记录。基线已患高血压者被排除在高血压发病的纵向分析之外(见图 1)。本研究符合赫尔辛基宣言,所有参与者在参与前签署书面知情同意书,由北京大学生物医学伦理审查委员会批准(IRB00001052 - 11015)。

1.2 暴露因素评估 采用世界卫生组织标准定义贫血:非妊娠女性 HGB < 12.0 g/dl[10]。

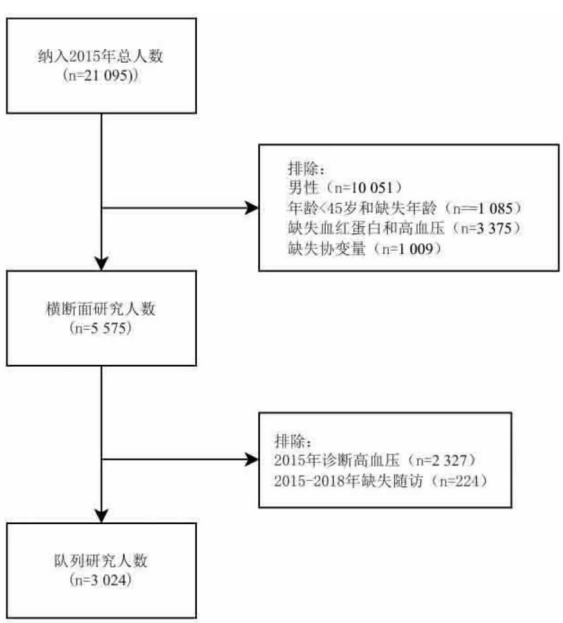


图 1 研究对象筛选流程图(CHARLS 2015—2018)

Fig. 1 Flowchart of study participant selection (CHARLS 2015 - 2018)

1.3 结局因素评估 高血压定义为满足以下任一标准:(1)平均收缩压 ≥140 mm Hg,(2)平均舒张压 ≥90 mm Hg,(3)自我报告医生诊断高血压或(4)当前使用降压药物[11]。血压测量采用欧姆龙 HEM - 7200 血压计,放松并保持安静状态下测量三次,取三次读数平均值。

1.4 协变量评估 基于临床意义和既有文献预先确定的潜在混杂因素和效应修饰因素均在基线评估[12-13]。社会人口学因素:年龄(岁)、教育程度(小学或以下、初中、高中或以上)、婚姻状态(已婚/同居、其他)、居住地(城市、农村、其他);人体测量因素与生活方式:体重指数(kg/m^2) = 体重(kg)/身高(m^2),体重指数(Body mass index, BMI)分类: < 25, 25 ~ < 30, ≥30、吸烟(无、有)、饮酒(无、有)、夜间睡眠时长(h);健康状况与合并症:自我报告的医生确诊疾病史,包括心脏病(无、有)、血脂异常(无、有)、糖尿病或血糖升高(无、有)。抑郁症状(无、有);血液指标:白细胞(White Blood Cell, WBC, ×1 000)、红细胞压积(Hematocrit, Hct, %)、平均红细胞体积(Mean Corpuscular Volume, MCV, fl)、甘油三酯(Triglycerides, TG, mg/dl)、肌酐(Creatinine, Scr, mg/dl)、高密度脂蛋白胆固醇(High Density Lipoprotein Cholesterol, HDL, mg/dl)、低密度脂蛋白胆固醇(Low Density Lipoprotein Cholesterol, LDL, mg/dl)、总胆固醇(Total Cholesterol, TC, mg/dl)、血清高敏 C 反应蛋白(High - sensitivity C - reactive protein, hs - CRP, mg/L)。

1.5 统计方法 对于正态分布的连续变量,用均值 ± 标准差($\bar{x} \pm s$)描述,组间比较采用单因素方差分析;对于偏态分布的连续变量,则用中位数及四分位数 $M(P_{25}, P_{75})$ 描述,组间比较采用 Kruskal - Wallis H 检验。分类变量以绝对值(%)表示,组间差异比较采用 χ^2 检验。多因素 logistic 回归模型估计基线贫血与高血压患病的比值比(Odds Ratio, *OR*)及其置信区间(Confidence Interval, *CI*)。变量纳入遵循"临床需要 + 单因素 $P < 0.05$ 且效应变化 > 10%"原则;共线性判定采用 GVIF^(1/2Df) ≥2 为界,TG、LDL、TC 因达阈值被排除。最终建立 4 个模型:模型 1 未调整;模型 2 纳入人口学 + 生活方式(年龄、婚姻、居住地、BMI、吸烟、饮酒、夜间睡眠时长);模型 3 进一步纳入合并症(心脏病、血脂异常、糖尿病或血糖升高);模型 4 再纳入血液指标(WBC、Hct、Scr、HDL、hs - CRP)。血红蛋白浓度与高血压风险之间潜在的非线性剂量 - 反应关系采用限制性立方样条(Restricted Cubic Splines, RCS)。亚组分析按年龄(<60 岁, ≥60 岁)、婚姻、居住地、BMI、吸烟、饮酒及合并症分层。缺失

值 <10% 直接删除;敏感性分析采用 MICE 多重插补并计算 E 值评估未测量混杂[14]。

所有统计分析均使用 R 统计软件(http://www.Rproject.org; The R Foundation, Vienna, Austria)和风锐统计软件(version 2.1.1; Beijing FreeClinical Medical Technology Co., Ltd, Beijing, China)。检验水准 $\alpha=0.05$。

2 结　果

2.1 调查对象基线特征　本研究共纳入 5 575 例受试者,平均年龄 59.3 岁。与非贫血组($n=4\ 294$)相比,贫血组($n=1\ 281$)受教育程度(74.8% vs 79.1%,$P=0.002$)、城市居住比例(7.6% vs 13.3%,$P<0.001$)、体重指数(4.8% vs 8.1%,$P<0.001$),心脏病比例(9.1% vs 13.2%)和血脂异常比例(8.0% vs 11.5%)、WBC、Hct、MCV、TG、Scr、LDL、TC 及 hs-CRP 水平更低(均 $P<0.001$),而抑郁症状检出率高(49.2% vs 43.1%,$P<0.001$)。见表 1。

2.2 贫血与高血压的单因素 logistic 回归分析(横断面)　单因素 logistic 回归分析显示,年龄、婚姻、BMI、饮酒、夜间睡眠时长、心脏病、血脂异常、糖尿病或血糖升高、WBC、Hct、TG、Scr、HDL、LDL、TC 及 hs-CRP 均与高血压显著相关(P 值均 <0.05)。其余变量无统计学意义。见表 2。

表 1　调查人群的基线特征

Table 1　Baseline characteristics of the survey population

项目	总例数($n=5\ 575$)	非贫血组($n=4\ 294$)	贫血组($n=1\ 281$)	统计量值	P 值
年龄[岁,$\bar{x}\pm s$]	59.3±9.2	59.2±9.0	59.5±10.1	0.894	0.344
受教育程度[n(%)]				12.076	0.002
小学以下	1 059(19.0)	773(18.0)	286(22.3)		
初中	161(2.9)	124(2.9)	37(2.9)		
高中或以上	4 355(78.1)	3 397(79.1)	958(74.8)		
婚姻[n(%)]				0.327	0.567
已婚/同居	5 258(94.3)	4 054(94.4)	1 204(94.0)		
其他	317(5.7)	240(5.6)	77(6.0)		
居住地[n(%)]				30.804	<0.001
城市	668(12.0)	571(13.3)	97(7.6)		
农村	4 136(74.2)	3 142(73.2)	994(77.6)		
其他	771(13.8)	581(13.5)	190(14.8)		
BMI[kg/m^2,n(%)]				75.555	<0.001
<25	3 235(58.0)	2 358(54.9)	877(68.5)		
25 ~ <30	1 932(34.7)	1 590(37.0)	342(26.7)		
≥30	408(7.3)	346(8.1)	62(4.8)		
吸烟[n(%)]				0.052	0.819
无	5 496(98.6)	4 234(98.6)	1 262(98.5)		
有	79(1.4)	60(1.4)	19(1.5)		
饮酒[n(%)]				1.019	0.313
无	4 762(85.4)	3 679(85.7)	1 083(84.5)		
有	813(14.6)	615(14.3)	198(15.5)		
夜间睡眠时长[h,$\bar{x}\pm s$]	6.3±2.0	6.3±2.0	6.2±2.1	14.737	0.338
心脏病[n(%)]				0.918	<0.001
无	4 891(87.7)	3 726(86.8)	1 165(90.9)		
有	684(12.3)	568(13.2)	116(9.1)		
血脂异常[n(%)]				15.957	<0.001
无	4 981(89.3)	3 802(88.5)	1 179(92.0)		
有	594(10.7)	492(11.5)	102(8.0)		
糖尿病或血糖升高[n(%)]				12.663	0.504
无	5 222(93.7)	4 017(93.5)	1 205(94.1)		
有	353(6.3)	277(6.5)	76(5.9)		
抑郁症[n(%)]				0.446	<0.001
无	3 094(55.5)	2 443(56.9)	651(50.8)		
有	2 481(44.5)	1 851(43.1)	630(49.2)		
WBC[×1 000,$\bar{x}\pm s$]	5.8±1.7	5.9±1.7	5.4±1.8	89.106	<0.001
Hct[%,$\bar{x}\pm s$]	39.3±5.0	40.7±4.3	34.6±4.0	2 057.666	<0.001
MCV[fl,$\bar{x}\pm s$]	90.1±7.6	90.9±6.1	87.4±10.8	227.504	<0.001

（续表）

项目	总例数（n = 5 575）	非贫血组（n = 4 294）	贫血组（n = 1 281）	统计量值	P 值
TG[mg/dl, $\bar{x} \pm s$]	148.5 ± 89.4	152.5 ± 90.6	134.9 ± 84.1	38.718	< 0.001
Scr[mg/dl, $\bar{x} \pm s$]	0.7 ± 0.2	0.7 ± 0.2	0.7 ± 0.3	32.982	< 0.001
HDL[mg/dl, $\bar{x} \pm s$]	52.3 ± 10.6	52.3 ± 10.6	52.0 ± 10.7	0.855	0.355
LDL[mg/dl, $\bar{x} \pm s$]	105.5 ± 29.0	107.5 ± 29.3	98.8 ± 26.5	90.586	< 0.001
TC[mg/dl, $\bar{x} \pm s$]	189.9 ± 36.2	192.8 ± 36.5	180.1 ± 33.4	124.082	< 0.001
hs - CRP[mg/L, $M(P_{25}, P_{75})$]	1.4(0.7, 2.6)	1.4(0.8, 2.6)	1.1(0.6, 2.3)	37.338	< 0.001

表 2 单因素 logistic 回归分析

Table 2 Univariate logistic regression analysis

项目	*OR*(95% *CI*)	*P* 值
年龄	1.07(1.06 ~ 1.07)	< 0.001
教育程度(ref = 小学或以下)		
中学	0.59(0.41 ~ 0.84)	0.003
高中或以上	0.90(0.79 ~ 1.03)	0.13
婚姻(ref = 已婚/同居)		
其他	0.64(0.50 ~ 0.81)	< 0.001
居住地(ref = 城市)		
农村	0.93(0.79 ~ 1.10)	0.378
其他	1.08(0.88 ~ 1.33)	0.461
BMI(ref = < 25)		
25 ~ < 30	2.10(1.87 ~ 2.36)	< 0.001
≥30	3.90(3.14 ~ 4.85)	< 0.001
吸烟(ref = 无)		
有	1.00(0.64 ~ 1.57)	0.995
饮酒(ref = 无)		
有	0.69(0.59 ~ 0.81)	< 0.001
夜间睡眠时长	0.96(0.93 ~ 0.98)	0.001
心脏病(ref = 无)		
有	2.79(2.36 ~ 3.29)	< 0.001
血脂异常(ref = 无)		
有	3.13(2.62 ~ 3.75)	< 0.001
糖尿病或血糖升高(ref = 无)		
有	3.37(2.67 ~ 4.26)	< 0.001
抑郁症(ref = 无)		
有	1.07(0.96 ~ 1.19)	0.2
WBC	1.13(1.10 ~ 1.17)	< 0.001
Hct	1.03(1.02 ~ 1.04)	< 0.001
MCV	1.00(0.99 ~ 1.01)	0.768
TG	1.00(1.00 ~ 1.00)	< 0.001
Scr	1.81(1.40 ~ 2.36)	< 0.001
HDL	0.99(0.98 ~ 0.99)	< 0.001
LDL	1.00(1.00 ~ 1.01)	< 0.001
TC	1.01(1.00 ~ 1.01)	< 0.001
hs - CRP	1.05(1.03 ~ 1.07)	< 0.001

2.3 贫血与高血压的多因素 logistic 回归分析

2.3.1 横断面分析(2015 年) 仅使用 2015 年基线数据,比较贫血与非贫血者高血压患病差异。与非贫血者相比,贫血者的高血压患病风险降低 25% ~ 35%(模型 1:*OR* = 0.65,95% *CI*:0.57 ~ 0.74;模型 4:*OR* = 0.75,95% *CI*:0.63 ~ 0.88;均 *P* < 0.01)。见表 3A。

2.3.2 前瞻性队列分析(2015—2018 年) 排除 2015 年已患高血压个体并随访 3 年,基线贫血使新发高血压发病风险下降 42% ~ 50%(模型 1:*OR* = 0.58,95% *CI*:0.43 ~ 0.79;模型 4:*OR* = 0.50,95% *CI*:0.35 ~ 0.71;均 *P* < 0.001),效应强于横断面且方向一致,提示中老年女性贫血与高血压呈稳定负向关联。

2.4 血红蛋白与高血压发病风险的剂量 - 反应关系

采用限制性立方样条模型评估中老年女性基线血红蛋白浓度和 3 年后高血压发病风险之间的剂量 - 反应关系。结果显示,血红蛋白浓度与高血压风险之间存在整体统计学关联(*P* for overall = 0.023)。然而,非线性检验未达到统计学显著性(*P* for non - linearity = 0.183),提示两者之间呈线性递增趋势(见图 2)。

2.5 亚组分析及交互作用检验 将年龄(< 60 岁,≥60 岁)、婚姻、居住地、BMI 及合并症进行亚组分析,交互检验均 *P* > 0.05。各亚组方向一致:年龄 < 60 岁(*OR* = 0.60,95% *CI*:0.37 ~ 0.98)与≥60 岁(*OR* = 0.41,95% *CI*:0.24 ~ 0.68)、已婚/同居(*OR* = 0.52,95% *CI*:0.36 ~ 0.75)与其他婚姻状态(*OR* = 0.15,95% *CI*:0.03 ~ 0.94)均呈负相关;农村、BMI < 25 kg/m^2 及 25 ~ < 30kg/m^2、无合并症女性关联有统计学意义,其余亚组 *OR* 的 95% *CI* 包含 1。见表 4。

表 3A 贫血与高血压的横断面关联(2015 年)

Table 3A Cross - sectional association between anemia and hypertension (2015)

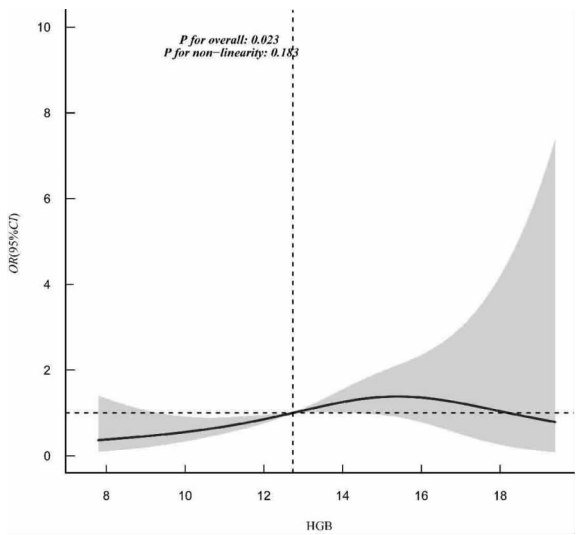
类别	模型 1		模型 2		模型 3		模型 4	
	OR(95% *CI*)	*P* 值	*OR*(95% *CI*)	*P* 值	*OR*(95% *CI*)	*P* 值	*OR*(95% *CI*)	*P* 值
非贫血	1.00		1.00		1.00		1.00	
贫血	0.65(0.57 ~ 0.74)	< 0.001	0.68(0.59 ~ 0.79)	< 0.001	0.70(0.61 ~ 0.81)	< 0.001	0.75(0.63 ~ 0.88)	0.001

注:模型 1 未调整混杂因素;模型 2 调整年龄、婚姻、居住地、BMI、吸烟、饮酒及夜间睡眠时长;模型 3 在模型 2 的基础上调整了合并症;模型 4,基于模型 3 的基础上调整了 WBC、Hct、Scr、HDL、hs - CRP。下同。

表 3B　贫血与高血压的前瞻性关联(2015—2018)

Table 3B　Prospective association between anemia and hypertension (2015 – 2018)

类别	模型 1		模型 2		模型 3		模型 4	
	OR(95% *CI*)	*P* 值	*OR*(95% *CI*)	*P* 值	*OR*(95% *CI*)	*P* 值	*OR*(95% *CI*)	*P* 值
非贫血	1.00		1.00		1.00		1.00	
贫血	0.58(0.43 ~ 0.79)	<0.001	0.59(0.43 ~ 0.80)	0.001	0.59(0.43 ~ 0.80)	0.001	0.50(0.35 ~ 0.71)	<0.001



注：实线表示估计的校正比值比(OR)，阴影区域代表 95% 置信区间(CI)。调整了年龄、婚姻、居住地、BMI、吸烟、饮酒、夜间睡眠时长、合并症、WBC、Hct、Scr、HDL、hs – CRP。该拟合曲线覆盖了 99% 的数据点范围。

图 2　血红蛋白与高血压风险的剂量 – 反应关系

Fig. 2　Dose – response relationship between hemoglobin and hypertension risk

2.6　敏感性分析　为检验缺失协变量及潜在未测量混杂的影响，首先采用多重插补(5 套数据集)并校正社会人口学特征、生活方式、合并疾病及血液指标后，贫血与高血压的负向关联保持稳定：横断面(2015 年)多因素 logistic 回归显示高血压患病风险降低 26% ~ 33%(表 5A)；前瞻性队列(2015—2018 年)显示基线贫血使 3 年后高血压发病风险下降 44% ~ 53%(表 5B)。其次，通过计算表 5A 及表 5B 模型 4 的效应值估计的 E 值：横断面分析 E = 2.00，前瞻性队列分析 E = 3.41，即需存在与“贫血”及“高血压”均至少 2 ~ 3 倍风险相关的混杂因素才能完全解释本研究结果(图 3)。

3　讨　论

本研究基于中国健康与养老追踪调查(CHARLS)数据库，通过横断面分析及前瞻性队列设计，系统探讨了中国≥45 岁中老年女性人群中贫血与高血压的关联。多因素 logistic 回归分析结果显示，横断面分析中贫血女性高血压患病的风险降低

表 4　贫血与高血压的亚组分析

Table 4　Subgroup analysis of anemia and hypertension

亚组	总数	贫血 *n*(%)	*OR*(95% *CI*)	*P* for interaction
年龄(岁)				0.232
<60	468	30(6.4)	0.60(0.37 ~ 0.98)	
≥60	318	26(8.2)	0.41(0.24 ~ 0.68)	
婚姻				0.438
已婚/同居	738	54(7.3)	0.52(0.36 ~ 0.75)	
其他	48	2(4.2)	0.15(0.03 ~ 0.94)	
居住地				0.871
城市	54	2(3.7)	0.28(0.05 ~ 1.62)	
农村	622	46(7.4)	0.49(0.33 ~ 0.72)	
其他	110	8(7.3)	0.59(0.22 ~ 1.59)	
BMI(kg/m^2)				0.296
<25	584	35(6.0)	0.50(0.32 ~ 0.79)	
25 ~ <30	178	16(9.0)	0.38(0.20 ~ 0.73)	
≥30	24	5(20.8)	1.13(0.26 ~ 4.84)	
心脏病				0.773
无	734	52(7.1)	0.48(0.33 ~ 0.69)	
有	52	4(7.7)	0.60(0.16 ~ 2.31)	
血脂异常				0.715
无	750	52(6.9)	0.49(0.34 ~ 0.71)	
有	36	4(11.1)	0.41(0.09 ~ 1.78)	
糖尿病或血糖升高				0.960
无	761	53(7.0)	0.50(0.35 ~ 0.72)	
有	25	3(12.0)	0.34(0.04 ~ 2.91)	

表 5A 贫血与高血压的横断面关联(2015 年,多重插补验证)

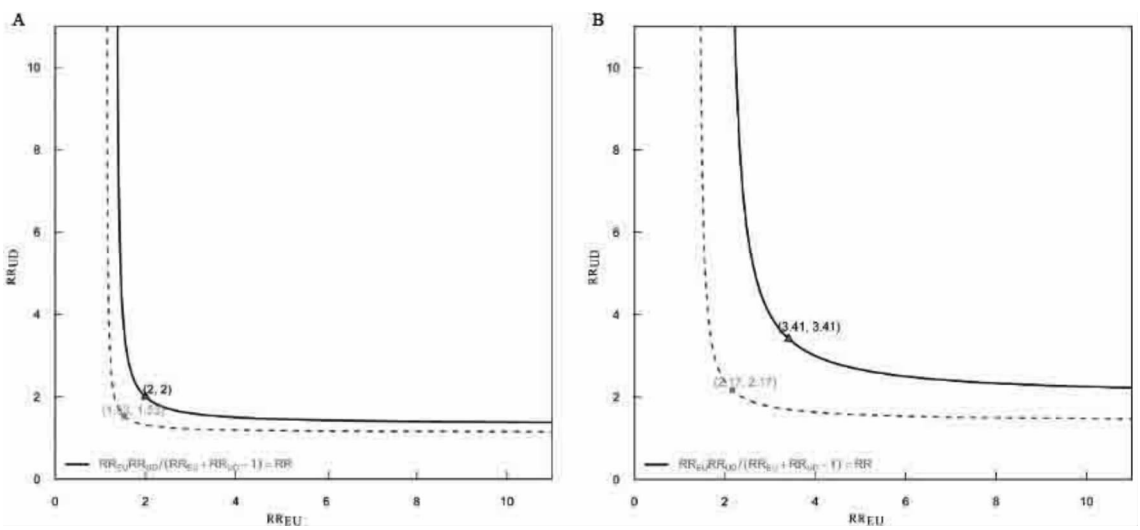
Table 5A Cross – sectional association between anemia and hypertension (2015, multiple imputation validation)

类别	模型 1		模型 2		模型 3		模型 4	
	OR(95% *CI*)	*P* 值	*OR*(95% *CI*)	*P* 值	*OR*(95% *CI*)	*P* 值	*OR*(95% *CI*)	*P* 值
非贫血	1.00		1.00		1.00		1.00	
贫血	0.67 (0.59 ~ 0.75)	<0.001	0.68 (0.59 ~ 0.77)	<0.001	0.69 (0.61 ~ 0.79)	<0.001	0.74 (0.63 ~ 0.86)	<0.001

表 5B 贫血与高血压的前瞻性关联(2015—2018,多重插补验证)

Table 5B Prospective association between anemia and hypertension (2015—2018, multiple imputation validation)

类别	模型 1		模型 2		模型 3		模型 4	
	OR(95% *CI*)	*P* 值	*OR*(95% *CI*)	*P* 值	*OR*(95% *CI*)	*P* 值	*OR*(95% *CI*)	*P* 值
非贫血	1.00		1.00		1.00		1.00	
贫血	0.56 (0.43 ~ 0.75)	<0.001	0.56 (0.42 ~ 0.75)	<0.001	0.56 (0.42 ~ 0.75)	<0.001	0.47 (0.34 ~ 0.66)	<0.001



注: RR = 相对危险度。A:2015 年横断面分析;B:2015—2018 年前瞻性队列分析。

图 3 贫血与高血压风险关联的 E 值评估

Fig. 3 E – value for the association between anemia and hypertension risk

(*OR* = 0.75,95% *CI*:0.63 ~ 0.88)。前瞻性队列分析进一步证实,基线贫血状态降低高血压的新发风险(*OR* = 0.50,95% *CI*:0.35 ~ 0.71)。这一发现为理解贫血与高血压的复杂关系提供了新的中国人群证据。

亚组分析及交互作用检验发现 BMI 影响贫血与高血压的关联方向与强度。BMI < 25 kg/m^2 及 25 ~ < 30 kg/m^2 者,贫血者高血压风险低于非贫血者(*OR* = 0.38 ~ 0.50);而 BMI ≥ 30 kg/m^2 者,贫血与高血压呈正相关(*OR* = 1.13,95% *CI* 0.26 ~ 4.84),虽因例数少未达统计学显著水平,交互检验 *P* = 0.296,但效应逆转。结合既往文献报告肥胖状态下慢性炎症、胰岛素抵抗及铁代谢紊乱可能削弱贫血对低灌注的"保护"信号从而升高血压[15]。提示 BMI 是潜在效应修饰因子。未来需扩大肥胖人群样本,验证 BMI 对贫血与高血压关联的影响。

贫血 – 高血压关系机制尚未统一。现有研究呈"升压 – 降压"双向假说。其一是血红蛋白携氧能力下降,组织缺氧刺激肾素 – 血管紧张素 – 醛固酮系统(RAAS)并增强交感神经输出,潜在驱动血压升高[16-18];其二是血红蛋白浓度降低削弱对 NO 的清除,导致血管舒张因子 NO 生物利用度相对增加[19-20],同时高动力循环状态使心输出量代偿性增加、外周阻力下降,总体效应趋于降压[21]。此外,贫血常与营养不良、慢性消耗性疾病、恶性肿瘤或心力衰竭并存,这些合并状态及其治疗策略(如更严格的血压控制、药物副作用)亦可导致血压偏低[22]。新近研究进一步拓宽了贫血 – 降压的潜在通路,短链脂肪酸减少可能抑制铁吸收并加重贫血,进而通过 NO 血管舒张通路协同降压[23]。同时,红细胞比容下降引起的血液黏度降低,可能减弱血管内皮剪切力,促使血管舒张因子释放增加,从而进一步降低血压[24]。

由于中老年女性经历绝经过渡期及绝经期,雌激素水平骤降影响血管功能(如内皮功能障碍风险升高),其贫血与高血压关联可能显著区别于男性或年轻女性[25-26]。然而,针对该人群的前瞻性研究稀缺。本研究采用 CHARLS 数据库,因其全国代表性、大样

本量、丰富的中老年健康信息及前瞻性设计，对聚焦中国中老年女性这一关键人群提供了独特平台。但同样存在以下局限性：其一，研究所依托的 CHARLS 数据库未收录贫血的详细分型信息及血清铁、铁蛋白等关键铁代谢指标，致使无法深入剖析不同病因贫血与高血压关联的潜在异质性，也难以进一步阐释不同类型贫血影响血压的特异性作用机制；其二，尽管研究已纳入人口学特征、生活方式、基础疾病等多类已知混杂因素，并采用 E 值评估法量化了未测量混杂因素对研究结果的干扰程度，但受限于队列研究的观察性本质，仍无法完全排除遗传背景、未被捕捉的环境暴露等残余混杂因素对关联结果的潜在影响；其三，研究对象仅覆盖中国≥45 岁中老年女性，缺乏男性及其他种族人群数据，结果向外推及至全球不同人群仍受限；其四，高血压相关数据依赖研究对象的自我报告，存在一定的回忆偏差，可能导致高血压患病情况的误判，进而对贫血与高血压的关联分析结果产生干扰；其五，本研究虽采用前瞻性队列设计，在一定程度上降低了反向因果关联的干扰，但所得结果仍仅能证实贫血与高血压之间存在统计学关联，尚不足以确立二者明确的因果关系。未来研究需进一步整合贫血分型、铁代谢指标等精细化数据，采用客观的高血压诊断标准以减少回忆偏差，并结合孟德尔随机化等因果推断方法，为明确二者的关联模式及内在作用机制提供更可靠的证据支持。

在这项全国代表性样本中发现，中老年女性贫血者高血压风险下降 25% ~50%，且 BMI < 30 kg/m^2 时该关联效应稳定，BMI≥30 kg/m^2 时效应消失。这一结果或可为中老年女性高血压的精准防控提供实践参考，其公共卫生价值主要体现在三方面：其一，考虑到贫血与高血压的密切关联，将血红蛋白检测纳入≥45 岁女性常规高血压筛查项目，实现一次采血完成双重评估，可能有助于避免单一关注血压而遗漏贫血状态，为综合干预提供更全面的依据；其二，基于贫血与高血压的负相关证据，对于贫血且血压处于 130 ~139/80 ~89 mm Hg 的轻中度升高人群，适度放缓降压强度、优先纠正贫血，或许能减少低血压及跌倒事件的发生风险，这一策略有待更大样本量的干预性研究进一步验证；其三，针对 BMI≥30 kg/m^2 的肥胖女性，鉴于其贫血与高血压的负向关联消失，在补铁或纠正贫血的同时强化减重干预，可能有助于避免盲目补铁带来的高血压风险掩盖问题，提升干预措施的精准性。此外，该负相关为探索贫血与高血压的共同调控通路提供了可检验假设，未来需结合贫血分型、铁代谢指标等精细化数据，进一步夯实精准防控的证据基础。

综上，本研究基于具有全国代表性的 CHARLS 数据，通过横断面与前瞻性队列研究相结合，在中国中老年女性人群中系统揭示贫血与高血压患病及新发风险呈负相关。提示在未来评估中老年女性高血压风险时，需将贫血状态作为一个独特的考量因素。

利益冲突声明　本研究不存在任何利益冲突

参考文献

[1] Wang L, Wang YZ, Ji ZX, et al. Trends of cause - specific cardiovascular disease mortality in China, 2009 - 2019: a nationwide longitudinal study[J]. Annals of Medicine, 2025, 57(1): 2455534.

[2] Wang ZW, Chen Z, Zhang LF, et al. Status of hypertension in China: results from the China hypertension survey, 2012 - 2015[J]. Circulation, 2018, 137(22): 2344 - 2356.

[3] 刘明波,何新叶,杨晓红,等.《中国心血管健康与疾病报告2024》要点解读[J].实用医学杂志,2025,41(14):2111 - 2131.
Liu MB, He XY, Yang XH, et al. Interpretation of annual report on cardiovascular health and diseases in China 2024[J]. The Journal of Practical Medicine, 2025, 41(14): 2111 - 2131. (In Chinese)

[4] 李英霞,李文明,余秋华,等.中国高血压临床实践指南》解读 - - 护理实践要点及管理策略[J].基础医学与临床,2023,10(9):e713 - e734.
Li YX, Li WM, Yu QH, et al. Interpretation on the Chinese Clinical Practice Guidelines for Hypertension: Key points of nursing practice and management strategies[J]. Basic Clin Med, 2023,10(9): e713 - e734. (In Chinese)

[5] GBD 2021 Anaemia Collaborators. Prevalence, years lived with disability, and trends in anaemia burden by severity and cause, 1990 - 2021: findings from the Global Burden of Disease Study 2021[J]. Lancet Haematol, 2023, 10(9): e713 - e734.

[6] Acharya SR, Timilsina D, Pahari S, et al. The relationship between hypertension, anemia, and BMI in women of reproductive age: evidence from a nationwide health study[J]. BMC Cardiovascular Disorders, 2025, 25(1): 553.

[7] Taha Z, Elhag H, Hassan AA, et al. Association between hemoglobin level, anemia, and hypertension among adults in northern Sudan: a Community - Based Cross - Sectional study[J]. Vascular Health and Risk Management, 2024, 20: 323 - 331.

[8] Yoon H, Lee JH, Kim GS, et al. The relationship between anemia and pulse pressure and hypertension: The Korea National Health and Nutrition Examination Survey 2010 - 2012[J]. Clinical and Experimental Hypertension, 2018, 40(7): 650 - 655.

[9] Zhao YH, Hu YS, Smith JP, et al. Cohort profile: the China Health and Retirement Longitudinal Study (CHARLS)[J]. International Journal of Epidemiology, 2014, 43(1): 61 - 68.

[10] Dai S, Wang S, He Y, et al. Association between anemia and sarcopenia among Chinese elderly: A cross - sectional study based on the China health and retirement longitudinal study[J]. Experimental Gerontology, 2023, 177: 112183.

[11] Boffa RJ, Constanti M, Floyd CN, et al. Hypertension in adults: summary of updated Nice guidance[J]. BMJ (Clinical Research ed.), 2019, 367: l5310.

（下转第 1061 页）

01 – 06]. 网络链接地址缺失.
Anonym. 2022 Healthy Zhejiang development index results released [EB/OL]. [2026 – 01 – 06]. https://www. jkzgxd. cn/article/696784. (In Chinese)
[18] Neumark D. Strengthen age discrimination protections to help confront the challenge of population aging[J]. Journal of Aging & Social Policy, 2022, 34(3): 455 – 470.
[19] 李佩谦,陈茂森,张晗,等. 中国中老年人躯体功能、自理能力障碍与抑郁症状的纵向关联及健康自评的中介作用[J]. 现代预防医学,2024,51(23):4360 – 4366.
Li PQ, Chen MS, Zhang H, et al. The longitudinal relationship between physical function, activities of daily living impairment, and depressive symptoms in middle – aged and older adults in China: the mediating role of self – rated health[J]. Modern Preventive Medicine, 2024, 51(23): 4360 – 4366. (In Chinese)
[20] 姚琛,张思清,高传胜. 破解知行鸿沟:公共健康信息供给对中老年乐观偏差的矫正效应研究[J]. 西北人口,2025,12:1 – 14.
Yao C, Zhang SQ, Gao CS. Bridging the knowledge – action gap: a study on the corrective effects of public health information provision on optimistic bias among middle – aged and older adults [J]. Northwest Population Journal, 2025, 12: 1 – 14. (In Chinese)
[21] Deng FD, Wen XY, Dong GQ, et al. The environmental health literacy level was effectively improved of residents in Shaanxi Province, China, 2022 [J]. Front Public Health, 2024, 12: 1499349.
[22] Großschädl F, Marston HR, Ivan L, et al. Age as an important predictor for digital health literacy: Cross – sectional evidence of Internet users from an international multisite study in North America and EU countries [J]. Educational Gerontology, 2025, Latest Articles(Latest Articles): Published online: 20 May 2025.
[23] 殷世东. 新中国基础教育课程政策变革 70 年回顾与反思[J]. 现代教育管理,2020(4):74 – 81.
Yin SD. Review and reflection on 70 years of curriculum policy reform in basic education in new China[J]. Modern Education Management, 2020(4): 74 – 81. (In Chinese)
[24] 刘宇婷,贺苗. 健康传播中老年群体数字鸿沟产生的伦理问题与对策研究[J]. 中国医学伦理学,2024,37(7):807 – 812.
Liu YT, He M. Research onethical issues and countermeasures of the digital divide among the elderly group in health communication [J]. Chinese Medical Ethics, 2024, 37(7): 807 – 812. (In Chinese)
[25] 宋小康,李芬,赵宇翔,等. 健康信息替代搜寻中代际支持对老年人多维健康素养影响机理的组态分析[J]. 图书馆杂志,2025,25:1 – 16.
Song XK, Li F, Zhao YX, et al. Configuration analysis of the mechanism of intergenerational support on multidimensional health literacy of the elderly in the context of surrogate health information seeking[J]. Library Journal, 2025, 25: 1 – 16. (In Chinese)

收稿日期:2025-09-29

(上接第 1003 页)

[12] Wang J, Tang C, Xie ZJ. The association between TyG index and hypertension in middle – aged and elderly Chinese patients: Data from CHALRS[J]. PLOS One, 2025, 20(7): e0329234.
[13] Liu C, Zhou R, Peng X, et al. Relationship between depressive symptoms and anemia among the middle – aged and elderly:a cohort study over 4 – year period[J]. BMC Psychiatry, 2023, 23(1): 572.
[14] Vanderweele TJ, Ding P. Sensitivity analysis in observational research: introducing the E – Value [J]. Annals of Internal Medicine, 2017, 167(4): 268 – 274.
[15] Parvanova A, Reseghetti E, Abbate M, et al. Mechanisms and treatment of obesity – related hypertension – Part 1: Mechanisms [J]. Clinical Kidney Journal, 2024, 17(1): sfad282.
[16] Habas ES, Al Adab A, Arryes M, et al. Anemia and hypoxia impact on chronic kidney disease onset and progression: review and updates[J]. Cureus, 2023, 15(10): e46737.
[17] Shirazi – Tehrani E, Chamasemani A, Firouzabadi N, et al. ncRNAs and polyphenols: new therapeutic strategies for hypertension[J]. RNA Biology, 2022, 19(1): 575 – 587.
[18] Appiah CB, Aikins AO, Farmer GE, et al. Brain nitric oxide and inflammation in chronic intermittent hypoxia: Contributors to cognitive impairment and hypertension[J]. Brain Behav Immun Health, 2025, 48: 101077.
[19] Hoiland RL, MacLeod DB, Stacey BS, et al. Hemoglobin and cerebral hypoxic vasodilation in humans: Evidence for nitric oxide – dependent and S – nitrosothiol mediated signal transduction[J]. Journal of Cerebral Blood Flow and Metabolism : Official Journal of the International Society of Cerebral Blood Flow and Metabolism, 2023, 43(9): 1519 – 1531.
[20] Denton CC, Shah P, Suriany S, et al. Loss of alpha – globin genes in human subjects is associated with improved nitric oxide – mediated vascular perfusion[J]. American Journal of Hematology, 2021, 96(3): 277 – 281.
[21] Yousaf M, iIlahi M, Bibi AS, et al. Chronic anemia complicated by cardiac failure, pulmonary hypertension, and pericardial effusion: a case report [J]. Journal of Medical Case Reports, 2023, 17(1): 44.
[22] Stack KO, Shulman SB, Blume ED, et al. Real – world use of intravenous Iron sucrose in children with cardiac disease [J]. Cardiology in the Young, 2025, 35(7): 1344 – 1349.
[23] Archana, Gupta AK, Noumani A, et al. Gut microbiota derived short – chain fatty acids in physiology and pathology: An update [J]. Cell Biochemistry and Function, 2024, 42(7): e4108.
[24] 目接色木·卡德尔,陈春玲. 剪切力对血管内皮功能影响的研究进展[J]. 临床医学进展,2023,13(5):7227 – 7231.
Mu Jie Se Mu – Ka De Er, Chen CL. Research progress of the effect of shear stress on vascular endothelial cells function [J]. Advances in Clinical Medicine, 2023, 13(5): 7227 – 7231. (In Chinese)
[25] Yang HJ, Koh E, Kang Y. Susceptibility of women to cardiovascular disease and the prevention potential of Mind – Body intervention by changes in neural circuits and cardiovascular physiology[J]. Biomolecules, 2021, 11(5): 708.
[26] Morgan J, Roberts W, Lyson H, et al. Blood pressure reduction by gender and menopause status among hypertensive participants of a Mobile health cardiovascular risk self – management program[J]. Am J Prev Cardiol, 2025, 23: 101057.

收稿日期:2025-10-05