·流行病与统计方法·

血红蛋白－红细胞分布宽度比与糖尿病患病的关系——基于 NHANES 数据库的横断面研究

唐燕[1],惠杰[3],张万佳[1],唐彬荃[1],肖凡[2],喻嵘[2]
1.湖南中医药大学第一附属医院,湖南 长沙 410007;2.湖南中医药大学中医学院,湖南 长沙 410208;
3.广州中医药大学第八临床医学院

摘要:目的　探讨血红蛋白－红细胞分布宽度比(hemoglobin-to-red blood cell distribution width ratio,HRR)与糖尿病患病之间的关联。**方法**　选取 2001—2020 年美国国家健康与营养调查（National Health and Nutrition Examination Survey,NHANES)数据库的 16 392 例参与者作为研究对象。采用 logistic 回归、亚组分析、限制性立方样条图(restricted cubic splines,RCS)分析了 HRR 与 DM 之间的相关性。**结果**　纳入的参与者总体 HRR 为(0.27±0.98),糖尿病患者 HRR 低于对照组(P<0.001)。Logistic 分析结果表明,将 HRR 作为连续性变量进行分析,HRR 每增加一个标准差,发生 DM 的风险降低 11%,(OR=0.89,95%CI:0.84～0.95)。将 HRR 作为分类变量按四分位数进行计算,与低水平 HRR(Q1)相比,最高第四分位数(Q4)在三个模型中均显示糖尿病患病风险显著降低(OR<1)。亚组分析显示,在多数亚组中,HRR 升高均与糖尿病患病风险降低相关（多组 P 值<0.05)。剂量－反应关系结果显示,HRR 与糖尿病患病风险呈线性负相关(P-nonlinear =0.395)。**结论**　HRR 与糖尿病患病风险相关,高水平 HRR 对糖尿病具有保护作用。

关键词:血红蛋白－红细胞分布宽度比;糖尿病;NHANES
中图分类号:R587.2　　**文献标志码:**A　　**文章编号:**1003-8507(2026)01-7-06
DOI:10.20043/j.cnki.MPM.202507233

Hemoglobin-to-red cell distribution width ratio and diabetes mellitus: a cross-sectional analysis of NHANES database

TANG Yan*, HUI Jie, ZHANG Wan-jia, TANG Bin-quan, XIAO Fan, YU Rong
*The First Affiliated Hospital of Hunan University of Chinese Medicine, Changsha, Hunan 410007, China

Abstract: Objective This study aims to explore the association between the hemoglobin-to-red blood cell distribution width ratio (HRR) and the risk of diabetes mellitus (DM). **Methods** A total of 16 392 participants from the 2001—2020 National Health and Nutrition Examination Survey (NHANES) database were selected for this study. Logistic regression, subgroup analysis, and restricted cubic splin (RCS) analysis were applied to investigate the relationship between HRR and DM. **Results** The mean HRR among the included participants was 0.27±0.98, with diabetic patients showing significantly lower HRR compared to the control group (P<0.001). Logistic regression analysis revealed that when HRR was modeled as a continuous variable, for each standard deviation increase in HRR, the risk of DM decreased by 11% (OR=0.89, 95% CI: 0.84–0.95). When HRR was treated as a categorical variable based on quartiles, the highest fourth quartile (Q4) consistently showed a significant reduction in DM risk compared to the lowest quartile (Q1) across all three models (OR<1). Subgroup analysis demonstrated that increased HRR was associated with a reduced risk of DM in most subgroups, with most P-values<0.05. The dose-response analysis indicated a linear negative correlation between HRR and the risk of DM (P-nonlinear=0.395). **Conclusion** HRR is associated with the risk of DM, and higher HRR levels are protective against the development of diabetes.

Keywords: Hemoglobin-to-red cell distribution width ratio; Diabetes mellitus; NHANES

糖尿病是一种以血糖持续升高为主要特征的慢性代谢性疾病,可导致多个器官的严重损害,引发诸如心血管疾病、肾脏病变、神经病变等一系列并发症[1]。据国际糖尿病联盟统计显示,全球已有 5.4 亿成年人患糖尿病,预计到 2045 年,这一数字将达到 7.8 亿[2]。与非糖尿病患者相比,糖尿病患者的全因死亡率持续升高,已然成为公共卫生领域亟待应对的重要挑战[3]。

在糖尿病复杂的发病机制中,慢性低度炎症扮演着核心角色,其在加剧胰岛素抵抗的同时,也损害胰岛素的分泌功能[4-5]。糖尿病患者的炎症状态已被证

基金项目:国家自然科学基金面上项目(82074400);湖南省自然科学基金创新研究群体项目(2024JJ1007);湖南中医药大学学科建设“揭榜挂帅”项目(22JBZ002)
作者简介:唐燕(2001—),女,硕士在读,研究方向:内分泌疾病的中医药防治
通信作者:喻嵘,E-mail:yuron@21.cn.com

实与红细胞分布宽度(red blood cell distribution width, RDW)的升高密切相关[6]。RDW 作为一项常规血液学指标，其增高反映了造血功能障碍或红细胞存活异常,并与多种疾病预后及全因死亡率相关[7]。在此背景下,血红蛋白与红细胞分布宽度比(hemoglobin-to-red blood cell distribution width ratio,HRR）作为一个由血红蛋白与 RDW 构成的复合指标,近年来受到了越来越多关注[8]。研究显示,HRR 在评估心脑血管疾病预后方面,优于单一的血液学参数[9-10],并且与心力衰竭、慢性肾病及多种恶性肿瘤等多种慢性疾病的发生发展密切相关[11-13]。这得益于其能够独特地整合贫血与炎症这两大病理过程,因此 HRR 被视为一种颇具潜力的慢性炎症性疾病新型生物标志物。

尽管 HRR 与众多疾病相关，但 HRR 与糖尿病之间的临床关系仍不明确。因此,探究 HRR 在糖尿病中的作用具有重要意义。本研究利用 2001—2020 年 NHANES 数据库的统计数据分析 HRR 和糖尿病之间的相关性,旨在为糖尿病的早期预警、风险分层以及治疗策略提供新的流行病学依据与思路。

1 对象与方法

1.1 *数据来源* 本研究数据来源于美国国家健康与营养调查（National Health and Nutrition Examination Survey,NHANES)数据库。自 1999 年以来,NHANES 每年对约 5 000 名代表性样本的美国居民进行访谈,采用分层、多阶段的概率抽样设计,确保样本具有广泛的代表性和统计学可靠性。该调查每两年收集一次数据,涉及健康状况、疾病风险和营养摄入等多个方面。调查遵循伦理标准,所有参与者均提供书面知情同意,确保数据的合规性[14]。详细的调查设计信息可参见 NHANES 官方网站 (https:// www.cdc.gov/nchs/hanes/)。本研究采用的是 2001—2020 年的 9 个不同时期的数据,排除标准:(1)20 岁以下的个人;(2)缺失糖尿病诊断数据;(3)缺失 HRR 数据;(4)缺失纳入的协变量数据。最终 16 392 名对象被纳入最终分析。参与者选择的流程图见图 1。

1.2 *暴露和结局变量* HRR 在本研究中被确定为暴露变量[10]。HRR 是一个复合炎症生物标志物,由血红蛋白和 RDW 组成,是血红蛋白(以 g/dl 为单位)除以 RDW。本研究中,HRR 被视为一个连续变量和分为四分位数两种情况。

糖尿病根据以下标准定义:(1)空腹血糖水平≥7 mmol/L;(2）糖化血红蛋白（glycated hemoglobin, HbA1c)水平≥6.5%;(3)随机血糖≥11.1 mmol/L;(4)餐后 2 h 血糖≥11.1 mmol/L;满足其中任何一个标准即可诊断为糖尿病。当以上数值缺失或未达到糖尿病诊断标准时,自报糖尿病相关信息:(1)自我报告的

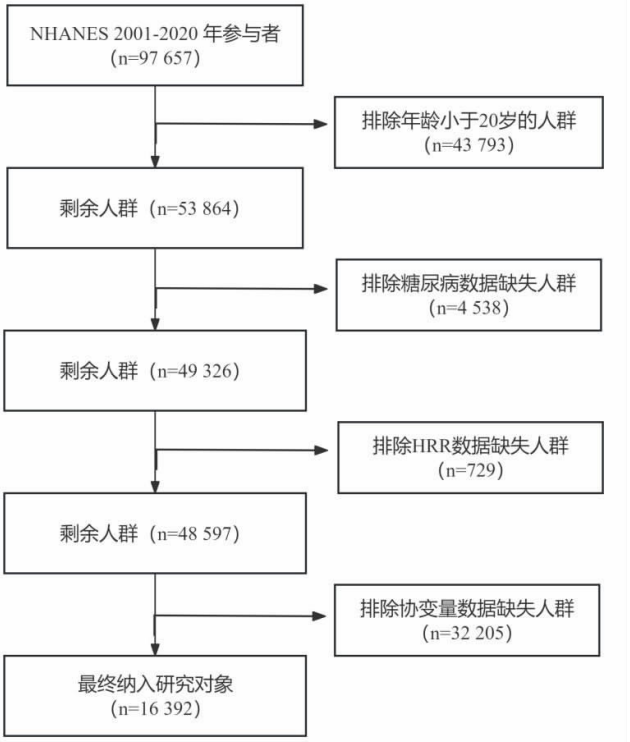


图 1 参与者筛选流程图

Figure 1 Flow chart of participant screening

诊断;(2)使用胰岛素;(3)使用降糖药物;满足其中任意一项满足也可以被定义为患有糖尿病[15]。

1.3 *协变量* 在 NHANES 调查中,所有协变量均按照统一的访谈、体检和实验室操作手册获取。包括:年龄、性别(男性或女性)和种族(墨西哥裔美国人、其他西班牙裔、非西班牙裔白人、非西班牙裔黑人或其他)、教育程度(低于高中、高中或同等学历、高于高中)、家庭收入贫困比（poverty income ratio,PIR)(＜1.00、1.00～2.99、≥3.00)、婚姻状况(已婚或与伴侣同居,其他)、吸烟状况(一生累积吸≥100 支香烟者判定为吸烟者)、饮酒状况(饮酒者被定义为过去 12 个月内摄入≥12 杯任何酒精饮料)、健康饮食状况[健康饮食指数 -2015(HEI-2015)来评估饮食质量,平均 HEI 分数等于或高于第 60 个百分位数的参与者被认为饮食健康]、中等强度的运动(是、否)、身体质量指数(body mass index,BMI)(分为正常体重、超重与肥胖);高血压病史以及总胆固醇、低密度脂蛋白、高密度脂蛋白、甘油三酯、丙氨酸氨基转移酶、天冬氨酸转氨酶、血肌酐、血尿素氮、尿酸、白蛋白、血钙、血磷、白细胞计数、血小板计数等实验室指标。

1.4 *统计方法* 采用 R 4.4.2 进行分析。连续变量以加权均值和标准差表示，分类变量以加权比例报告。两组比较采用双尾 Wilcoxon 秩和检验,多组比较使用加权 χ^2 检验。应用逻辑回归评估 HRR 和糖尿病之间的关联,建立三个统计模型:模型 1 未校正;模型 2 校正年龄、性别、种族、婚姻状况、教育程度以及

PIR；模型 3 校正年龄、性别、种族、婚姻状况、教育程度、PIR、吸烟状况、饮酒状况、健康饮食状况、中等强度运动状况、高血压病史、总胆固醇、低密度脂蛋白、高密度脂蛋白、甘油三酯、丙氨酸氨基转移酶、天冬氨酸转氨酶、血肌酐以及尿酸。进行了年龄、性别、种族、婚姻状况、教育水平、PIR、BMI、吸烟和饮酒情况等因素的分层和交互作用分析。在亚组分析中，采用 t 检验（连续变量）或加权 χ^2 检验（分类变量）。为了进一步评估 HRR 与糖尿病患病率之间的非线性关系，采用了限制立方样条（restricted cubic splines，RCS）方法。趋势检验评估 HRR 各分位数（Q1，Q2，Q3，Q4）之间的糖尿病患病率差异。所有统计结果均按照统计显著性进行报告，检验水准 α=0.05。

2　结　果

2.1　调查对象的基本特征　本研究共纳入 16 392 名受试者，其中男性占 49%，女性占 51%。共有 3 193 名参与者患有糖尿病。与无糖尿病者相比，糖尿病患者具有以下特征：整体年龄偏大，男性占比较高；种族分布中墨西哥裔美国人、其他西班牙裔及非西班牙裔黑人的比例略高；同时，多为高中及以下学历、中低等家庭收入水平（PIR＜3）、有吸烟史、高血压病史，较少进行中等强度活动（所有 P＜0.05）。在体重方面，糖尿病组的 BMI 显著较高，大多可划分为肥胖。在临床指标方面，糖尿病组的个体表现出甘油三酯、丙氨酸氨基转移酶、天冬氨酸转氨酶、肌酐、血尿素氮、尿酸、白细胞计数等水平的升高以及总胆固醇、低密度脂蛋白、高密度脂蛋白、白蛋白、血小板计数的降低（所有 P＜0.05）。见表 1。

表 1　2001—2020 年 NHANES 数据库纳入人群的临床特征[$(\bar{x}\pm s)$，n(%)]

Table 1　Clinical characteristics of NHANES participants, 2001—2020 [$(\bar{x}\pm s)$, n(%)]

变量	总人群（n=16 392）	非糖尿病组（n=13 199）	糖尿病组（n=3 193）	t/χ^2 值	P 值
年龄（岁）	47.47 ± 16.78	45.41 ± 16.39	59.32 ± 13.85	36.923	＜0.001
性别				6.047	0.015
男	8 011 (48.8)	6 335 (48.4)	1 676 (51.6)		
女	8 381 (51.2)	6 864 (51.6)	1 517 (48.4)		
种族				6.918	＜0.001
墨西哥裔美国人	2 528 (7.8)	1 960 (7.7)	568 (8.9)		
其他西班牙裔	1 395 (4.9)	1 082 (4.9)	313 (5.4)		
非西班牙裔白人	7 556 (70.5)	6 260 (71.2)	1 296 (66.4)		
非西班牙裔黑人	3 372 (10.1)	2 613 (9.6)	759 (12.7)		
其他种族	1 541 (6.6)	1 284 (6.6)	257 (6.6)		
婚姻状况				0.174	0.678
已婚或与伴侣同居	9 992 (64.7)	8 039 (64.6)	1 953 (65.2)		
其他	6 400 (35.3)	5 160 (35.4)	1 240 (34.8)		
教育程度				62.676	＜0.001
高中以下	3 744 (14.6)	2 735 (13.6)	1 009 (20.8)		
高中或同等学历	3 798 (23.5)	2 986 (22.5)	812 (29.3)		
高中以上	8 850 (61.9)	7 478 (63.9)	1 372 (49.9)		
PIR 类别				23.607	＜0.001
低水平（＜1）	3 140 (12.6)	2 479 (12.4)	661 (13.7)		
中等水平（1 ~ 2.99）	6 900 (35.5)	5 375 (34.2)	1 525 (42.9)		
高水平（≥3）	6 352 (51.9)	5 345 (53.4)	1 007 (43.4)		
吸烟状况				9.768	0.002
是	7 493 (45.9)	5 900 (45.2)	1 593 (50.4)		
否	8 899 (54.1)	7 299 (54.8)	1 600 (49.6)		
饮酒状况				51.019	＜0.001
是	12 356 (80.2)	10 115 (81.4)	2 241 (73.2)		
否	4 036 (19.8)	3 084 (18.6)	952 (26.8)		
健康饮食状况				2.033	0.158
是	7 167 (43.2)	5 720 (42.9)	1 447 (44.7)		
否	9 225 (56.8)	7 479 (57.1)	1 746 (55.3)		
中等强度运动状况				88.416	＜0.001
是	7 214 (44.0)	6 104 (51.7)	1 110 (37.8)		
否	9 178 (56.0)	7 095 (48.3)	2 083 (62.2)		
BMI(kg/m^2)	29.07 ± 6.90	28.40 ± 6.51	32.92 ± 7.76	20.455	＜0.001
BMI 类别(kg/m^2)				219.049	＜0.001
正常体重（＜25）	4 704 (29.8)	4 255 (32.9)	449 (12.3)		
超重 (25 ~ 29.99)	5 467 (33.3)	4 541 (34.3)	926 (27.4)		
肥胖 (≥30)	6 221 (36.9)	4 403 (32.8)	1 818 (60.3)		
高血压				443.047	＜0.001
是	5 952 (32.4)	3 896 (27.1)	2 056 (62.8)		
否	10 440 (67.6)	9 303 (72.9)	1 137 (37.2)		
总胆固醇(mg/dl*)	192.49 ± 40.65	193.83 ± 39.87	184.77 ± 44.09	−7.284	＜0.001
低密度脂蛋白(mg/dl*)	113.86 ± 35.68	115.28 ± 34.86	105.68 ± 39.06	−9.437	＜0.001
高密度脂蛋白(mg/dl*)	54.55 ± 16.17	55.46 ± 16.07	49.34 ± 15.77	−14.377	＜0.001
甘油三酯（mg/dl*）	119.48 ± 70.73	114.47 ± 66.97	148.24 ± 83.73	15.398	＜0.001
丙氨酸氨基转移酶(U/L)	24.95 ± 18.71	24.57 ± 18.90	27.10 ± 17.41	5.763	＜0.001
天冬氨酸转氨酶(U/L)	24.68 ± 16.97	24.46 ± 16.75	25.89 ± 18.11	3.688	0.025
肌酐(mg/dl*)	0.89 ± 0.39	0.87 ± 0.31	0.97 ± 0.68	6.519	＜0.001
血尿素氮(mg/dl*)	13.47 ± 5.34	13.05 ± 4.78	15.91 ± 7.34	17.018	＜0.001
尿酸(mg/dl*)	5.46 ± 1.38	5.39 ± 1.35	5.83 ± 1.52	10.532	＜0.001
白蛋白(g/l)	4.21 ± 0.34	4.23 ± 0.34	4.11 ± 0.35	−11.410	＜0.001
血钙(mg/dl*)	9.36 ± 0.35	9.36 ± 0.35	9.37 ± 0.38	0.592	0.619
血磷(mg/dl*)	3.64 ± 0.54	3.64 ± 0.54	3.66 ± 0.57	1.145	0.418
白细胞（1 000 个细胞 /μl）	6.78 ± 2.19	6.67 ± 2.17	7.41 ± 2.17	12.612	＜0.001
血小板（1 000 个细胞 /μl）	247.10 ± 64.66	247.99 ± 63.25	242.01 ± 72.02	−3.245	＜0.001
HRR	0.27 ± 0.98	0.31 ± 0.97	0.02 ± 1.03	−11.152	＜0.001

注：* 总胆固醇、低密度脂蛋白、高密度脂蛋白为 1 mg/dl=0.025 9 mmol/L；甘油三酯为 1 mg/dl=0.011 3 mmol/L；肌酐为 1 mg/dl=88.40 μmol/L；血尿素氮为 1 mg/dl=0.357 mmol/L；尿酸为 1 mg/dl=0.059 5 mmol/L；血钙为 1 mg/dl=0.25 mmol/L；血磷为 1 mg/dl=0.323 mmol/L。

2.2 HRR 与糖尿病之间的关系 Logistic 回归分析结果显示，当 HRR 为连续变量时，在未调整混杂因素的模型 1 中，HRR 每增加一个标准差，糖尿病患病的风险就降低 25%。在进一步调整混杂变量的模型 2 和模型 3 中，这一关联仍然显著，*OR* 分别为 0.82 和 0.89（*P*<0.001）。见表 2。

将 HRR 水平进行四分位分组，与 HRR 的最低四分位数（Q1）相比，最高第四分位数（Q4）在三个模型中均显示糖尿病风险显著降低（*OR*<1）。此外，趋势性检验结果显示，随着 HRR 水平的升高，糖尿病患病风险呈逐渐下降的线性趋势（所有趋势 *P*<0.001）。值得注意的是，在完全调整的模型 3 中，Q2 和 Q3 组的风险降低未达到统计学显著性（*P*=0.051 和 *P*=0.094），但整体趋势依然显著。见表 2。

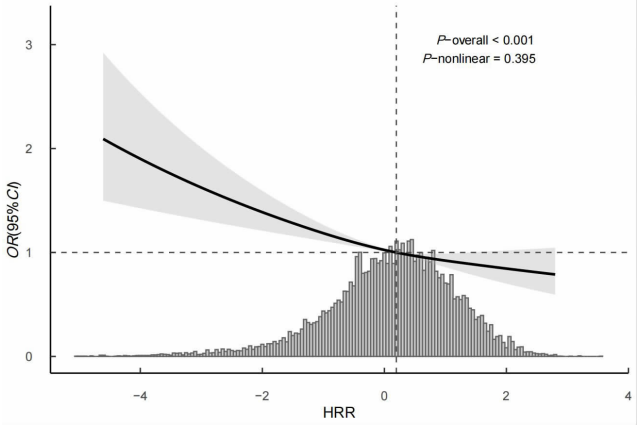
RCS 分析结果表明，HRR 与糖尿病之间存在线性关联（*P*–overall <0.001），无明显非线性关联（*P*–nonlinear=0.395）。当 HRR 降低时，糖尿病患病率增加。见图 2。

表 2 HRR 与糖尿病的逻辑回归分析

Table 2 Logistic regression analysis of the association between HRR and diabetes mellitus

HRR	模型 1		模型 2		模型 3	
	OR(95%*CI*)	*P* 值	*OR*(95%*CI*)	*P* 值	*OR*(95%*CI*)	*P* 值
每增加 1 个标准差	0.75(0.71 ~ 0.79)	<0.001	0.82(0.77 ~ 0.88)	<0.001	0.89(0.84 ~ 0.95)	<0.001
Q1	Ref		Ref		Ref	
Q2	0.74(0.58 ~ 0.75)	<0.001	0.72(0.63 ~ 0.83)	<0.001	0.87(0.76 ~ 1.00)	0.051
Q3	0.58(0.50 ~ 0.67)	<0.001	0.70(0.59 ~ 0.83)	<0.001	0.85(0.71 ~ 1.03)	0.094
Q4	0.44(0.38 ~ 0.51)	<0.001	0.59(0.49 ~ 0.71)	<0.001	0.65(0.53 ~ 0.79)	<0.001
趋势 *P* 值		<0.001		<0.001		<0.001

注：模型 1 未校正；模型 2 校正年龄、性别、种族、婚姻状况、教育程度以及 PIR；模型 3 校正年龄、性别、种族、婚姻状况、教育程度、PIR、吸烟状况、饮酒状况、健康饮食状况、中等强度运动状况、高血压病史、总胆固醇、低密度脂蛋白、高密度脂蛋白、甘油三酯、丙氨酸氨基转移酶、天冬氨酸转氨酶、血肌酐以及尿酸。

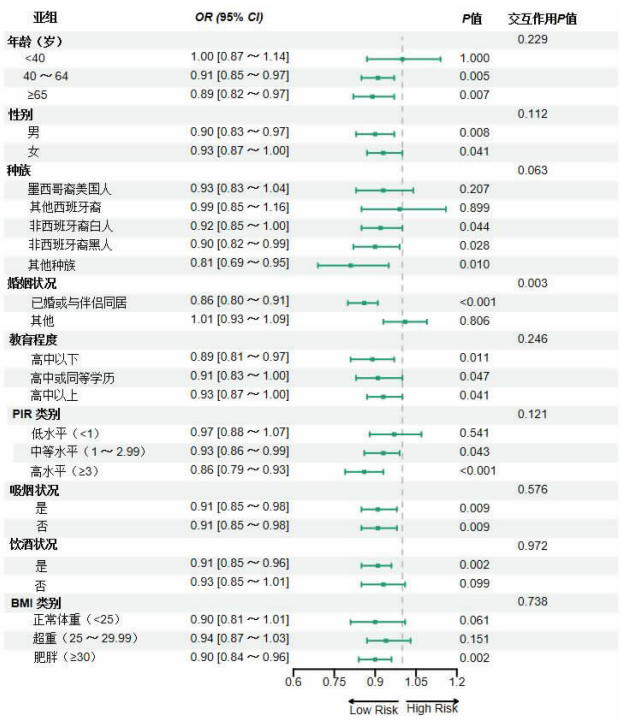


注：实线代表 *OR* 的参考值，灰色带状区域代表 95%置信区间；校正了年龄、性别、种族、婚姻状况、教育程度、PIR、吸烟状况、饮酒状况、健康饮食状况、中等强度运动状况、高血压病史、总胆固醇、低密度脂蛋白、高密度脂蛋白、甘油三酯、丙氨酸氨基转移酶、天冬氨酸转氨酶、血肌酐以及尿酸。

图 2 HRR 与糖尿病患病率之间关联的 RCS 图

Figure 2 Restricted cubic spline plot for the relationship of HRR with diabetes mellitus prevalence

2.3 亚组分析 按年龄、性别、种族、婚姻状况、教育程度、PIR、吸烟和饮酒状况以及 BMI 分类进行亚组分析。在多数亚组中，HRR 升高均与糖尿病患病风险降低相关（多组 *P* 值<0.05），结果方向一致，提示该关联具有较好的稳健性。此外，HRR 与糖尿病的关联在婚姻状况（*P*=0.003）中存在交互作用，提示婚姻状况这个社会人口学因素可能在 HRR 作用机制中起调节作用。见图 3。



注：校正了年龄、性别、种族、婚姻状况、教育程度、PIR、吸烟状况、饮酒状况、健康饮食状况、中等强度运动状况、高血压病史、总胆固醇、低密度脂蛋白、高密度脂蛋白、甘油三酯、丙氨酸氨基转移酶、天冬氨酸转氨酶、血肌酐以及尿酸。

图 3 HRR 与糖尿病关联的亚组分析

Figure 3 Subgroup analysis for the association of HRR with diabetes mellitus

3　讨　论

本研究共纳入了 16 392 名受试者。研究结果表明: HRR 与糖尿病患病率之间存在线性负相关关系，表现为 HRR 降低时，糖尿病患病率增加，提示 HRR 可能是糖尿病患病风险的潜在保护性标志物。

糖尿病已成为全球最为严峻的公共卫生问题之一，影响着数百万人的健康。根据世界卫生组织的数据，全球糖尿病患病率逐年上升，特别是在中低收入国家，糖尿病已成为导致死亡和残疾的主要原因之一[16]。除了对健康的直接影响外，糖尿病还带来了巨大的经济负担，与糖尿病相关的医疗费用占许多国家公共卫生预算的显著比例。

目前，糖尿病的诊断和管理主要依赖于空腹血糖和 HbA1c 等指标[17]。然而，这些标志物并未完全反映糖尿病的复杂病理生理机制，尤其是炎症的影响。为弥补这一局限，研究焦点已逐渐转向能综合反映炎症状态的新型复合指标。例如全身免疫炎症指数、中性粒细胞百分比与白蛋白比值，以及中性粒细胞与淋巴细胞比值等，均已被证实与糖尿病及其预后密切相关[18-20]。在此类新兴指标中，HRR 因其独特的病理生理整合能力而备受关注。多项基于 NHANES 数据库的研究表明，较高的 HRR 水平通过其显著的抗炎与保护效应，对患病风险起到预测作用。具体而言，HRR 的升高标志着炎症水平受控，能抑制炎症细胞因子对视网膜血管内皮的直接损害，保护微循环功能，降低了糖尿病视网膜病变的风险[21]；较高的 HRR 可能反映较低的全身炎症负荷和较大的供氧能力，从而降低哮喘存在的可能性[22]；反之，HRR 降低时，促炎细胞因子会破坏血脑屏障完整性并促进神经炎症，从而加速认知障碍[23]。这些证据共同提示，HRR 是一个连接炎症以及糖尿病的有力生物标志物。

较高的 HRR 在糖尿病发病机制中的保护作用可能涉及多种生物学机制。红细胞分布宽度（RDW）的升高通常与炎症密切相关，糖尿病患者的慢性低度炎症可能会通过影响铁代谢和骨髓功能，抑制促红细胞生成素诱导的红细胞成熟，从而导致未成熟的红细胞过早进入外周血，扰乱了红细胞的正常清除过程，最终引发 RDW 的升高[24]。在一项 NHANES 研究中，RDW 最高五分位组的糖尿病患病率明显高于最低五分位组，这一关联在整个研究人群（11.0%vs.7.0%，*OR*= 1.55；95%*CI*：1.30 ~ 1.85）以及 45 岁及以上的患者中（13.6%vs.7.7%，*OR*=1.88；95% *CI*：1.50 ~ 2.37）依然显著[25]。血红蛋白浓度的降低与贫血密切相关。研究发现，糖尿病患者的贫血患病率高达 35.45%[26]，故探讨 HRR 与糖尿病的关系具有一定的理论依据。

本研究的优势在于采用了具有全国代表性的美国成年人样本数据，模型中充分调整了社会人口学变量、实验室参数等多种混杂因素，从而提高了结论的稳健性。本研究结果为将 HRR 作为糖尿病的早期识别提供了理论依据和数据支持。本研究亦存在一定局限性。一是，由于研究采用横断面设计，难以推断 HRR 与糖尿病患病之间的因果关系；二是，由于数据基于自报和一次性实验测量，可能存在信息偏倚或测量误差。此外，尽管已纳入多个协变量以降低偏倚影响，但仍无法完全排除某些潜在混杂因素对结果的影响。

综上所述，HRR 与糖尿病患病风险存在关联。因此，定期监测 HRR 值有望为糖尿病的早期干预与预后管理提供新思路。

利益冲突声明　本研究不存在任何利益冲突

参考文献

[1] World Health Organization. Classification of diabetes mellitus[M]. Geneva: World Health Organization, 2019.

[2] Sun H, Saeedi P, Karuranga S, et al. IDF diabetes Atlas: global, regional and country-level diabetes prevalence estimates for 2021 and projections for 2045[J]. Diabetes Research and Clinical Practice, 2022, 183: 109119.

[3] Aponte Ribero V, Efthimiou O, Abolhassani N, et al. Diabetes and the risk of cardiovascular events and all-cause mortality among older adults: an individual participant data analysis of five prospective studies [J]. European Journal of Clinical Investigation, 2025, 55(2): e14340.

[4] Weinberg SR, Segev O, Dor S, et al. Overview of oxidative stress and inflammation in diabetes [J]. Journal of Diabetes, 2024, 16 (10): e70014.

[5] Ying W, Lee YS, Dong Y, et al. Expansion of islet-resident macrophages leads to inflammation affecting β cell proliferation and function in obesity[J]. Cell Metabolism, 2019, 29(2): 457-474.

[6] Nada AM. Red cell distribution width in type 2 diabetic patients[J]. Diabetes, Metabolic Syndrome and Obesity : Targets and Therapy, 2015, 8: 525-533.

[7] Hao M, Jiang S, Tang JD, et al. Ratio of red blood cell distribution width to albumin level and risk of mortality [J]. JAMA Netw Open, 2024, 7(5): e2413213.

[8] Zhao WC, Shi MX, Zhang J. Preoperative hemoglobin-to-red cell distribution width ratio as a prognostic factor in pulmonary large cell neuroendocrine carcinoma: a retrospective cohort study [J]. Ann Transl Med, 2022, 10(2): 42.

[9] Li MY, Li HB, Zhong W, et al. Hemoglobin-to-red cell distribution width ratio was associated with cardiovascular diseases and death[J]. J Clin Med, 2025, 14(13): 4464.

[10] Xiong Y, Xie S, Yao YC, et al. Hemoglobin-to-red blood cell distribution width ratio is negatively associated with stroke: a cross-sectional study from NHANES[J]. Scientific Reports, 2024, 14 (1): 28098.

[11] Eyiol A, Ertekin B. The relationship between hemoglobin-to-red cell distribution width (RDW) ratio (HRR) and mortality in stroke

patients [J]. European Review for Medical and Pharmacological Sciences, 2024, 28(4): 1504-1512.

[12] Ning L, Tang JP, Chen ZQ, et al. Association between hemoglobin-to-red blood cell distribution width ratio and chronic kidney disease: A cross sectional study [J]. Medicine (Baltimore), 2024, 103(45): e40224.

[13] Chi G, Lee JJ, Montazerin SM, et al. Prognostic value of hemoglobin-to-red cell distribution width ratio in cancer: a systematic review and meta-analysis[J]. Biomarkers in Medicine, 2022, 16(6): 473-482.

[14] 孙丽荣,霍醒伟,贾珊珊,等. 全身炎症综合指数与白蛋白尿的关联：基于 2007－2018 年国家健康与营养调查的横断面研究[J]. 四川大学学报(医学版),2024,55(3):671-679.
Sun LR, Huo XW, Jia SS, et al. Association between systemic inflammation syndrome index and albuminuria: A cross-sectional study based on the 2007－2018 China national health and nutrition examination survey [J]. Journal of Sichuan University (Medical Sciences), 2024, 55(3): 671-679.(In Chinese

[15] Wu Z, Gong CL, Wang B. The relationship between dietary index for gut microbiota and diabetes[J]. Scientific Reports, 2025, 15(1): 6234.

[16] Saeedi P, Petersohn I, Salpea P, et al. Global and regional diabetes prevalence estimates for 2019 and projections for 2030 and 2045: results from the international diabetes federation diabetes Atlas,9th edition [J]. Diabetes Research and Clinical Practice, 2019, 157: 107843.

[17] Zhang J, Zhang Z, Zhang K, et al. Early detection of type 2 diabetes risk: Limitations of current diagnostic criteria [J]. Frontiers in Endocrinology, 2023, 14: 1260623.

[18] Nie YQ, Zhou HT, Wang J, et al. Association between systemic immune-inflammation index and diabetes: a population-based study from the NHANES [J]. Frontiers in Endocrinology, 2023, 14: 1245199.

[19] Jing Y, Tian B, Deng W, et al.The neutrophil percentage-to-albumin ratio as a biomarker for all-cause and diabetes-cause mortality among diabetes patients: evidence from the NHANES 1988-2018[J]. Journal of Clinical Laboratory Analysis, 2024, 38(21): e25110.

[20] Dong G, Gan M, Xu S, et al. The neutrophil-lymphocyte ratio as a risk factor for all-cause and cardiovascular mortality among individuals with diabetes: evidence from the NHANES 2003-2016 [J]. Cardiovascular Diabetology, 2023, 22(1): 267.

[21] Wang B, Li H, Wang L, et al. Association of hemoglobin-to-red cell distribution width ratio with diabetic retinopathy risk and severity[J]. Frontiers in Endocrinology, 2025, 16: 1622460.

[22] Kuang C, He L, Zeng Q, et al. The association between hemoglobin-to-red cell distribution width ratio and asthma and asthma exacerbations:a cross-sectional study [J]. BMC Pulmonary Medicine, 2025, 25(1): 400.

[23] Wang F, Wang X, Wang C, et al. Association between hemoglobin-to-red blood cell distribution width ratio and cognitive function in older US adults: a cross-sectional study based on the NHANES 2011-2014[J]. Frontiers in Aging Neuroscience, 2025, 17: 1571159.

[24] Yang Y, Wang Q, Gao L, et al. Promising applications of red cell distribution width in diagnosis and prognosis of diseases with or without disordered Iron metabolism [J]. Cell Biology International, 2023, 47(7): 1161-1169

[25] Perlstein TS, Weuve J, Pfeffer MA, et al. Red blood cell distribution width and mortality risk in a community-based prospective cohort[J]. Archives of Internal Medicine, 2009, 169(6): 588-594.

[26] Faghir-Ganji M, Abdolmohammadi N, Nikbina M, et al. Prevalence of anemia in patients with diabetes mellitus: a systematic review and meta-analysis[J]. Biomed. Environ. Sci. BES, 2024, 37(1): 96-107.

收稿日期:2025-07-13

读者·作者·编者

优先征集国家、省部级基金项目及重点攻关项目论文启事

为了提高本刊的学术水平，促进本刊发展，特向各医学院校、医院、医学科研机构广泛征集国家、省部级自然科学基金资助项目和重点攻关项目的论文，范围包括基础医学、预防医学和临床医学各专业的论著、调查报告、技术与方法等。对上述专业范围的基金项目或攻关项目产出的文稿须在首页下注明项目名称、项目编号，并提交有关证明的复印件，本刊一经审查合格，将优先发表，免收审稿费。

欢迎积极撰文，踊跃投稿。