



[DOI]10.3969/j.issn.1001-9057.2026.02.006

<http://www.lcnkz.com/CN/10.3969/j.issn.1001-9057.2026.02.006>

· 论著 ·

# 身体圆度指数与白蛋白尿关系的横断面研究

袁玉婷 郭丽娟 孙星河 张贤 吕辉

**[摘要]** **目的** 探讨身体圆度指数(BRI)与白蛋白尿之间的关系。**方法** 根据尿微量白蛋白水平将 3 453 例体检者分为白蛋白尿组(2 773 例)和对照组(680 例)。收集所有受试者一般临床资料及实验室检查结果,并进行组间比较。采用限制性立方样条(RCS)、多因素 logistic 回归分析和亚组分析,探索 BRI 与白蛋白尿的关系。**结果** RCS 分析二者存在非线性关联。充分调整协变量后,与中等 BRI 水平(Q3 组)人群相比,BRI 最低(Q1 组)和最高(Q5 组)均增大白蛋白尿发生风险,OR(95% CI)分别为 1.44(1.01,2.06)、1.78(1.34,2.37)。**结论** 在成年体检者中 BRI 与白蛋白尿的发生呈现非线性关联,过低或过高均可增加白蛋白尿发生风险。

**[关键词]** 身体圆度指数; 白蛋白尿; 尿微量白蛋白; 内脏脂肪; 肾早损

**[中图分类号]** R589 **[文献标识码]** A

**Cross-sectional study on the relationship between body roundness index and albuminuria** Yuan Yuting\*, Guo Lijuan, Sun Xinghe, Zhang Xian, Lv Hui. \* Department of Cardiology, Capital Medical University Beijing Chaoyang Hospital, Beijing 100043, China

**[Abstract]** **Objective** To investigate the association between the body roundness index (BRI) and microalbuminuria. **Methods** Based on urinary microalbumin levels, 3 453 health examination participants were categorised into albuminuria group (2 773 cases) and control group (680 cases). General clinical data and laboratory test results were collected for all subjects and compared between groups. Restricted cubic spline (RCS) analysis, multivariate logistic regression analysis, and subgroup analysis were employed to investigate the relationship between BRI and albuminuria. **Results** RCS analysis revealed a non-linear relationship between the two variables. After full adjustment for covariates, compared with individuals with intermediate BRI levels (Q3 group), both the lowest (Q1 group) and highest (Q5 group) BRI levels were associated with increased albuminuria risk, with OR (95% CI) values of 1.44 (1.01, 2.06) and 1.78 (1.34, 2.37) respectively. **Conclusion** In adult health check-up participants, BRI shows a nonlinear association with abnormal urinary microalbumin, with both excessively low and high BRI levels increasing the risk of abnormal urinary microalbumin.

**[Key words]** Body Roundness Index; Albuminuria; Microalbuminuria; Visceral Adipose Tissue; Early Kidney Injury

内脏脂肪与许多健康问题相关,包括心血管疾病<sup>[1]</sup>、2 型糖尿病、肾结石等。内脏脂肪过度堆积会导致炎症反应、氧化应激、胰岛素抵抗<sup>[2]</sup>,同时释放的游离脂肪酸直接损害肾脏细胞,最终引起肾脏脂毒性<sup>[3]</sup>,与肾脏功能的下降密切相关,而尿微量白蛋白是肾脏损伤的早期标志物,通过研究内脏脂肪与尿微量白蛋白之间的关系,可以识别出慢性肾病的高危人群,并进行早期干预,延缓或阻止疾病的进展。内脏脂肪的评估,如内脏脂肪指数(VAI)和身体圆度指数

(BRI),可作为评估内脏脂肪堆积的指标。VAI 通过结合腰围、BMI、甘油三酯(TG)和高密度脂蛋白胆固醇(HDL-C)来评估内脏脂肪,已有研究证实 VAI 与慢性肾脏病(CKD)和蛋白尿的风险增加相关<sup>[4,5]</sup>,而 BRI 作为新型的人体测量指标、具有获得方式更便捷且更无创的优点,由 Thomas 等<sup>[6]</sup>在 2013 年提出,该指数基于人体形状的椭圆模型,利用偏心率来估计内脏脂肪和全身脂肪百分比。一项分析研究了 8~19 岁参与者的 BRI 和尿白蛋白肌酐比之间的关系,结果表明 BRI 与蛋白尿呈显著负相关<sup>[7]</sup>,其结果是否适用于成年人尚不清楚。本研究旨在利用横断面研究的方法探讨我国一般成年人群 BRI 与白蛋白尿间的关联。

作者单位:100043 北京,首都医科大学附属北京朝阳医院心内科(袁玉婷);北京大学国际医院心内科(郭丽娟、孙星河、张贤),健康管理中心(吕辉)

## 对象与方法

1. 对象: 回顾性纳入 2019 年 1 月~2023 年 12 月在北京大学国际医院健康管理中心参加健康体检的人群 3 453 例。纳入标准: (1) 年龄  $\geq 18$  岁; (2) 身高、腰围及尿微量白蛋白数据资料完整。本研究经过北京大学国际医院伦理委员会审核通过(2023-KY-0045-01)。

### 2. 方法

(1) 一般情况采集: 由经过统一培训的医生和护士对所有体检者进行面对面的标准化询问, 收集信息包括人口学资料(年龄、性别)、既往病史[高血压、糖尿病、脂肪肝、高脂血症、脑卒中、冠状动脉粥样硬化性心脏病(冠心病)、CKD、恶性肿瘤]、个人行为(吸烟史、饮酒史)及体格检查结果(收缩压、舒张压和脉搏、身高、体重、腰围), 计算 BMI。

(2) 实验室检查指标: 包括空腹血糖(FPG)、总胆固醇(TC)、TG、HDL-C、低密度脂蛋白胆固醇(LDL-C)、ALT、AST、血肌酐(SCr)、尿微量白蛋白、估算的肾小球滤过率(eGFR)。尿微量白蛋白  $> 20$  mg/L 定义为白蛋白尿, 将所有体检者分为白蛋白尿组(2 773 例)和对照组(680 例)。计算 BRI, 采用 Thomas 等<sup>[6]</sup>在 2013 年发表的计算公式:  $BRI = 364.2 - 365.5 \times$

$\sqrt{1 - \left[ \frac{\text{腰围(m)}}{2\pi} \right]^2 / \left[ 0.5 \times \frac{\text{身高(m)}}{2} \right]^2}$ 。按照 BRI 五等分将所有体检者分为 Q1 组 ( $BRI \leq 2.41$ , 692 例)、Q2 组 ( $2.41 < BRI \leq 3.691$  例), Q3 组 ( $3 < BRI \leq 3.55$ , 689 例), Q4 组 ( $3.55 < BRI \leq 4.21$ , 691 例), Q5 组 ( $4.21 < BRI$ , 690 例)。

3. 统计学处理: 应用 SAS 9.4 软件和 R 软件进行统计分析。符合正态分布的计量资料以  $\bar{x} \pm s$  表示, 不符合正态分布的计量资料以  $M(P_{25}, P_{75})$  表示, 计数资料以例数和百分比表示, 组间比较均采用标准化均数差(SMD)进行, SMD 绝对值  $> 0.2$  的认为两组间差异较大。采用限制性立方样条(RCS)法分析 BRI 与各临床指标间的关联是否存在非线性; 采用多因素 logistic 回归分析评估 BRI 和发生白蛋白尿的关系。以  $P < 0.05$  表示差异有统计学意义。

## 结 果

1. 所有研究对象基线特征: 本研究共纳入 3 453 例受试者, 其中男 1 983 例、女 1 470 例, 年龄 31~87 岁, 平均年龄 ( $43.76 \pm 11.83$ ) 岁; 平均身高 ( $169.15 \pm 8.43$ ) cm, 平均腰围 ( $84.08 \pm 11.34$ ) cm, 平均体重 ( $70.27 \pm 14.27$ ) kg, 平均 BMI ( $24.38 \pm 3.81$ )  $\text{kg/m}^2$ ; 平均 BRI ( $3.37 \pm 1.15$ ), BRI Q1 组 692 例(20.04%)、

Q2 组 691 例(20.01%)、Q3 组 689 例(19.95%)、Q4 组 691 例(20.01%)、Q5 690 例(19.98%); 吸烟史 511 例(14.8%)、饮酒史 492 例(14.25%); 既往病史中高血压 243 例(7.04%), 高脂血症 93 例(2.69%), 糖尿病 111 例(3.21%), 冠心病 38 例(1.1%), CKD 15 例(0.43%), 脑卒中 7 例(0.2%), 恶性肿瘤 25 例(0.72%), 脂肪肝 81 例(2.35%); 平均收缩压 ( $119.86 \pm 15.28$ ) mmHg、平均舒张压 ( $73.32 \pm 11.09$ ) mmHg、平均脉搏 ( $73.7 \pm 10.29$ ) 次/分; 中位 ALT 19 (14, 28) U/L、中位 AST 20 (17, 24) U/L, 平均 SCr ( $73.06 \pm 16.29$ )  $\mu\text{mol/L}$ , 中位 eGFR 98.34 (87.98, 109.44)  $\text{ml} \cdot \text{min}^{-1} \cdot (1.73 \text{ m}^2)^{-1}$ , eGFR  $< 60$   $\text{ml} \cdot \text{min}^{-1} \cdot (1.73 \text{ m}^2)^{-1}$  26 例(0.75%), 平均 FPG ( $5.26 \pm 1.17$ ) (mmol/L), 中位 TG 1.11 (0.76, 1.66) mmol/L, 平均 TC ( $4.75 \pm 0.92$ ) mmol/L, 平均 HDL-C ( $1.3 \pm 0.31$ ) mmol/L, 平均 LDL-C ( $2.89 \pm 0.79$ ) mmol/L, 中位尿微量白蛋白 9.9 (4.7, 17.2) mg/L。

2. 两组研究对象基线资料比较: 与对照组比较, 白蛋白尿组受试者年龄更大、腰围、体重、BMI、BRI、尿微量白蛋白、收缩压、舒张压、脉搏、ALT、AST、SCr、FPG、TG、LDL-C 及男性、BRI Q5 组、eGFR  $< 60$   $\text{ml} \cdot \text{min}^{-1} \cdot (1.73 \text{ m}^2)^{-1}$  受试者比例更高, 而 HDL-C 及女性、BRI Q1 组和 Q2 组受试者比例更低(SMD 绝对值  $> 0.2$ )。见表 1。

3. BRI 与白蛋白尿的非线性关联: RCS 分析结果显示, BRI 与是否发生白蛋白尿之间存在非线性关联, 见图 1。在未进行协变量调整时, 可观察到随着 BRI 增加, 发生白蛋白尿的风险呈现 U 形趋势。BRI 较低时, 发生风险随 BRI 增加逐渐降低; 达最低点后, 发生风险随 BRI 升高开始上升, 尤其在高水平区间表现尤为明显。在逐步调整协变量时(模型 1 校正年龄、性别; 模型 2 在模型 1 基础上校正吸烟史、饮酒史、高血压、糖尿病、高脂血症和 CKD 病史; 模型 3 在模型 2 基础上进一步校正收缩压、舒张压、ALT、AST、FPG、TC、TG、HDL-C、LDL-C、eGFR), 上述规律仍存在。在未调整协变量和逐步调整协变量的模型中, 非线性检验  $P$  值均  $< 0.01$ , 存在统计学意义。

4. BRI 分组与白蛋白尿的关系: 以 BRI 中间组(Q3 组)作为对照, 多因素 logistic 回归分析结果显示在各模型中, BRI 最高组(Q5 组)均为白蛋白尿发生的危险因素( $P < 0.001$ ); BRI 最低组(Q1 组)在未调整协变量模型中为其保护因素( $P = 0.040$ ), 随协变量调整, 在最终模型中 Q1 组为其危险因素( $P = 0.044$ ); BRI 其余两组(Q2 组和 Q4 组)随协变量调整, 各模型中白蛋白尿发生风险均无相关性( $P > 0.05$ )。见表 2。

表 1 两组研究对象基线资料比较( $\bar{x} \pm s$ )

组别	例数	性别[例,(%)]		年龄 (岁)	身高 (cm)	腰围 (cm)	体重 (kg)	BMI (kg/m <sup>2</sup> )	BRI
		男	女						
对照组	2 773	1 514(54.60)	1 259(45.40)	42.69 ± 11.30	168.97 ± 8.44	82.84 ± 10.71	69.01 ± 13.46	23.99 ± 3.51	3.23 ± 1.06
白蛋白尿组	680	469(68.97)	211(31.03)	48.11 ± 12.92	169.90 ± 8.32	89.16 ± 12.39	75.41 ± 16.24	25.95 ± 4.53	3.92 ± 1.35
SMD		0.299	-0.299	0.446	0.112	0.545	0.429	0.483	0.564
组别	例数	BRI 五分位数分组[例,(%)]					尿微量白蛋白 [mg/L, $M(P_{25}, P_{75})$ ]	吸烟史 [例,(%)]	饮酒史 [例,(%)]
		Q1 组	Q2 组	Q3 组	Q4 组	Q5 组			
对照组	2 773	610(22.00)	603(21.75)	581(20.95)	545(19.65)	434(15.65)	7.7(3.9,12.2)	386(13.92)	383(13.81)
白蛋白尿组	680	82(12.06)	88(12.94)	108(15.88)	146(21.47)	256(37.65)	34.4(24.3,66.1)	125(18.38)	109(16.03)
SMD		-0.267	-0.234	-0.131	0.045	0.514	0.567	0.121	0.062
组别	例数	既往病史[例,(%)]							
		高血压	高脂血症	糖尿病	冠心病	CKD	脑卒中	恶性肿瘤	脂肪肝
对照组	2 773	165(5.95)	71(2.56)	68(2.45)	26(0.94)	4(0.14)	5(0.18)	25(0.9)	53(1.91)
白蛋白尿组	680	78(11.47)	22(3.24)	43(6.32)	12(1.76)	11(1.62)	2(0.29)	0(0)	28(4.12)
SMD		0.197	0.040	0.190	0.072	0.158	0.023	-0.135	0.129
组别	例数	收缩压 (mmHg)	舒张压 (mmHg)	脉搏 (次/分)	ALT[U/L, $M(P_{25}, P_{75})$ ]	AST[U/L, $M(P_{25}, P_{75})$ ]	SCr ( $\mu\text{mol/L}$ )	eGFR[ $\text{ml} \cdot \text{min}^{-1} \cdot$ $(1.73 \text{ m}^2)^{-1}, M(P_{25}, P_{75})$ ]	
对照组	2 773	117.95 ± 14.12	72.11 ± 10.42	73.23 ± 10.06	18(13,26)	20(17,24)	72.08 ± 13.72	98.70(88.80,109.72)	
白蛋白尿组	680	127.65 ± 17.25	78.24 ± 12.29	75.61 ± 10.99	22(15,33)	21(18,27)	77.03 ± 23.69	96.57(84.80,107.84)	
SMD		0.615	0.538	0.227	0.301	0.243	0.255	-0.185	
组别	例数	eGFR < 60 $\text{ml} \cdot \text{min}^{-1} \cdot$ $(1.73 \text{ m}^2)^{-1}$ [例,(%)]	FPG (mmol/L)	TG [mmol/L, $M(P_{25}, P_{75})$ ]	TC (mmol/L)	LDL-C (mmol/L)	HDL-C (mmol/L)		
对照组	2 773	7(0.25)	5.11 ± 0.90	1.03(0.73,1.53)	4.72 ± 0.89	2.88 ± 0.77	1.32 ± 0.31		
白蛋白尿组	680	19(2.79)	5.85 ± 1.77	1.47(0.98,2.19)	4.84 ± 1.05	2.91 ± 0.86	1.21 ± 0.31		
SMD		0.209	0.525	0.414	0.116	0.039	-0.358		

表 2 BRI 分组与白蛋白尿的多因素 logistic 回归分析结果

组别	未调整模型		模型 1		模型 2		模型 3	
	OR(95% CI)	P 值	OR(95% CI)	P 值	OR(95% CI)	P 值	OR(95% CI)	P 值
Q1 组	0.72(0.53,0.98)	0.040	1.01(0.73,1.40)	0.971	0.99(0.72,1.38)	0.972	1.44(1.01,2.06)	0.044
Q2 组	0.79(0.58,1.06)	0.118	0.91(0.67,1.24)	0.558	0.88(0.65,1.21)	0.437	1.02(0.74,1.41)	0.898
Q3 组	-	-	-	-	-	-	-	-
Q4 组	1.44(1.09,1.90)	0.009	1.30(0.98,1.72)	0.065	1.29(0.98,1.71)	0.072	1.05(0.78,1.41)	0.743
Q5 组	3.17(2.45,4.10)	<0.001	2.73(2.10,3.55)	<0.001	2.68(2.06,3.49)	<0.001	1.78(1.34,2.37)	<0.001

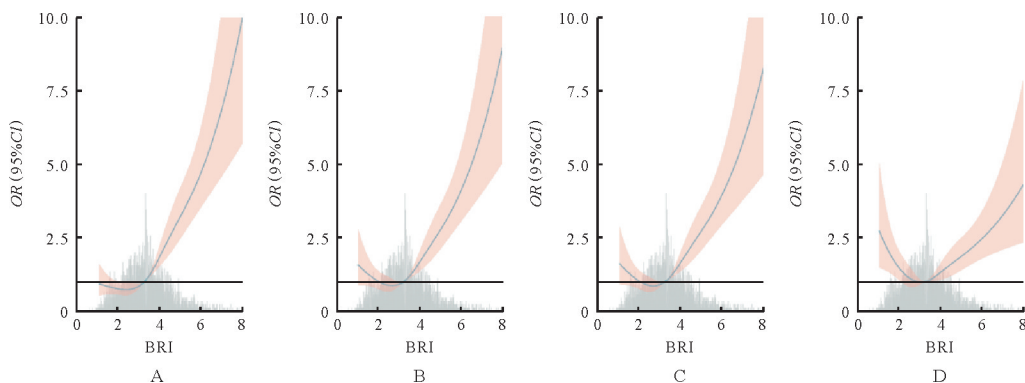


图 1 BRI 与白蛋白尿关系的 RCS 图(A:未调整模型;B:模型 1;C:模型 2;D:模型 3)

5. 亚组分析:纳入受试者年龄、性别、BMI、高血压及糖尿病病史分层分析。相较 BRI 中间水平组(Q3 组),最高组(Q5 组)的发生风险在男性中显著增加( $P < 0.001$ ),而在女性中未见关联( $P = 0.125$ )。在不同年龄组中 Q5 组的发生风险增加均有统计学意义( $P <$

$0.001$ )。在  $\text{BMI} < 28 \text{ kg/m}^2$  亚组中, Q5 组的发生风险显著增加( $P = 0.011$ ),而在  $\text{BMI} \geq 28 \text{ kg/m}^2$  亚组未见关联( $P = 0.477$ )。在无高血压/糖尿病病史的亚组中, Q5 组的发生风险均显著增加( $P < 0.001$ )。交互作用检验未发现具有统计学意义的交互作用。见表 3。

表 3 BRI 与异常尿微量白蛋白关联的亚组分析

亚组 组别	异常尿微量白蛋白 人数/亚组总人数(%)	BRI 分组	OR(95% CI)	P 值	交互 P 值
性别					0.210
男	469/1 983 (0.24%)	Q1 组	1.17(0.65,2.12)	0.595	
		Q2 组	1.02(0.67,1.56)	0.931	
		Q3 组	-		
		Q4 组	1.03(0.73,1.46)	0.845	
		Q5 组	1.81(1.30,2.53)	<0.001	
女	211/1 470 (0.14%)	Q1 组	1.31(0.78,2.18)	0.311	
		Q2 组	0.97(0.57,1.63)	0.898	
		Q3 组	-		
		Q4 组	0.96(0.53,1.72)	0.880	
		Q5 组	1.56(0.88,2.74)	0.125	
年龄(岁)					0.261
≥45	389/1 446 (0.27%)	Q1 组	1.13(0.59,2.18)	0.706	
		Q2 组	0.83(0.50,1.37)	0.460	
		Q3 组	-		
		Q4 组	1.13(0.77,1.65)	0.548	
		Q5 组	1.84(1.26,2.68)	<0.001	
<45	291/2 007 (0.14%)	Q1 组	1.42(0.89,2.24)	0.138	
		Q2 组	1.11(0.72,1.72)	0.640	
		Q3 组	-		
		Q4 组	0.85(0.53,1.37)	0.510	
		Q5 组	1.62(1.04,2.54)	0.033	
BMI(kg/m <sup>2</sup> )					0.287
≥28	184/524 (0.35%)	Q1 组	NA		
		Q2 组	NA		
		Q3 组	-		
		Q4 组	0.83(0.14,4.95)	0.839	
		Q5 组	1.85(0.34,10.04)	0.477	
<28	496/2 929 (0.17%)	Q1 组	1.38(0.96,1.98)	0.085	
		Q2 组	1.01(0.73,1.40)	0.941	
		Q3 组	-		
		Q4 组	1.11(0.82,1.50)	0.510	
		Q5 组	1.60(1.12,2.31)	0.011	
高血压病史					0.622
有	55/243 (0.23%)	Q1 组	4.59(0.90,23.43)	0.067	
		Q2 组	1.50(0.42,5.38)	0.538	
		Q3 组	-		
		Q4 组	0.65(0.22,1.94)	0.441	
		Q5 组	1.76(0.66,4.69)	0.262	
无	602/3 210 (0.19%)	Q1 组	1.33(0.92,1.92)	0.131	
		Q2 组	0.98(0.70,1.38)	0.918	
		Q3 组	-		
		Q4 组	1.10(0.81,1.49)	0.541	
		Q5 组	1.79(1.33,2.41)	<0.001	
糖尿病病史					0.783
有	43/111 (0.39%)	Q1 组	8.85(0.77,101.63)	0.080	
		Q2 组	0.58(0.08,4.52)	0.606	
		Q3 组	-		
		Q4 组	1.48(0.36,6.08)	0.589	
		Q5 组	2.34(0.58,9.35)	0.230	
无	637/3 342 (0.19%)	Q1 组	1.40(0.97,2.01)	0.069	
		Q2 组	1.02(0.73,1.41)	0.928	
		Q3 组	-		
		Q4 组	1.04(0.77,1.40)	0.818	
		Q5 组	1.75(1.31,2.34)	<0.001	

注:依据最终调整模型做亚组分析;NA:无该组数据

## 讨 论

内脏脂肪堆积会导致炎症反应、氧化应激和胰岛素抵抗,进而增加高血压、2 型糖尿病、心血管疾病、CKD 的风险。评估内脏脂肪的方法有多种,通常包括直接成像技术和间接评估指标。直接指标可通过 MRI<sup>[8]</sup>、CT、超声、双光能 X 线等检查获取,间接评估包括 BMI、腰围、腰围-臀围比、内脏脂肪指数<sup>[5]</sup>以及 BRI 等。MRI 和 CT 是确定内脏脂肪面积的金标准。然而,这些成像技术不适用于一般人群的常规临床实践,因其受限于可得性、耗时、费用和放射性风险。因此,有效、便捷且相对准确的内脏脂肪评估方法有助于临床广泛应用。

BRI 是一种结合身高和腰围的新型肥胖测量指标,能够更全面地反映体型和内脏脂肪分布<sup>[9]</sup>,已经被用于多种疾病风险的评估和预测。多项研究表明,BRI 水平升高与心血管疾病风险增加相关<sup>[1,10-11]</sup>,且预测价值高于 BMI、腰围和腰臀比。而 BRI 在预测 2 型糖尿病<sup>[12-13]</sup>、肾结石<sup>[14]</sup>、胆结石<sup>[15]</sup>、非酒精性脂肪性肝病<sup>[16]</sup>中的作用也有多个研究支持。有研究表明 BRI 与美国成人全因死亡率相关<sup>[17]</sup>。近期 Fei 等<sup>[18]</sup>的研究指出 BRI 作为体脂分布的表征性指标,与美国糖尿病患者患 CKD 风险呈显著正相关,并且其预测能力不受传统危险因素和常用药物干预的影响。一项针对我国人群的横断面研究发现,BRI 可以更准确地预测低 eGFR<sup>[19]</sup>,且在老年人、女性、习惯性吸烟者以及有糖尿病或高血压病史的人群中,BRI 水平与低 eGFR 之间的关联更为显著。内脏脂肪堆积可能通过以下机制导致肾脏损伤:(1)炎症反应:内脏脂肪是促炎细胞因子的重要来源,这些细胞因子可以损害肾小球,增加尿蛋白排泄。(2)胰岛素抵抗:内脏脂肪积累与胰岛素抵抗密切相关,胰岛素抵抗可导致肾小球高滤过和损伤,进而增加尿蛋白排泄<sup>[20]</sup>。(3)氧化应激:内脏脂肪积累可促进氧化应激<sup>[21]</sup>,直接损伤肾小球,并加剧炎症反应,进一步增加尿蛋白排泄。(4)肾脏脂毒性:内脏脂肪堆积可导致游离脂肪酸在肾脏积聚,引起肾脏脂毒性,损害肾小球功能。

尿微量白蛋白作为肾早损的标志之一,研究表明其与心血管病风险、全因死亡、代谢综合征<sup>[22]</sup>、2 型糖尿病等存在关联,探索两者之间的关系可以更早的对患者进行干预管理,一项横断面研究纳入了 16 772 例 8~19 岁的参与者发现,BRI 与白蛋白尿呈负相关,即 BRI 越高,白蛋白尿的发生率越低,后进行两阶段线性回归分析,发现 BRI 与白蛋白尿之间的关系存在拐点,在拐点左侧,BRI 与白蛋白尿呈负相关;在拐点右

侧, BRI 与白蛋白尿呈正相关<sup>[7]</sup>。我们的研究纳入了成人人群, 补充了 BRI 与一般成人中白蛋白尿增加的关系。共分析了 3 453 例成年体检者 BRI 与尿微量白蛋白水平之间的关系, 发现两者之间呈现非线性关联, 过低或过高均可增加白蛋白尿风险, 为提高 BRI 作为代谢和肾脏疾病预测工具的价值提供证据。在本研究中, 我们观察到 BRI 最低五分位组(Q1 组)与尿微量白蛋白风险之间的关联, 在未调整模型中表现为保护因素, 而在多变量调整后转变为危险因素, 且该关联具有统计学意义。这一逆转现象提示协变量的调整可能揭示了混杂因素的影响。Q1 组人群可能包括体重过低或营养不良的个体, 这些人群在基础特征上往往与其他组存在显著差异。在未调整模型中, 这些混杂因素未被控制, 导致 Q1 组表现为表面上的“保护作用”。而在多因素调整模型中, 随着年龄、性别、吸烟、饮酒、血压、血糖、血脂等潜在混杂因素的纳入, Q1 组的真实风险暴露出来, 从而表现为风险增加。

本研究存在一定的局限性, 首先本研究人群为健康体检人群, 年龄较年轻, 且多为城市居住人口, 选择偏倚不可避免, 故是否能推广其他人群有待进一步验证。其次, 由于本研究为观察性横断面研究, 不能推断出因果关系, 进一步的前瞻性研究以评估 BRI 在白蛋白尿风险的预测能力是有必要的。第三, 我们观察到 BRI 在不同性别中对白蛋白尿的发生效能不同, 该关联男性可见, 女性亚组则无此关联, 这种性别差异可能受多方面因素影响。雌激素等激素对女性肾脏具有一定保护作用, 可能减弱了肥胖对白蛋白尿的影响<sup>[23]</sup>。Sun 等<sup>[5]</sup>的研究中绝大多数女性参与者处于围绝经期或绝经后阶段, 而本研究中女性多为绝经前个体, 且样本量相对较小, 可能导致与其结果存在差异。第四, 在亚组分析中, BMI < 28 kg/m<sup>2</sup> 的亚组中 BRI 明显升高人群白蛋白尿风险更高, 而在 BMI ≥ 28 kg/m<sup>2</sup> 人群中未见显著关联。并且 BMI 与 BRI 的交互作用未达到统计学意义, 提示两者之间没有显著的交互调节作用, 表明内脏脂肪增多而非总体体重的增加危害性更大; 在无高血压、无糖尿病病史的亚组中, BRI 明显升高组的风险均显著增加, 推断内脏脂肪引起危害独立于疾病之外。第五, 个体的生活方式因素和详细的医疗记录的部分缺失可能会影响风险估计并影响结果解释。第六, 本研究因是回顾性分析现有数据, 采用了单次尿微量白蛋白量作为肾早损判定指标, 未能获得多次尿标本、24 h 尿蛋白或尿微量白蛋白/肌酐比值等更为全面的数据, 然而尿微量白蛋白具有简便、易得的优势, 亦能够较早地反映肾脏功能变化、为临床实践提供一定的科学依据。

综上, 在健康体检人群中, BRI 与发生白蛋白尿呈非线性关联, 过低或过高均可增加发生白蛋白尿风险。

## 参 考 文 献

- [1] Cai X, Song S, Hu J, et al. Body roundness index improves the predictive value of cardiovascular disease risk in hypertensive patients with obstructive sleep apnea: a cohort study[J]. Clin Exp Hypertens, 2023, 45(1): 2259132.
- [2] Kim YI, Kim CH, Choi CS, et al. Microalbuminuria is associated with the insulin resistance syndrome independent of hypertension and type 2 diabetes in the Korean population[J]. Diabetes Res Clin Pract, 2001, 52(2): 145-152.
- [3] Castro BBA, Foresto-Neto O, Saraiva-Camara NO, et al. Renal lipotoxicity: insights from experimental models[J]. Clin Exp Pharmacol Physiol, 2021, 48(12): 1579-1588.
- [4] Wang J, Jin X, Chen K, et al. Visceral adiposity index is closely associated with urinary albumin-creatinine ratio in the Chinese population with prediabetes[J]. Diabetes Metab Res Rev, 2021, 37(7): e3424.
- [5] Sun K, Lin D, Li F, et al. Visceral adiposity index is associated with increased urinary albumin excretion: a population-based study[J]. Clin Nutr, 2019, 38(3): 1332-1338.
- [6] Thomas DM, Bredlau C, Bosty-Westphal A, et al. Relationships between body roundness with body fat and visceral adipose tissue emerging from a new geometrical model[J]. Obesity (Silver Spring), 2013, 21(11): 2264-2271.
- [7] Qin X, Wei J, Chen J, et al. Non-linear relationship between body roundness index and albuminuria among children and adolescents aged 8-19 years: a cross-sectional study[J]. PLoS One, 2024, 19(3): e0299509.
- [8] Ajmera V, Loomba R. Imaging biomarkers of NAFLD, NASH, and fibrosis[J]. Mol Metab, 2021, 50: 101167.
- [9] 李明哲, 杜娟, 王晶晶. 身体形态指数 ABSI 和身体圆度指数 BRI 的发展与应用[J]. 现代预防医学, 2022, 49(21): 3968-3973.
- [10] Zhou D, Liu X, Huang Y, et al. A nonlinear association between body roundness index and all-cause mortality and cardiovascular mortality in general population[J]. Public Health Nutr, 2022, 25(11): 3008-3015.
- [11] Ding J, Chen X, Shi Z, et al. Association of body roundness index and its trajectories with all-cause and cardiovascular mortality among a Chinese middle-aged and older population: a retrospective cohort study[J]. Front Public Health, 2023, 11: 1107158.
- [12] 申镇, 郝一凡, 井丽, 等. 辽宁省 40 岁及以上城乡居民身体圆度指数与糖尿病患病关系的研究[J]. 中国慢性病预防与控制, 2023, 31(12): 891-894.
- [13] 严婉铭, 季文, 孙业秀, 等. 苏州市成年人身体形态指数和身体圆度指数与糖尿病的关系研究[J]. 中国实用内科杂志, 2021, 41(5): 401-406.
- [14] Hu X, Li X, Ye N, et al. Association of novel anthropometric indices with prevalence of kidney stone disease: a population-based cross-sectional study[J]. Eur J Med Res, 2024, 29(1): 204.
- [15] Wei C, Zhang G. Association between body roundness index(BRI) and gallstones: results of the 2017-2020 national health and nutrition examination survey (NHANES)[J]. BMC Gastroenterol, 2024, 24(1): 192.
- [16] Zhao E, Wen X, Qiu W, et al. Association between body roundness index and risk of ultrasound-defined non-alcoholic fatty liver disease[J]. Heliyon, 2024, 10(1): e23429.
- [17] Zhang X, Ma N, Lin Q, et al. Body roundness index and all-cause mortality among US adults[J]. JAMA Netw Open, 2024, 7(6): e2415051.
- [18] Fei S, Chen H, Lou Y, et al. Association between body roundness index and chronic kidney disease risk in patients with diabetes: a cross-sectional analysis of NHANES 1999-2018[J]. Diabetes Res Clin Pract, 2025, 225: 112274.
- [19] Zhang Y, Gao W, Ren R, et al. Body roundness index is related to the low estimated glomerular filtration rate in Chinese population: a cross-sectional study[J]. Front Endocrinol, 2023, 14: 1148662.
- [20] Yilmaz Y, Alahdab YO, Yonal O, et al. Microalbuminuria in nondiabetic patients with nonalcoholic fatty liver disease: association with liver fibrosis[J]. Metabolism, 2010, 59(9): 1327-1330.
- [21] Vincent HK, Powers SK, Stewart DJ, et al. Obesity is associated with increased myocardial oxidative stress[J]. Int J Obes Relat Metab Disord, 1999, 23(1): 67-74.
- [22] Gaeini Z, Bahadoran Z, Mirmiran P, et al. Spot urinary microalbumin concentration, metabolic syndrome and type 2 diabetes: Tehran lipid and glucose study[J]. BMC Endocr Disord, 2022, 22(1): 59.
- [23] Tanaka R, Tsutsuim H, Kobuchi S, et al. Protective effect of 17β-estradiol on ischemic acute kidney injury through the renal sympathetic nervous system[J]. Eur J Pharmacol, 2012, 683(1-3): 270-275.

(收稿日期: 2025-01-18)

(本文编辑: 高婷)