

# 健康体检人群心脏代谢指数与 肾结石风险的相关性分析

郑生旗<sup>1</sup>, 王佳龙<sup>1</sup>, 邓泽勋<sup>1</sup>, 沈新宇<sup>1</sup>, 姚曳<sup>2</sup>, 李一帆<sup>1</sup>

1. 扬州大学附属医院泌尿外科, 江苏 扬州 225001; 2. 苏北人民医院泌尿外科

**摘要:**目的 评估心脏代谢指数(cardiomatabolic index, CMI)与肾结石患病风险之间的关联,并分析其在不同人群特征中的作用。方法 采用横断面研究设计,纳入 76 624 名成年人的健康体检数据。通过多因素 logistic 回归模型评估 CMI 与肾结石风险的关联,并进行分层分析以探讨不同人群特征的影响。利用分段线性回归模型分析 CMI 与肾结石风险的非线性关系。结果 CMI 水平与肾结石患病率呈正相关,患病率从最低三分位组的 4.33% 上升至最高组的 9.94% ( $P < 0.001$ )。即使在调整混杂因素后,CMI 仍与肾结石风险显著相关( $OR = 1.15$ , 95%  $CI = 1.10 \sim 1.20$ ,  $P < 0.001$ )。分层分析显示,CMI 对肾结石风险的影响在  $\geq 60$  岁人群( $OR = 1.19$ , 95%  $CI = 1.08 \sim 1.32$ ,  $P < 0.001$ )和男性( $OR = 1.16$ , 95%  $CI = 1.10 \sim 1.21$ ,  $P < 0.001$ )中更为显著,而在女性中未发现显著性( $OR = 1.11$ , 95%  $CI = 0.96 \sim 1.28$ ,  $P = 0.157$ )。CMI 与肾结石风险呈现非线性关系,CMI  $< 0.73$  时风险显著增加( $OR = 1.15$ , 95%  $CI = 1.10 \sim 1.20$ ,  $P < 0.001$ ),而 CMI  $\geq 0.73$  时风险增加趋势减缓( $OR = 1.09$ , 95%  $CI = 1.03 \sim 1.15$ ,  $P = 0.002$ )。结论 CMI 升高与肾结石风险显著相关,且呈现非线性阈值效应。作为反映代谢负担的综合指标,CMI 可用于肾结石高风险人群的筛查与干预。

**关键词:**肾结石;心脏代谢指数;腹部肥胖;胰岛素抵抗

中图分类号:R692.4 文献标志码:A 文章编号:1003-8507(2025)02-198-06

DOI:10.20043/j.cnki.MPM.202410246

## Association between cardiometabolic index and risk of kidney stones in a health screening population

ZHENG Sheng - qi\*, WANG Jia - long, DENG Ze - xun, SHEN Xin - yu, YAO Ye, LI Yi - fan

\* Department of Urology, Affiliated Hospital of Yangzhou University, Yangzhou, Jiangsu 225001, China

**Abstract: Objective** To assess the association between the cardiometabolic index (CMI) and the risk of kidney stone prevalence, and to analyze its role across different population subgroups. **Methods** This cross-sectional study included health examination data from 76 624 adults. The association between CMI and the risk of kidney stones was evaluated using multivariable logistic regression models. Stratified analyses were conducted to explore the effect of different population characteristics. A piecewise linear regression model was used to assess the nonlinear relationship between CMI and kidney stone risk. **Results** CMI levels were positively associated with the prevalence of kidney stones, with the prevalence increasing from 4.33% in the lowest tertile to 9.94% in the highest tertile ( $P < 0.001$ ). Even after adjusting for potential confounders, CMI remained significantly associated with an increased risk of kidney stones ( $OR = 1.15$ , 95%  $CI = 1.10 - 1.20$ ,  $P < 0.001$ ). Stratified analyses showed that the effect of CMI on kidney stone risk was more pronounced in individuals aged  $\geq 60$  years ( $OR = 1.19$ , 95%  $CI = 1.08 - 1.32$ ,  $P < 0.001$ ) and in males ( $OR = 1.16$ , 95%  $CI = 1.10 - 1.21$ ,  $P < 0.001$ ), while no significant association was found in females ( $OR = 1.11$ , 95%  $CI = 0.96 - 1.28$ ,  $P = 0.157$ ). A nonlinear relationship was observed between CMI and kidney stone risk. Risk significantly increased when CMI was  $< 0.73$  ( $OR = 1.15$ , 95%  $CI = 1.10 - 1.20$ ,  $P < 0.001$ ), while the risk plateaued for CMI  $\geq 0.73$  ( $OR = 1.09$ , 95%  $CI = 1.03 - 1.15$ ,  $P = 0.002$ ). **Conclusion** Elevated CMI is significantly associated with a higher risk of kidney stones, demonstrating a nonlinear threshold effect. As a comprehensive marker reflecting metabolic burden, CMI may be useful for screening and targeting interventions in high-risk populations for kidney stones.

**Keywords:** Kidney stone; Cardiometabolic index; Abdominal obesity; Insulin resistance

基金项目:国家自然科学基金(82002675)

作者简介:郑生旗(1997—),男,硕士,研究方向:泌尿系结石的发生发展机制

通信作者:姚曳和李一帆为共同通信作者;姚曳,E-mail:821301725@qq.com;李一帆,E-mail:yfli@bjmu.edu.cn

随着现代社会生活方式和饮食习惯的变化,肾结石的发病率显著上升,成为全球公共卫生领域的一大挑战<sup>[1]</sup>。除了引起剧烈疼痛外,肾结石还可能引发尿路感染和肾功能受损等并发症,严重影响患者的生活质量<sup>[2]</sup>。尽管研究人员已广泛研究肾结石的成因,但其具体的形成机制尚未完全明了。除了遗传因素和饮食习惯,代谢异常也被认为是影响肾结石形成的重要因素<sup>[3]</sup>。研究表明,高血压、糖尿病、肥胖和血脂异常等代谢综合征的组成部分与肾结石的发生密切相关<sup>[4-5]</sup>,提示肾结石可能不仅是泌尿系统的局部问题,而是全身性代谢紊乱的反映。心脏代谢指数(cardiometabolic index, CMI),作为一种新兴的综合性指标,通过整合腰围、身高、甘油三酯和高密度脂蛋白胆固醇,为评估心血管和代谢疾病风险提供了新的视角<sup>[6]</sup>。值得注意的是,CMI与胰岛素抵抗密切相关<sup>[7]</sup>,而胰岛素抵抗不仅是代谢综合征的核心成分之一,也是肾结石形成的重要风险因素<sup>[8]</sup>。探讨CMI与肾结石之间的关系,对于阐明肾结石的潜在机制、优化其预防和治疗策略具有重要意义。本研究基于大规模健康体检数据,采用横断面设计,分析CMI与肾结石的关联,以期为肾结石的早期识别和预防提供理论依据。

## 1 资料与方法

**1.1 研究对象** 本项研究基于2022年度在扬州大学附属医院健康管理中心接受全面健康体检的成年人。参与者的纳入标准为年满18周岁且完成了健康筛查项目(111 428人)。排除标准包括:未进行肾脏超声检查的个体(14 523人)、未进行甘油三酯或高密度脂蛋白胆固醇检测的个体(8 364人)以及协变量数据不全的个体(11 143人)。在初步筛选的基础上,进一步排除了CMI高于人群分布99%分位数的个体(774人),以减少极端值对研究结果的潜在影响。经过筛选,共有76 624名符合条件的受试者被纳入最终分析。

**1.2 数据采集** 由经过培训的专业人员负责收集参与者的详尽资料并进行体格检查,涵盖年龄、性别、既往病史等人口统计学特征。体格检查项目包括身高、体质量和腰围测量,并计算体质指数(body mass index, BMI)。所有参与者在空腹12小时后采集血液样本,样本统一使用全自动生化分析仪进行检测,测定指标包括空腹血糖(fasting blood glucose, FBG)、总胆固醇(total cholesterol, TC)、甘油三酯(triglycerides, TG)、高密度脂蛋白胆固醇(high-density lipoprotein cholesterol, HDL-C)、低密度脂蛋白胆固醇(low-density lipoprotein cholesterol, LDL-

C)、肌酐(creatinine, Cr)、血清尿酸(serum uric acid, SU)。肾结石的超声诊断由经验丰富的超声医师执行,采用美国通用电气公司的LOGIQ E9彩色多普勒超声诊断仪,使用腹部凸阵探头,频率设定在3.5至5.0 MHz。

**1.3 疾病定义** 高血压定义为收缩压 $\geq 140$  mmHg和/或舒张压 $\geq 90$  mmHg,或根据参与者提供的既往诊断记录以及当前使用抗高血压药物的情况来确定。糖尿病的定义基于以下条件之一:既往明确诊断的糖尿病、空腹血糖 $\geq 7.0$  mmol/L或正在接受降糖治疗(包括口服药物或胰岛素治疗)。根据中国成人标准,BMI $\geq 24$  kg/m<sup>2</sup>定义为超重,BMI $\geq 28$  kg/m<sup>2</sup>定义为肥胖。肾结石的超声诊断基于对肾和泌尿系统结构异常的检测,主要依据为在肾区域发现强回声团、伴声影。CMI的计算公式为
$$CMI = \frac{TG(\text{mmol/L})}{HDL - (\text{mmol/L})} \times \frac{\text{腰围}(\text{cm})}{\text{身高}(\text{cm})}$$
。按照三分位数法将CMI分为T1(CMI < 0.377)、T2(CMI 0.377 ~ 0.774)、T3(CMI > 0.774)。

**1.4 统计分析** 数据分析使用R语言软件(版本4.2.0)进行。分类变量采用卡方检验,正态分布的连续变量采用单因素方差分析,偏态分布的连续变量采用Kruskal-Wallis H检验,以评估不同CMI指数组间的差异。构建三种不同的回归模型进行分析CMI与肾结石发生风险之间的独立关联性。此外,为了控制混杂因素,将方差膨胀因子小于5且显著关联的协变量纳入最终模型。模型1未进行协变量调整;模型2对性别、年龄、高血压和糖尿病进行了调整;模型3进一步对BMI、LDL-C、SU和Cr进行了调整。在亚组分析中,根据性别、年龄、高血压、糖尿病和BMI进行分层多元回归分析。采用分段线性回归模型结合平滑曲线拟合分析CMI与肾结石风险的非线性关系。递归算法确定折点,构建分段模型。对数似然比检验评估模型拟合度,比较非线性与传统线性模型。检验水准 $\alpha = 0.05$ ,双侧检验。

**1.5 伦理声明** 本研究已获得扬州大学附属医院伦理委员会的批准(批准号:2023-YKL01-课13),并严格遵循《赫尔辛基宣言》对人类研究的伦理准则。鉴于本研究为回顾性分析且所有数据均已去标识化,伦理委员会特此免除了获取个体知情同意的要求。

## 2 结果

**2.1 研究人群的基线特征** 基线特征分析显示,不同CMI三分位组间的人群特征存在显著差异,见表1。随着CMI三分位数的增加,肾结石的患病率显著升高,从T1组的4.33%增加到T3组的9.94%( $P < 0.001$ )。同样,糖尿病和高血压的患病率也随CMI

升高而增加,分别从 3.48% 上升至 13.98% ( $P < 0.001$ )和 18.92% 上升至 50.34% ( $P < 0.001$ )。此外,随着 CMI 的增加,受试者的平均年龄、BMI、WC、FBG、TC、TG、LDL - C、Cr 和 SU 等代谢指标显著升

高,而 HDL - C 则显著降低。性别分布方面,女性比例随着 CMI 的增加显著降低,从 T1 组的 63.82% 下降至 T3 组的 20.63%,而男性比例则从 36.18% 增加到 79.37% ( $P < 0.001$ )。

表 1 不同心脏代谢指数受试者的一般临床资料比较

Table 1 Baseline characteristics of the study population by CMI tertiles

变量	CMI 三等分			P 值
	T1	T2	T3	
人数	25 541	25 541	25 542	
年龄(岁)	44.26 ± 14.62	49.53 ± 14.84	49.42 ± 13.61	<0.001
性别				<0.001
男	9 242(36.18)	15 843(62.03)	20 272(79.37)	
女	16 299(63.82)	9 698(37.97)	5 270(20.63)	
肾结石				<0.001
是	1 105(4.33)	1 775(6.95)	2 540(9.94)	
否	24 436(95.67)	23 766(93.05)	23 002(90.06)	
糖尿病				<0.001
是	890(3.48)	2131(8.34)	3 572(13.98)	
否	24 651(96.52)	23 410(91.66)	21 970(86.02)	
高血压				<0.001
是	4 832(18.92)	9 534(37.33)	12 858(50.34)	
否	20 709(81.08)	16 007(62.67)	12 684(49.66)	
腰围(cm)	77.02 ± 7.54	84.64 ± 7.95	90.04 ± 8.41	<0.001
身高(cm)	166.59 ± 7.76	168.60 ± 8.36	170.58 ± 8.00	<0.001
BMI(kg/m <sup>2</sup> )	21.97 ± 2.69	24.48 ± 3.00	26.40 ± 3.30	<0.001
FBG(mmol/L)	5.18 ± 0.86	5.51 ± 1.20	5.88 ± 1.66	<0.001
TC(mmol/L)	4.64 ± 0.86	4.88 ± 0.92	5.03 ± 0.93	<0.001
TG(mmol/L)	0.81 ± 0.22	1.40 ± 0.31	2.72 ± 1.04	<0.001
HDL - C(mmol/L)	1.57 ± 0.27	1.28 ± 0.21	1.05 ± 0.18	<0.001
LDL - C(mmol/L)	2.56 ± 0.69	2.92 ± 0.74	2.86 ± 0.77	<0.001
Cr(μmol/L)	61.34 ± 16.10	67.77 ± 21.75	71.91 ± 23.02	<0.001
SU(μmol/L)	296.19 ± 74.31	345.71 ± 82.27	391.37 ± 88.64	<0.001

注:分类变量用  $n(\%)$  表示,连续性变量用平均值 ± 标准差表示。BMI 为身体质量指数;WC 为腰围;FBG 为空腹血糖;TC 为总胆固醇;TG 为甘油三酯;HDL - C 为高密度脂蛋白胆固醇;LDL - C 为低密度脂蛋白胆固醇;Cr 为肌酐;SU 为血清尿酸。

## 2.2 较高的心脏代谢指数与肾结石风险的增加相关

多因素 logistic 回归分析显示,CMI 与肾结石风险呈显著的正相关关系,见表 2。在未调整协变量的模型 1 中,每增加一个单位的 CMI,肾结石风险增加 52% ( $OR = 1.52, 95\% CI = 1.47 \sim 1.58, P < 0.001$ )。在模型 2 中,调整了年龄、性别、糖尿病和高血压等潜在混杂因素后,CMI 与肾结石风险的关联性略有减弱,但依然显著 ( $OR = 1.26, 95\% CI = 1.21 \sim 1.31, P < 0.001$ )。在模型 3 中,进一步控制了 BMI、LDL -

C、SU 和 Cr 后,CMI 与肾结石风险的正相关性仍保持稳健 ( $OR = 1.15, 95\% CI = 1.10 \sim 1.20, P < 0.001$ )。此外,与 CMI 最低三分位数组相比,在最终模型中,中等和高 CMI 三分位数组的肾结石风险分别增加了 12% ( $OR = 1.12, 95\% CI = 1.03 \sim 1.21, P = 0.008$ )和 29% ( $OR = 1.29, 95\% CI = 1.18 \sim 1.41, P < 0.001$ ),且风险随 CMI 水平的增加呈现显著的线性趋势 ( $P_{趋势} < 0.001$ )。

表 2 心脏代谢指数与肾结石风险的关联分析

Table 2 Association between CMI and risk of nephrolithiasis

指标	模型 1		模型 2		模型 3	
	OR 值(95% CI)	P 值	OR 值(95% CI)	P 值	OR 值(95% CI)	P 值
CMI(连续变量)	1.52(1.47 ~ 1.58)	<0.001	1.26(1.21 ~ 1.31)	<0.001	1.15(1.10 ~ 1.20)	<0.001
CMI 三分位						
T1	1.00		1.00		1.00	

(续表)

指标	模型 1		模型 2		模型 3	
	OR 值(95% CI)	P 值	OR 值(95% CI)	P 值	OR 值(95% CI)	P 值
T2	1.66(1.54 ~ 1.79)	<0.001	1.26(1.16 ~ 1.36)	<0.001	1.12(1.03 ~ 1.21)	0.008
T3	2.47(2.29 ~ 2.65)	<0.001	1.58(1.46 ~ 1.71)	<0.001	1.29(1.18 ~ 1.41)	<0.001
<i>P</i> <sub>趋势</sub>	<0.001		<0.001		<0.001	

注:模型一未调整变量;模型二对性别、年龄、高血压和糖尿病进行了调整;模型三进一步对身体质量指数、低密度脂蛋白胆固醇、血清尿酸和肌酐进行了调整。

**2.3 心脏代谢指数与肾结石风险的亚组分析** 分层分析显示,CMI 与肾结石风险的正相关性在各亚组中均显著,但关联强度在不同亚组间存在差异,见表 3。在年龄分层中,CMI 对肾结石风险的影响在 ≥60 岁人群中最为显著(*OR* = 1.19, 95% *CI* = 1.08 ~ 1.32, *P* < 0.001),而在 40 岁以下人群中风险增加 16% (*OR* = 1.16, 95% *CI* = 1.06 ~ 1.26, *P* = 0.001),40 至 60 岁人群中风险增加 8% (*OR* = 1.08, 95% *CI* = 1.02 ~ 1.15, *P* = 0.010)。性别亚组分析中,男性中 CMI 与肾结石风险显著相关(*OR* = 1.16, 95% *CI* = 1.10 ~ 1.21, *P* < 0.001),而女性组中的关联未达到统计学显著性(*OR* = 1.11, 95% *CI* = 0.96 ~ 1.28, *P* = 0.157)。无论是否患有高血压或糖尿病,CMI 与肾结石风险的正相关性均显著,且在糖尿病患者中关联性更强(*OR* = 1.22, 95% *CI* = 1.10 ~ 1.35, *P* < 0.001)。在不同 BMI 分类中,CMI 与肾结石的关联在正常体重和超重组中显著,而在肥胖组中则较弱(*OR* = 1.07, 95% *CI* = 0.99 ~ 1.16, *P* = 0.084)。值得注意的是,所有亚组间未发现 CMI 与肾结石风险交互作用的统计学意义。

表 3 CMI 和肾结石关联的分层分析

Table 3 Stratified analysis of the association between CMI and kidney stone

变量	OR 值(95% CI)	P 值	<i>P</i> <sub>交互作用</sub> 值
年龄(岁)			0.455
<40	1.16(1.06 ~ 1.26)	0.001	
40 ~ <60	1.08(1.02 ~ 1.15)	0.01	
≥60	1.19(1.08 ~ 1.32)	<0.001	
高血压			0.841
是	1.12(1.06 ~ 1.19)	<0.001	
否	1.15(1.08 ~ 1.23)	<0.001	
性别			0.123
男	1.16(1.10 ~ 1.21)	<0.001	
女	1.11(0.96 ~ 1.28)	0.157	
糖尿病			0.149

表 4 CMI 与肾结石风险的阈值效应分析

Table 4 Threshold effect analysis of the association between CMI and risk of kidney stone

CMI	ULR 检验		PLR 检验		LRT
	OR 值(95% CI)	P 值	OR 值(95% CI)	P 值	P 值
<0.73	1.15(1.10 ~ 1.20)	<0.001	1.62(1.34 ~ 1.95)	<0.001	<0.001
≥0.73			1.09(1.03 ~ 1.15)	0.002	

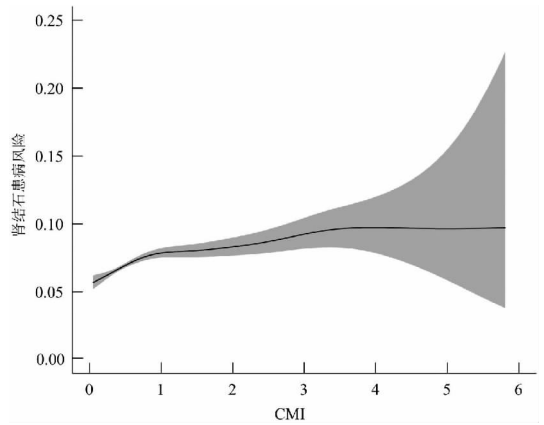
注:ULR 为单变量线性回归;PLR 为分段线性回归;LRT 为对数似然比检验。

(续表)

变量	OR 值(95% CI)	P 值	<i>P</i> <sub>交互作用</sub> 值
是	1.22(1.10 ~ 1.35)	<0.001	
否	1.13(1.07 ~ 1.18)	<0.001	
BMI 分类			0.106
正常	1.22(1.11 ~ 1.35)	<0.001	
超重	1.19(1.12 ~ 1.26)	<0.001	
肥胖	1.07(0.99 ~ 1.16)	0.084	

注:亚组分析的结果已针对模型三中的所有协变量进行了调整,但不包括分层变量本身的调整。

**2.4 心脏代谢指数与肾结石风险的非线性关系** 进一步分析揭示,CMI 与肾结石风险之间存在显著的非线性关系,见图 1。在 CMI 小于 0.73 时,CMI 与肾结石风险显著相关(*OR* = 1.15, 95% *CI* = 1.10 ~ 1.20, *P* < 0.001),而当 CMI 达到或超过 0.73 时,相关性减弱(*OR* = 1.09, 95% *CI* = 1.03 ~ 1.15, *P* = 0.002),见表 4。对数似然比检验也支持这一阈值效应的显著性(*P* < 0.001)。



注:图中中间的实线是拟合线,阴影部分是 95% 可信区间。

图 1 心脏代谢指数与肾结石患病风险的平滑曲线拟合

Fig. 1 Smooth curve fitting of cardiometabolic index and kidney stone risk

### 3 讨论

本研究涵盖 76 624 名成年人的健康检查数据,结果显示 CMI 升高与肾结石患病率增加显著相关。即使在调整年龄、性别、糖尿病、高血压及 BMI 等潜在混杂因素后,CMI 与肾结石风险的正相关性仍然稳健。分层分析表明,不同年龄、性别及代谢状态下,CMI 对肾结石风险的影响具有一致性。而分段线性回归模型揭示了 CMI 与肾结石风险之间的非线性关系,提示 CMI 在临床应用中可能存在一个关键的风险拐点,有助于优化个体化的干预策略。

CMI 是一种结合腹部肥胖与血脂代谢异常的综合指标,近年来在代谢性疾病风险预测中得到了广泛应用。已有研究表明,CMI 升高与心血管事件(如高血压和动脉粥样硬化)的独立风险增加密切相关<sup>[9-10]</sup>。在糖尿病研究中,CMI 被证明能够有效评估糖尿病的发生风险,并对血糖控制效果具有预测作用<sup>[11]</sup>。此外,CMI 还与多种代谢性疾病(如高尿酸血症和代谢相关脂肪性肝病)显著关联<sup>[12-13]</sup>。这些研究凸显了 CMI 作为整合性代谢异常指标的临床应用潜力,能够全面反映个体的代谢负担。

与既往研究相一致,代谢综合征及其相关的代谢风险因素(如肥胖、高血压、糖尿病和血脂异常)被认为与肾结石的形成密切相关<sup>[14]</sup>。本研究的结果不仅支持这一观点,进一步强调了 CMI 作为综合代谢风险指标在预测肾结石风险中的作用。CMI 通过整合腰围和血脂,反映个体的代谢负担和脂肪分布,更全面揭示代谢紊乱对肾结石形成的影响。分层分析结果显示,尽管 CMI 与肾结石风险的关联在不同人群中保持一致,但各亚组间的关联强度有所差异。年龄分层分析显示,CMI 对  $\geq 60$  岁人群的肾结石风险影响更显著,可能与老年人代谢功能下降和肾脏易受损有关<sup>[15]</sup>。此外,性别分析显示,CMI 与肾结石风险在男性中关联更强,而在女性中未达显著性,可能与男性更高的肾结石和代谢综合征患病率相关<sup>[16]</sup>。糖尿病患者中,CMI 与肾结石风险的关联更为显著,提示糖尿病引发的代谢紊乱可能通过多种机制进一步增加肾结石风险<sup>[5]</sup>。BMI 分层分析显示,CMI 在正常体重和超重个体中与肾结石风险的关联显著,而在肥胖人群中较弱,可能由于肥胖者的肾结石风险受到其他因素(如炎症或代谢性并发症)影响较大,削弱了 CMI 的作用<sup>[17]</sup>。

CMI 与肾结石风险的关联可能涉及多种复杂的生物学机制。首先,CMI 反映了腹部脂肪堆积及血脂代谢异常,这些因素与肾结石形成密切相关。高 CMI 通常伴随高甘油三酯和低高密度脂蛋白胆固醇水平,

这种血脂异常状态可能通过增加尿液中钙、草酸和尿酸的排泄,从而提高结石形成的风险<sup>[18]</sup>。腹部肥胖与胰岛素抵抗密切相关,后者可通过促进肾小管对钙、钠和尿酸的重吸收,改变尿液成分,进而提高结石形成的可能性<sup>[8]</sup>。其次,CMI 升高反映了系统性炎症的增加<sup>[19]</sup>。腹部脂肪组织分泌的炎性因子,如肿瘤坏死因子  $\alpha$  和白细胞介素 -6,不仅可损伤肾小管细胞,还可改变尿液化学成分,进一步促进结石的形成<sup>[20]</sup>。慢性低度炎症还可能加剧肾脏氧化应激,导致尿液酸碱平衡失调,并增加钙盐沉淀的可能性<sup>[21]</sup>。此外,CMI 与肾结石风险的关联可能通过代谢异常导致的尿酸水平升高来解释。研究表明,CMI 升高与血清尿酸水平显著相关<sup>[12,22]</sup>,高尿酸水平不仅通过促进尿液中钙和草酸盐的沉积增加结石形成的风险,还可能通过降低尿液 pH 值,增强尿酸盐结晶的生成<sup>[23]</sup>。

本研究首次系统地探讨了 CMI 与肾结石风险的关联,结果表明 CMI 可以作为识别高风险个体的有效指标。此外,分段线性回归模型提示临床上应重点关注 CMI 在 0.73 以上的高风险人群,以实施更有针对性的干预策略。尽管本研究为 CMI 与肾结石风险的关系提供了新的见解,仍存在一定局限性。首先,作为单中心的横断面研究,样本代表性和选择偏倚问题可能影响结果的广泛适用性,且因果关系的推断有限。尽管调整了多种混杂因素,仍可能存在未充分考虑的变量,如饮食习惯、家族史和生活方式等。此外,肾结石的形成受多种因素影响,本研究未涵盖所有潜在的致病因素。因此,未来需要进行多中心、大规模的前瞻性研究,以进一步验证 CMI 与肾结石风险的关联及其潜在的生物学机制。

综上所述,CMI 升高与肾结石风险显著相关,并呈现非线性阈值效应。作为整合多种代谢异常的综合指标,CMI 在肾结石风险预测中展现了较高的效用,尤其在老年人和男性中。CMI 在肾结石高风险人群的筛查和个体化预防策略中具有重要的应用潜力。**利益冲突声明** 本研究不存在任何利益冲突

#### 参考文献

- [1] Tundo G, Vollstedt A, Meeks W, et al. Beyond prevalence: annual cumulative incidence of kidney stones in the United States [J]. *The Journal of Urology*, 2021, 205(6): 1704 - 1709.
- [2] Brain E, Geraghty RM, Cook P, et al. Risk of UTI in kidney stone formers: a matched - cohort study over a median follow - up of 19 years [J]. *World Journal of Urology*, 2021, 39(8): 3095 - 3101.
- [3] Xu ZZ, Yao XY, Duan C, et al. Metabolic changes in kidney stone disease [J]. *Frontiers in Immunology*, 2023, 14: 1142207.
- [4] Hung JA, Li CH, Geng JH, et al. Dyslipidemia increases the risk of incident kidney stone disease in a large taiwanese population Follow - Up study [J]. *Nutrients*, 2022, 14(7): 1339.

- systematic review and meta-analysis[J]. *The Lancet*, 2019, 394(10194): 240-248.
- [7] GBD 2021 Diseases and Injuries Collaborators. Global incidence, prevalence, years lived with disability (YLDs), disability-adjusted life-years (DALYs), and healthy life expectancy (HALE) for 371 diseases and injuries in 204 countries and territories and 811 subnational locations, 1990-2021: a systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2021[J]. *Lancet*, 2024, 403(10440): 2133-2161.
- [8] Kuehner C. Why is depression more common among women than among men? [J]. *The Lancet. Psychiatry*, 2017, 4(2): 146-158.
- [9] Ryan J, Carrière I, Ritchie K, et al. Involvement of GPR50 polymorphisms in depression: Independent replication in a prospective elderly cohort[J]. *Brain and Behavior*, 2015, 5(3): e00313.
- [10] Brummelte S, Galea LAM. Postpartum depression: Etiology, treatment and Consequences for maternal care[J]. *Hormones and Behavior*, 2016, 77: 153-166.
- [11] Kroska EB, Stowe ZN. Postpartum depression: identification and treatment in the clinic setting [J]. *Obstetrics and Gynecology Clinics of North America*, 2020, 47(3): 409-419.
- [12] Shorey S, Ng ED, Wong CHJ. Global prevalence of depression and elevated depressive symptoms among adolescents: A systematic review and meta-analysis [J]. *The British Journal of Clinical Psychology / the British Psychological Society*, 2022, 61(2): 287-305.
- [13] Maier A, Riedel-Heller SG, Pabst A, et al. Risk factors and protective factors of depression in older people 65+. A systematic review[J]. *PLOS One*, 2021, 16(5): e0251326.
- [14] Yoshikawa E, Taniguchi T, Nakamura-Taira N, et al. Factors associated with unwillingness to seek professional help for depression: a web-based survey [J]. *BMC Research Notes*, 2017, 10(1): 673.
- [15] Ao MQ, Xia L, Wang XQ, et al. Help-Seeking intentions for depression from mental health professionals among Community-Dwelling persons in central China[J]. *Administration and Policy in Mental Health*, 2023, 50(6): 901-911.
- [16] The Lancet. Population ageing in China: crisis or opportunity? [J]. *Lancet*, 2022, 400(10366): 1821.
- [17] Jiang QB, Feng QS. Editorial: aging and health in China [J]. *Frontiers in Public Health*, 2022, 10: 998769.

收稿日期:2024-08-16

## (上接第 202 页)

- [5] Yuan S, Larsson SC. Assessing causal associations of obesity and diabetes with kidney stones using Mendelian randomization analysis [J]. *Molecular Genetics and Metabolism*, 2021, 134(1/2): 212-215.
- [6] Qiu YW, Yi Q, Li ST, et al. Transition of cardiometabolic status and the risk of type 2 diabetes mellitus among middle-aged and older Chinese: A National cohort study [J]. *Journal of Diabetes Investigation*, 2022, 13(8): 1426-1437.
- [7] Wu LM, Xu J. Relationship between cardiometabolic index and insulin resistance in patients with type 2 diabetes [J]. *Diabetes, Metabolic Syndrome and Obesity: Targets and Therapy*, 2024, 17: 305-315.
- [8] Kim S, Chang Y, Jung HS, et al. Glycemic status, insulin resistance, and the risk of nephrolithiasis: a cohort study [J]. *American Journal of Kidney Diseases*, 2020, 76(5): 658-668. e1.
- [9] Wang HY, Chen YT, Sun GZ, et al. Validity of cardiometabolic index, lipid accumulation product, and body adiposity index in predicting the risk of hypertension in Chinese population [J]. *Postgraduate Medicine*, 2018, 130(3): 325-333.
- [10] Wakabayashi I, Sotoda Y, Hirooka S, et al. Association between cardiometabolic index and atherosclerotic progression in patients with peripheral arterial disease [J]. *Clinica Chimica Acta*, 2015, 446: 231-236.
- [11] Song J, Li Y, Zhu J, et al. Non-linear associations of cardiometabolic index with insulin resistance, impaired fasting glucose, and type 2 diabetes among US adults: a cross-sectional study [J]. *Frontiers in Endocrinology*, 2024, 15: 1341828.
- [12] Li Y, Zeng L. Comparison of seven anthropometric indexes to predict hypertension plus hyperuricemia among U. S. adults [J]. *Frontiers in Endocrinology*, 2024, 15: 1301543.
- [13] Duan SJ, Yang DS, Xia H, et al. Cardiometabolic index: A new predictor for metabolic associated fatty liver disease in Chinese adults [J]. *Frontiers in Endocrinology*, 2022, 13: 1004855.
- [14] Soligo M, Morlacco A, Zattoni F, et al. Metabolic syndrome and stone disease [J]. *Panminerva Medica*, 2022, 64(3): 344-358.
- [15] Wang LM, Xu X, Zhang M, et al. Prevalence of chronic kidney disease in China: results from the sixth China chronic disease and risk factor surveillance [J]. *JAMA Internal Medicine*, 2023, 183(4): 298-310.
- [16] Xu JZ, Li C, Xia QD, et al. Sex disparities and the risk of urolithiasis: a large cross-sectional study [J]. *Annals of Medicine*, 2022, 54(1): 1627-1635.
- [17] Emami E, Heidari-Soureshjani S, Oroojeni mohammadjavad A, et al. Obesity and the risk of developing kidney stones: a systematic review and meta-analysis [J]. *Iranian Journal of Kidney Diseases*, 2023, 1(2): 63-72.
- [18] Ding Q, Ouyang J, Fan B, et al. Association between Dyslipidemia and Nephrolithiasis Risk in a Chinese Population [J]. *Urologia Internationalis*, 2019, 103(2): 156-165.
- [19] Carvalho RL, Brito TRP, Amaral JB, et al. Unraveling the interaction between inflammation and the cardiometabolic index in older men: a pilot study [J]. *Nutrients*, 2024, 16(15): 2529.
- [20] Capolongo G, Ferraro PM, Unwin R. Inflammation and kidney stones: cause and effect? [J]. *Current Opinion in Urology*, 2023, 33(2): 129-135.
- [21] Khan SR, Canales BK, Dominguez-Gutierrez PR. Randall's plaque and Calcium oxalate stone formation: role for immunity and inflammation [J]. *Nature Reviews Nephrology*, 2021, 17(6): 417-433.
- [22] 吴申燕, 张宇馨, 陈成, 等. 贵州省少数民族心脏代谢指数与高尿酸血症的关联性研究 [J]. *现代预防医学*, 2024, 51(16): 2887-2891, 2917.
- [23] Wu SY, Zhang YX, Chen C, et al. Association between cardiometabolic index and hyperuricemia in ethnic minorities, Guizhou [J]. *Modern Preventive Medicine*, 2024, 51(16): 2887-2891, 2917. (In Chinese)
- [23] Deng HY, Zhang XH, Cheng N, et al. Asymptomatic hyperuricemia associated with increased risk of nephrolithiasis: a cross-sectional study [J]. *BMC Public Health*, 2023, 23(1): 1525.

收稿日期:2024-10-17