

## 24 h 尿液代谢联合肾功能检测在上尿路尿酸 结石诊断中的价值\*

沈新宇<sup>1</sup> 黄玉华<sup>1</sup> 尤佳楠<sup>1</sup> 苏赛<sup>1</sup> 袁和兴<sup>1</sup> 陈长<sup>1</sup> 陈创<sup>1</sup> 丁翔<sup>1</sup>

**[摘要]** 目的:探讨 24 h 尿液代谢评估联合肾功能指标在上尿路尿酸结石诊断中的价值。方法:回顾性分析 2019 年 2 月—2022 年 1 月我院 495 例上尿路结石患者的临床资料,根据术后结石成分分析结果分为尿酸结石组(43 例)与非尿酸结石组(452 例),比较两组间的临床指标差异。应用 ROC 曲线确定不同指标的最佳截断值并进行分组,通过单因素及多因素 logistic 回归分析上尿路尿酸结石形成的独立危险因素。结果:尿酸结石组与非尿酸结石组年龄、血尿素、肌酐、尿酸、尿 pH、24 h 尿枸橼酸、24 h 尿钙以及 BMI $\geq$ 25 kg/m<sup>2</sup>、高血压、高血糖、高血脂比例均差异有统计学意义(均  $P < 0.05$ )。logistic 回归分析结果显示,年龄 $\geq$ 49.5 岁(OR = 2.767, 95%CI: 1.026~7.463)、高血糖(OR = 3.362, 95%CI: 1.216~8.750)、血肌酐 $\geq$ 92.4  $\mu$ mol/L(OR = 3.462, 95%CI: 1.366~8.776)、血尿酸 $\geq$ 443.6  $\mu$ mol/L(OR = 2.564, 95%CI: 1.093~6.018)、尿 pH $\leq$ 5.7(OR = 7.586, 95%CI: 3.158~18.226)、尿钙 $\leq$ 3.15 mmol/24 h(OR = 3.753, 95%CI: 1.439~9.787)是上尿路尿酸结石的独立危险因素。结论:年龄、高血糖、血肌酐、血尿酸、尿 pH 及 24 h 尿钙是上尿路尿酸结石形成的危险因素,可作为上尿路尿酸结石诊疗的临床依据。

**[关键词]** 尿酸结石;上尿路结石;肾功能;24 h 尿液代谢

**DOI:**10.13201/j.issn.1001-1420.2022.11.012

**[中图分类号]** R693 **[文献标志码]** A

## The value of 24 h urine metabolic assessment combined with renal function in the diagnosis of upper urinary tract uric acid stones

SHEN Xinyu HUANG Yuhua YOU Jia'nan SU Sai YUAN Hexing  
CHEN Zhang CHEN Chuang DING Xiang

(Department of Urology, First Affiliated Hospital of Soochow University, Suzhou, Jiangsu, 215006, China)

Corresponding author: DING Xiang, E-mail: yuyang737@suda.edu.cn

**Abstract Objective:** To explore the value of 24 h urine metabolic assessment combined with renal function indexes in the diagnosis of uric acid stones in the upper urinary tract. **Methods:** The clinical data of 495 patients with upper urinary tract stones in our hospital from February 2019 to January 2022 were retrospectively analyzed. According to the results of stone composition analysis after surgery, they were divided into uric acid stone group( $n = 43$ ) and non uric acid stone group( $n = 452$ ), the differences of clinical indexes between the two groups were compared. Receiver operating characteristic(ROC) curve was performed on these indexes to obtain the cut-off value and the patients were grouped according to it. The independent risk factors of upper urinary tract uric acid stone were analyzed by univariate and multivariate logistic regression. **Results:** The differences in age, blood urea, serum creatinine, blood uric acid, urine pH, 24 h urinary citrate, 24 h urinary calcium, BMI $\geq$ 25 kg/m<sup>2</sup>, hypertension, hyperglycemia and hyperlipidemia between the two groups were statistically significant(all  $P < 0.05$ ). Logistic regression analysis showed that age $\geq$ 49.5 years old(OR = 2.767, 95%CI: 1.026~7.463), hyperglycemia(OR = 3.362, 95%CI: 1.216~8.750), serum creatinine $\geq$ 92.4  $\mu$ mol/L(OR = 3.462, 95%CI: 1.366~8.776), blood uric acid $\geq$ 443.6  $\mu$ mol/L(OR = 2.564, 95%CI: 1.093~6.018), urine pH $\leq$ 5.7(OR = 7.586, 95%CI: 3.158~18.226), and urinary calcium $\leq$ 3.15 mmol/24 h(OR = 3.753, 95%CI: 1.439~9.787) were independent risk factors of upper urinary tract uric acid stones. **Conclusion:** Age, hyperglycemia, serum creatinine, blood uric acid, urinary pH, and 24 h urinary calcium are risk factors for the formation of upper urinary tract uric acid stones, and they can be used as clinical basis for the diagnosis and treatment of it.

**Key words** uric acid stones; upper urinary tract stones; renal function; 24 h urine metabolic assessment

\*基金项目:苏州市科技计划项目(No:SYS2018044)

<sup>1</sup>苏州大学附属第一医院泌尿外科(江苏苏州,215006)

通信作者:丁翔,E-mail:yuyang737@suda.edu.cn

尿路结石是泌尿系统最常见的疾病之一,近几十年来在世界范围内的患病率逐步上升<sup>[1]</sup>。尿路结石与全身代谢密切相关,已有相关研究表明结石与代谢综合征等因素有关,也有部分研究发现血清、尿液相关代谢指标在结石患者与正常人中存在显著差异<sup>[2-4]</sup>。但目前在上尿路尿酸结石患者中进行尿液代谢评估联合血液肾功能检测的研究仍相对缺乏。本研究回顾性分析 2019 年 2 月—2022 年 1 月我院上尿路尿酸结石与同期上尿路其他类型结石患者的临床资料,探讨上尿路尿酸结石形成的独立危险因素,分析血液肾功能指标以及 24 h 尿液代谢评估在上尿路尿酸结石中的诊断价值,

### 1 资料与方法

#### 1.1 临床资料

收集我院 2019 年 2 月—2022 年 1 月住院治疗的 495 例上尿路结石患者临床资料,其中男 317 例,女 178 例,年龄(49.17±12.89)岁。根据术后结石标本主要成分分为尿酸结石组与非尿酸结石组,其中尿酸结石组共 43 例,男 31 例、女 12 例,年龄(58.30±12.79)岁;非尿酸结石组共 452 例,男 286 例、女 166 例,年龄(48.31±12.56)岁。排除标准:合并原发或继发性甲状腺功能亢进、甲状旁腺功能亢进、严重肝肾功能不全、泌尿系统畸形、恶性肿瘤等。

#### 1.2 研究方法

根据中华医学会糖尿病学分会代谢综合征的定义,将其子特征具体化为 BMI≥25 kg/m<sup>2</sup>、高血压、高血糖以及高血脂 4 项指标。所有患者手术前

均由腹盆腔 CT 诊断为上尿路结石,并成功行生化、尿常规、24 h 尿液代谢等检验。术后结石标本行结石红外光谱检测并定量分析,根据红外光谱检测报告将含量最高的结石类型确定为主要成分,根据患者结石主要成分是否含尿酸结石进行分组。其中尿酸结石组均为无水尿酸结石,非尿酸结石组包含一水草酸钙、二水草酸钙、二水磷酸氢钙、碳酸磷灰石、羟基磷灰石、六水磷酸铵镁、胱氨酸结石。

#### 1.3 统计学方法

采用 SPSS 25.0 软件分析处理数据。符合正态分布的连续型变量采用  $\bar{X} \pm S$  表示,组间比较采用 *t* 检验。分类变量以例(%)表示,组间比较采用  $\chi^2$  检验。应用受试者工作特征(ROC)曲线分析两组具有显著差异的指标并确定最佳截断值进行分组,采用单因素 logistic 回归筛选具有统计学意义的指标,纳入多因素 logistic 回归分析上尿路尿酸结石形成的独立危险因素。以  $P < 0.05$  为差异有统计学意义。

### 2 结果

#### 2.1 尿酸结石组与非尿酸结石组临床资料比较

尿酸结石组较非尿酸结石组有更高的年龄、血尿素、肌酐、尿酸以及更低的尿 pH、24 h 尿枸橼酸和 24 h 尿钙(均  $P < 0.05$ );尿酸结石组 BMI≥25 kg/m<sup>2</sup>、高血压、高血糖以及高血脂比例均明显升高(均  $P < 0.05$ );两组性别、24 h 尿尿酸、24 h 尿草酸、24 h 尿磷酸、24 h 尿氯、24 h 尿钾、24 h 尿钠、24 h 尿镁均差异无统计学意义。见表 1。

表 1 尿酸结石组与非尿酸结石组临床资料比较

例(%), $\bar{X} \pm S$

项目	尿酸结石组(43 例)	非尿酸结石组(452 例)	Z/ $\chi^2$ 值	P 值
年龄/岁	58.30±12.79	48.31±12.56	-4.340	<0.01
性别			1.326	0.25
男	31(72.1)	286(63.3)		
女	12(27.9)	166(36.7)		
BMI≥25 kg/m <sup>2</sup>	26(60.5)	195(43.1)	4.768	0.03
高血压	31(72.1)	245(54.2)	5.094	0.02
高血糖	18(41.9)	52(11.5)	29.80	<0.01
高血脂	30(69.8)	231(51.1)	5.486	0.02
血尿素/(mmol·L <sup>-1</sup> )	9.00±4.00	5.61±1.96	-6.325	<0.01
血肌酐/(μmol·L <sup>-1</sup> )	129.41±85.17	77.42±41.60	-6.195	<0.01
血尿酸/(μmol·L <sup>-1</sup> )	470.09±129.82	372.61±97.03	-4.873	<0.01
尿 pH	5.51±0.44	6.15±0.56	-6.961	<0.01
尿尿酸/[μmol·(24 h) <sup>-1</sup> ]	3171.47±1005.01	3237.77±1113.62	-0.106	0.92
尿草酸/[mmol·(24 h) <sup>-1</sup> ]	0.43±0.27	0.42±0.26	-0.131	0.90
尿枸橼酸/[mmol·(24 h) <sup>-1</sup> ]	0.66±0.63	0.98±0.74	-3.371	<0.01
尿磷酸/[mmol·(24 h) <sup>-1</sup> ]	16.26±7.26	16.51±7.00	-0.052	0.96
尿氯/[mmol·(24 h) <sup>-1</sup> ]	168.74±65.91	182.71±88.17	-0.687	0.49
尿钾/[mmol·(24 h) <sup>-1</sup> ]	25.98±8.18	28.92±11.42	-1.601	0.11
尿钠/[mmol·(24 h) <sup>-1</sup> ]	172.06±68.61	185.04±89.69	-0.590	0.56
尿钙/[mmol·(24 h) <sup>-1</sup> ]	2.41±1.51	4.62±2.25	-6.792	<0.01
尿镁/[mmol·(24 h) <sup>-1</sup> ]	3.24±1.35	3.14±1.68	-0.77	0.44

### 2.2 ROC 曲线分析诊断上尿路尿酸结石最佳截断值

以上尿路尿酸结石为结局,分别对年龄、血尿素、肌酐、尿酸、尿 pH、24 h 尿枸橼酸以及 24 h 尿钙绘制 ROC 曲线(图 1)。在约登指数最大时取以上连续型数值变量的最佳截断值,结果为年龄 49.5 岁、血尿素 6.35 mmol/L、血肌酐 92.4 μmol/L、血尿酸 443.6 μmol/L、尿 pH 5.7、尿枸橼酸 0.52 mmol/24 h、尿钙 3.15 mmol/24 h,ROC 曲线分析结果见表 2。

### 2.3 上尿路尿酸结石形成的独立危险因素分析

以 ROC 曲线分析各项指标的最佳截断值为界值进行分组,单因素 logistic 回归分析结果见表 3。结果显示,年龄 ≥49.5 岁、BMI ≥25 kg/m<sup>2</sup>、高血压、高血糖、高血脂、血尿素 ≥6.35 mmol/L、血肌酐 ≥92.4 μmol/L、血尿酸 ≥443.6 μmol/L、尿 pH ≤5.7、尿枸橼酸 ≤0.52 mmol/24 h 以及尿钙 ≤3.15 mmol/24 h 是上尿路尿酸结石形成的危险因素(P<0.05)。将单因素回归分析中具有意义的临床指标纳入多因素 logistic 回归(表 4),结果显示,年龄 ≥49.5 岁、高血糖、血肌酐 ≥92.4 μmol/

L、血尿酸 ≥443.6 μmol/L、尿 pH ≤5.7、尿钙 ≤3.15 mmol/24 h 是上尿路尿酸结石的独立危险因素(P<0.05)。

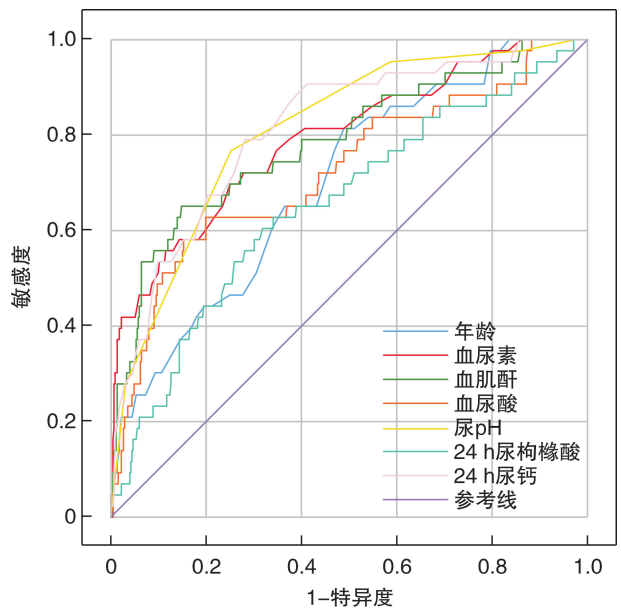


图 1 不同指标诊断上尿路尿酸结石的 ROC 曲线

表 2 不同指标诊断上尿路尿酸结石的 ROC 曲线分析

项目	AUC	标准误	P 值	95%CI	截断值	敏感度	特异度
年龄	0.700	0.040	<0.01	0.621~0.779	49.50	0.814	0.511
血尿素	0.792	0.039	<0.01	0.714~0.869	6.35	0.698	0.750
血肌酐	0.786	0.041	<0.01	0.706~0.866	92.40	0.651	0.852
血尿酸	0.725	0.045	<0.01	0.636~0.814	443.60	0.628	0.801
pH	0.810	0.033	<0.01	0.745~0.875	5.74	0.767	0.748
24 h 尿枸橼酸	0.655	0.046	<0.01	0.566~0.745	0.52	0.628	0.659
24 h 尿钙	0.813	0.034	<0.01	0.746~0.880	3.15	0.791	0.719

表 3 尿酸结石组与非尿酸结石组单因素 logistic 回归分析

项目	B 值	OR(95%CI)	P 值
年龄 ≥49.5 岁	1.520	4.573(2.076~10.075)	<0.01
BMI ≥25 kg/m <sup>2</sup>	0.701	2.016(1.064~3.819)	0.03
高血压	0.781	2.183(1.093~4.358)	0.03
高血糖	1.712	5.538(2.831~10.837)	<0.01
高血脂	0.792	2.208(1.123~4.342)	0.02
血尿素 ≥6.35 mmol/L	1.935	6.923(3.491~13.730)	<0.01
血肌酐 ≥92.4 μmol/L	2.373	10.726(5.441~21.145)	<0.01
血尿酸 ≥443.6 μmol/L	1.915	6.787(3.508~13.133)	<0.01
尿 pH ≤5.7	2.281	9.784(4.674~20.480)	<0.01
尿枸橼酸 ≤0.52 mmol/24 h	1.095	2.989(1.573~5.677)	<0.01
尿钙 ≤3.15 mmol/24 h	2.269	9.668(4.508~20.730)	<0.01

### 3 讨论

尿路结石是一种复杂的多因素疾病,与饮食、生活、环境、遗传等密切相关<sup>[5]</sup>。草酸钙结石是我国上尿路结石最常见的结石类型之一,目前已有较多研究阐述了草酸钙结石的相关指标以及危险因素,而有关尿酸结石的研究相对缺乏,对于具体指

标的界值定义也较模糊。事实上上尿路尿酸结石的比例仍在增加,且尿酸结石能够被药物溶解,若能早期判断结石成分,可以进行溶石治疗,甚至避免手术<sup>[6-7]</sup>。因此分析上尿路尿酸结石的危险因素并确定指标界值具有重要的临床意义。

表 4 尿酸结石组与非尿酸结石组多因素 logistic 回归分析

项目	B 值	OR (95%CI)	P 值
年龄≥49.5 岁	1.018	2.767(1.026~7.463)	0.04
BMI≥25 kg/m <sup>2</sup>	0.400	1.492(0.625~3.562)	0.37
高血压	-0.002	0.998(0.408~2.443)	0.99
高血糖	1.182	3.262(1.216~8.750)	0.02
高血脂	0.255	1.291(0.524~3.178)	0.58
血尿素≥6.35 mmol/L	0.182	1.200(0.452~3.185)	0.72
血肌酐≥92.4 μmol/L	1.242	3.462(1.366~8.776)	<0.01
血尿酸≥443.6 μmol/L	0.942	2.564(1.093~6.018)	0.03
尿 pH≤5.7	2.026	7.586(3.158~18.226)	<0.01
尿枸橼酸≤0.52 mmol/24 h	0.539	1.714(0.682~4.309)	0.25
尿钙≤3.15 mmol/24 h	1.323	3.753(1.439~9.787)	<0.01

目前影像学检查在尿酸结石的早期诊断中具有一定价值。尿酸结石具有透 X 线特性,但临床上尿酸结石以混合型多见,而纯尿酸结石少见。相较而言 CT 检查可更好地用于结石类型的判断。尿酸结石具有较低的 CT 值,但尚缺乏统一的标准,CT 值与其他类型结石在一定范围内也存在重叠,特别是混合型结石中 CT 值难以进行准确界定<sup>[8]</sup>。常规 CT 扫描层厚约为 5 mm,小于设定层厚的结石易受到部分容积效应的影响,从而干扰结果的判读<sup>[9]</sup>。近年来双能 CT 的应用能较好地鉴别结石成分,可适用于纯尿酸结石,然而其对混合型结石的诊断效能有所下降,也缺乏相应的体内研究,特别是对肥胖患者和小于 5 mm 的小结石判断误差较大,甚至前后结果不一致<sup>[10]</sup>。而且对常规超声等筛查出的早期结石患者均进行 CT 检查也会导致医疗资源紧张与不必要的辐射,因此通过代谢评估增加了诊疗的手段。

本研究以上尿路尿酸结石为结局,多因素 logistic 回归结果显示尿 pH≤5.7 是上尿路尿酸结石形成的独立危险因素。既往有研究发现,相较于其他类型结石,尿酸结石具有更低的尿 pH,尿 pH 是尿酸结石形成的主要决定原因<sup>[11]</sup>。其机制是尿酸解离常数在生理状况下约为 5.35,当尿 pH≤5.5 时尿酸趋于过饱和状态,在这种酸性环境下尿酸从解离状态向未解离转变,形成尿酸结晶。随着晶体析出增多最终导致尿酸结石的产生,并且尿 pH 值越低,尿酸结晶形成的风险越高<sup>[12]</sup>。Torricelli 等<sup>[13]</sup>发现,尿酸结石患者的 24 h 尿钙含量显著降低,本文研究结果与之一致,尿钙≤3.15 mmol/24 h 是上尿路结石患者形成尿酸结石的独立危险因素。尿钙是显著的结石促进因子,尿钙水平增高促进草酸钙、磷酸钙晶体析出,是含钙结石的最常见危险因素,而含钙结石约占所有结石的 80%以上<sup>[14]</sup>。因而 24 h 尿钙水平增高促进了草酸钙、磷酸钙等含钙类结石的生成,结石患者 24 h 尿钙水平较低提示了尿酸结石的可能。

Chou 等<sup>[15]</sup>发现,尿酸结石患者相较于其他类型结石患者的肾小球滤过率明显降低,而血清尿酸水平增高。后续有研究表明尿酸结石是慢性肾脏病的独立危险因素之一<sup>[16]</sup>。尿酸结石患者血清尿酸水平增高可通过多种途径影响肾功能,一方面尿酸盐结晶能够机械性损伤以及堵塞肾小管,另一方面尿酸盐刺激小管上皮细胞发生氧化应激反应并产生氧自由基,介导内皮细胞受损,因此尿酸结石患者相较于其他类型结石患者更易存在肾功能损伤<sup>[17]</sup>。这些血清尿酸增高带来的肾损伤通过影响肾小管泌氨功能导致尿 pH 下降,又促进尿酸结石生成。而血清肌酐经肾小球滤过后不易被肾小管重吸收,是反映肾功能较为稳定的指标。相较于尿素不易受一过性饮食、运动等外源性因素影响,特异性更高,能够准确反映尿酸结石患者可能存在的肾功能受损状态,因此血清肌酐、尿酸水平增高是尿酸结石形成的独立危险因素。

本研究发现年龄≥49.5 岁是上尿路尿酸结石形成的独立危险因素。既往研究表明,结石成分与年龄相关。国外相关研究通过大样本回顾性分析发现,尿酸结石发生率随着年龄的增长而增加<sup>[18-19]</sup>。这与本文结果一致。Menezes 等<sup>[20]</sup>通过对 7891 例结石患者的尿液分析发现,尿 pH 会随着年龄的增长而降低,并提出这可能与肾脏滤过功能及肾氨排泄功能随着年龄增长降低有关。氨由肾小管上皮细胞分泌,经过弥散作用进入管腔,在管腔中和质子相结合形成 NH<sub>4</sub><sup>+</sup>,缓冲尿液的 pH 值。随着年龄增加,肾脏上述功能减弱导致尿 pH 逐渐降低,促进尿酸结石的生成。

代谢综合征是尿酸结石的危险因素。代谢综合征的发生随着尿 pH 值的降低和年龄的增长而增加<sup>[21]</sup>。本研究通过单因素及多因素 logistic 回归分析发现,反映代谢综合征的子特征中,高血糖是上尿路尿酸结石形成的独立危险因素,而 BMI≥25 kg/m<sup>2</sup>、高血压、高血脂等尿酸结石的危险因素不具有独立性。高血糖患者常伴有胰岛素抵抗,胰

胰岛素抵抗会促进尿酸重吸收导致高尿酸血症,通过前述途径降低尿 pH,从而促进尿酸结石生成<sup>[22]</sup>。此外,胰岛素抵抗继发的高胰岛素血症会干扰肾小管上皮细胞内的钠氢交换,增加钠离子的重吸收,从而促进氢离子排出,进一步降低尿 pH<sup>[23]</sup>。相较于健康人群而言,BMI 升高与结石形成相关,但草酸钙、碳酸磷灰石、尿酸结石均随着 BMI 升高而增加,且草酸钙结石更加明显,而高血压会降低患者尿液中尿钙和草酸盐的过饱和度,主要影响草酸钙结石生成<sup>[24-25]</sup>。另一方面,部分存在血脂异常的患者通过服用他汀类药物,已将相关水平控制在正常范围,调整了这些指标与尿酸结石之间的关联。

综上所述,年龄 $\geq 49.5$ 岁、高血糖、血肌酐 $\geq 92.4 \mu\text{mol/L}$ 、血尿酸 $\geq 443.6 \mu\text{mol/L}$ 、尿 pH $\leq 5.7$ 、尿钙 $\leq 3.15 \text{ mmol}/24 \text{ h}$  是上尿路尿酸结石形成的独立危险因素。因此在上尿路结石的诊治中可充分考虑患者血糖以及相应肾功能指标与尿 pH、24 h 尿钙等,从而有针对性提供治疗措施。但本文受限为单中心回顾性分析,未来仍期待有前瞻性、多中心、大样本的分析进行深层次的研究。

**利益冲突** 所有作者均声明不存在利益冲突

#### 参考文献

- [1] Sorokin I, Mamoulakis C, Miyazawa K, et al. Epidemiology of stone disease across the world[J]. *World J Urol*, 2017, 35(9): 1301-1320.
- [2] 邓华, 杨义, 陆丽兰, 等. 结石类型与血脂代谢的相关性研究[J]. *临床泌尿外科杂志*, 2020, 35(4): 287-290, 296.
- [3] Boyd C, Wood K, Whitaker D, et al. The influence of metabolic syndrome and its components on the development of nephrolithiasis[J]. *Asian J Urol*, 2018, 5(4): 215-222.
- [4] Chang CW, Ke HL, Lee JI, et al. Metabolic syndrome increases the risk of kidney stone disease: a cross-sectional and longitudinal cohort study[J]. *J Pers Med*, 2021, 11(11): 1154-1162.
- [5] 张勇, 陈站, 陈建刚, 等. 尿酸结石致病相关基因的研究进展[J]. *临床泌尿外科杂志*, 2021, 36(2): 148-151.
- [6] Ma Q, Fang L, Su R, et al. Uric acid stones, clinical manifestations and therapeutic considerations [J]. *Postgrad Med J*, 2018, 94(1114): 458-462.
- [7] Heilberg IP. Treatment of patients with uric acid stones[J]. *Urolithiasis*, 2016, 44(1): 57-63.
- [8] Lombardo F, Bonatti M, Zambozi GA, et al. Uric acid versus non-uric acid renal stones: in vivo differentiation with spectral CT[J]. *Clin Radiol*, 2017, 72(6): 490-496.
- [9] Stewart G, Johnson L, Ganesh H, et al. Stone size limits the use of Hounsfield units for prediction of calcium oxalate stone composition [J]. *Urology*, 2015, 85(2): 292-295.
- [10] Nourian A, Ghiraldi E, Friedlander JI. Dual-energy CT for urinary stone evaluation[J]. *Curr Urol Rep*, 2020, 22(1): 1.
- [11] Damor M, Songra MC, Patbamniya NK. Study of urine Ph, hypercalciuria, urinary tract infection and its correlation with stone composition in bhopal region[J]. *J Evolution Med Dent Sci*, 2015, 4(88): 15298-15304.
- [12] Wiederkehr MR, Moe OW. Uric acid nephrolithiasis: a systemic metabolic disorder[J]. *Clin Rev Bone Miner Metab*, 2011, 9(3-4): 207-217.
- [13] Torricelli FC, Brown R, Berto FC, et al. Nomogram to predict uric acid kidney stones based on patient's age, BMI and 24-hour urine profiles: A multicentre validation[J]. *Can Urol Assoc J*, 2015, 9(3-4): 178-182.
- [14] Tilahun A, Beyene P. Kidney stone disease: an update on current concepts[J]. *Adv Urol*, 2018, 2(4): 1-12.
- [15] Chou YH, Li CC, Hsu H, et al. Renal function in patients with urinary stones of varying compositions [J]. *Kaohsiung J Med Sci*, 2011, 27(7): 264-267.
- [16] Li CC, Chien TM, Wu WJ, et al. Uric acid stones increase the risk of chronic kidney disease[J]. *Urolithiasis*, 2018, 46(6): 543-547.
- [17] Ling H, Chen H, Wei M, et al. The Effect of autophagy on inflammation cytokines in renal ischemia/reperfusion injury[J]. *Inflammation*, 2016, 39(1): 347-356.
- [18] Katz JE, Soodana-Prakash N, Jain A, et al. Influence of age and geography on chemical composition of 98043 urinary stones from the USA[J]. *Eur Urol Open Sci*, 2021, 34: 19-26.
- [19] 魏汉平, 焦志敏, 刘晓武, 等. 江苏常州 885 例泌尿系结石成分特点及与患者临床特征的关系[J]. *临床泌尿外科杂志*, 2020, 35(10): 791-794, 799.
- [20] Menezes CJ, Worcester EM, Coe FL, et al. Mechanisms for falling urine pH with age in stone formers[J]. *Am J Physiol Renal Physiol*, 2019, 317(7): F65-F72.
- [21] Hess B. Metabolic syndrome, obesity and kidney stones[J]. *Arab J Urol*, 2012, 10(3): 258-264.
- [22] Abate N, Chandalia M, Cabo-Chan AV, et al. The metabolic syndrome and uric acid nephrolithiasis: novel features of renal manifestation of insulin resistance [J]. *Kidney Int*, 2004, 65(2): 386-392.
- [23] Hashimoto Y, Hamaguchi M, Nakanishi N, et al. Urinary pH is a predictor of diabetes in men; a population based large scale cohort study[J]. *Diabetes Res Clin Pract*, 2017, 130: 9-14.
- [24] Hartman C, Friedlander JI, Moreira DM, et al. Does hypertension impact 24-hour urine parameters in patients with nephrolithiasis? [J]. *Urology*, 2015, 85(3): 539-543.
- [25] Almannie RM, Al-Nasser KA, Al-Barraq KM, et al. The effect of the body mass index on the types of urinary tract stones[J]. *Urol Ann*, 2020, 12(1): 42-48.

(收稿日期: 2022-05-18)