

云南省保山地区泌尿系结石成分分析

段先忠¹, 黄应龙², 付 什², 董学丽¹,
王 婷¹, 王海峰², 王剑松²

(1. 云南省保山市第二人民医院 泌尿外科, 云南 保山, 678000;

2. 昆明医科大学第二附属医院/云南省泌尿外科研究所 泌尿外科, 云南 昆明, 650101)

摘要: **目的** 探讨云南省保山地区不同泌尿系结石成分的分布特征及可能形成的因素。**方法** 收集 1 710 例泌尿系结石样本及患者的临床资料, 使用红外光谱自动分析系统对结石样本进行成分分析, 比较不同结石成分在患者不同性别、部位和年龄的分布情况。**结果** 1 710 例患者中, 单一成分结石(6 种, 1 153 例)和混合成分结石(20 种, 557 例)均以草酸钙为主。保山地区男性患者单一成分结石和草酸钙结石占比高于女性, 女性患者碳酸磷灰石及磷酸铵镁结石占比高于男性, 差异有统计学意义($P < 0.05$); 不同性别无水尿酸成分结石比较, 差异无统计学意义($P > 0.05$)。草酸钙在上尿路结石中较为常见, 而无水尿酸、磷酸铵镁及尿酸铵结石在下尿路中更为多见($P < 0.05$)。D-J 管附着石壳中草酸钙结石占比低于上尿路结石, 但磷酸铵镁结石占比高于上尿路结石, 差异有统计学意义($P < 0.016 67$)。草酸钙结石多见于青壮年患者(31 ~ 45 岁), 而尿酸结石发生率随年龄的增长而增高, 且常见于 45 岁左右患者, 而碳酸磷灰石常见于 30 岁左右患者($P < 0.005$)。**结论** 云南省保山地区不同结石成分在不同性别、部位和年龄分布上有一定差异, 且存在独特的分布特征。

关键词: 尿石症; 结石成分; 红外光谱; 草酸钙

中图分类号: R 691.4; R 446.9 文献标志码: A 文章编号: 1672-2353(2021)14-084-06 DOI: 10.7619/jcmp.20212396

Composition analysis of urinary stones in Baoshan District of Yunnan Province

DUAN Xianzhong¹, HUANG Yinglong², FU Shi², DONG Xueli¹,
WANG Ting¹, WANG Haifeng², WANG Jiansong²

(1. Department of Urological Surgery, Second People's Hospital of Baoshan, Baoshan, Yunnan, 678000;

2. Department of Urological Surgery, Second Affiliated Hospital of Kunming Medical University,
Institute of Urological Surgery in Yunnan Province, Kunming, Yunnan, 650101)

Abstract: Objective To explore the characteristics of different compositions of urinary stones in Baoshan District of Yunnan Province, and the possible formative factors of different types of stones in this region. **Methods** A total of 1 710 urinary stone samples and the clinical data of patients were collected. The composition of the stone samples was analyzed by using the automatic infrared spectrum analysis system, and the distribution of different stone components in patients with different genders, locations and ages was compared. **Results** Among the 1 710 patients, pure-component stones (6 types, 1 153 cases) and mixed-component stones (20 types, 557 cases) were dominated by calcium oxalate. The proportions of pure-component stones and calcium oxalate stones of the males in Baoshan district were higher than that of the females, and the proportions of apatite carbonate and magnesium ammonium phosphate stones in female patients were higher than those in male patients ($P < 0.05$). There was no difference in anhydrous uric acid stones in different genders ($P > 0.05$). Calcium oxalate was more commonly seen in upper urinary stones, while anhydrous uric acid, magnesium ammonium phosphate, and ammonium urate stones were more commonly seen in the lower urinary tract ($P < 0.05$). The proportion of calcium oxalate stones in D-J tube attached stone shell was lower than that in upper urinary tract stones, but the proportion of magnesium ammonium phosphate

stones was higher than that in upper urinary tract stones ($P < 0.016\ 67$). Calcium oxalate stones were more common in young adults (31 to 45 years old), the incidence of uric acid stones increased with growing of age, and was more frequently observed in patients aged 45 years old, and carbonate apatite was commonly seen in patients aged 30 years old ($P < 0.005$). **Conclusion** There are significant differences in the distribution of stone components in different genders, locations, and ages in Baoshan District of Yunnan Province, and there are unique distribution characteristics.

Key words: urolithiasis; stone composition; infrared spectroscopy; calcium oxalate

尿石症是泌尿系统最常见疾病之一^[1],近10年来尿石症平均患病率超过10%的国家和地区在不断增多,在西班牙、韩国等国家甚至高达15%^[2-3]。最新研究^[4]表明,2011年中国尿石症患病率已达10.63%,并逐渐接近欧美国家水平。尿石症的高患病率也给患者带来了巨大经济和健康负担。研究^[5]表明,通过结石成分分析能够为泌尿系结石的形成和治疗提供重要依据。虽然已有部分研究^[6-8]报道了中国不同地区泌尿系结石成分的分布情况,但组成成分在不同地区存在较大差异。保山地区地处中国西南部边陲,位于欧亚大陆板块边缘,地壳运动活跃,地热及矿物资源丰富,且当地少数民族众多,具有独特的饮食习惯,泌尿系结石发生率显著高于中国其他地区。本研究采用红外光谱技术,通过分析保山地区1 710例单侧首发尿石症患者的结石成分,初步探讨不同结石成分在不同性别、部位和年龄阶段之间的分布差异,并探讨D-J管附着的石壳成分与上下尿路结石成分的差异,以期为保山地区个体化的结石防治策略提供指导依据,现报告如下。

1 资料与方法

1.1 一般资料

收集2016年10月—2018年12月保山地区行经皮肾镜碎石取石术、输尿管(软)镜碎石取石术、经尿道膀胱镜碎石取石术、腹腔镜下切开取石术等术后患者1 710例为研究对象,其中包括经尿道D-J管拔除术后发现的D-J管附着石壳31例。采集尿石症患者的结石样本,收集结石患者的性别、年龄、结石部位等临床资料。1 710例患者中,男1 106例,女604例;年龄5~94岁,平均(54.69±18.33)岁,0~15岁7例,16~30岁158例,31~45岁454例,46~60岁687例,≥61岁404例;肾结石742例,输尿管结石775例,膀胱结石144例,尿道结石18例,D-J管附着石壳31例;上尿路结石1 517例,下尿路结石162

例,上下尿路结石比例为9.36:1。本研究经云南省保山市第二人民医院医学伦理委员会和昆明医科大学第二附属医院医学伦理委员会批准。研究期间所有程序均按照1964版赫尔辛基宣言及后续修订版本严格执行。纳入研究所有结石样本均获得患者知情同意,并签署知情同意书。

1.2 方法

采用Lambda LIIR-20型红外光谱自动分析系统(天津)对所有结石成分进行分析,操作步骤严格按照设备说明书执行。将结石烘干后取约米粒大小样本置于标本盒,另取溴化钾2勺与标本盒中的结石样本充分研磨至无颗粒的粉末状,将研磨后的粉末置入磨具中,加盖后置入压片机并予以固定后加压,取出磨具盒再将其置于干燥箱中,最后将其置于分析仪中进行光谱采集和分析。

1.3 统计分析

采用SPSS 20.0(IBM SPSS, Armonk, NY, USA)统计软件对所有数据进行统计分析。不同性别、部位和年龄等计数资料采用 $[n(\%)]$ 进行描述。当最低期望频数 > 5 时,组间比较采用Person卡方检查;当最低期望频数 < 5 时,组间比较采用Fisher精确检验。 $P < 0.05$ 表示差异有统计学意义,多组两两比较的 P 值采用Bonferroni法进行调整后再进行比较。

2 结果

2.1 结石成分总体情况

1 710例患者的结石样本中共发现26种不同结石成分,其中单一成分结石6种,共计1 153例(67.4%);混合成分结石20种,共计557例(32.6%)。单一成分结石以草酸钙和无水尿酸为主,占比分别为86.9%(1 002/1 153)和11.4%(132/1 153),其他单一成分结石较少,分别为5例(0.4%)碳酸磷灰石,2例(0.2%)二水磷酸氢钙,2例(0.2%)尿酸铵,10例(0.9%)磷酸铵镁。混合成分结石中,含草酸钙的混合性成分结

石占比较大,占比最大的为草酸钙和碳酸磷灰石 (13.6%, 76/557), 其他混合成分结石占比较小 (61.9%, 345/557), 其次是草酸钙和无水尿酸 小,结石成分总体分布情况见表 1。

表 1 1 710 例患者泌尿系结石成分分析

结石成分		男(n = 1 106)	女(n = 604)	总计(n = 1 710)
单一成分	草酸钙	693	309	1 002
	碳酸磷灰石	2	3	5
	二水碳酸氢钙	1	1	2
	无水尿酸	79	53	132
	尿酸铵	0	2	2
	磷酸铵镁	9	1	10
	合计	784	369	1 153
混合成分	草酸钙、碳酸磷灰石	204	141	345
	草酸钙、羟基磷灰石	0	1	1
	草酸钙、无水尿酸	49	27	76
	草酸钙、二水碳酸氢钙	2	0	2
	草酸钙、尿酸铵	9	1	10
	草酸钙、磷酸铵镁	9	2	11
	草酸钙、二氧化硅	19	14	33
	草酸钙、碳酸磷灰石、羟基磷灰石	15	12	27
	碳酸磷灰石、磷酸铵镁	10	20	30
	草酸钙、碳酸磷灰石、无水尿酸	0	2	2
	草酸钙、碳酸磷灰石、磷酸铵镁	0	3	3
	草酸钙、碳酸磷灰石、尿酸铵	0	2	2
	碳酸磷灰石、无水尿酸	0	2	2
	碳酸磷灰石、尿酸铵	2	5	7
	无水尿酸、尿酸铵	0	1	1
	碳酸磷灰石、尿酸铵、二氧化硅	1	0	1
	碳酸磷灰石、无水尿酸、尿酸铵	0	1	1
	碳酸磷灰石、磷酸铵镁、尿酸铵	0	1	1
	羟基磷灰石、磷酸铵镁、尿酸铵	1	0	1
	碳酸磷灰石、羟基磷灰石、尿酸铵	1	0	1
	合计	322	235	557

2.2 结石成分在不同性别间的分布

本研究结果表明,单一成分结石在男性患者中更常见(男性为 70.9%, 女性为 61.1%, $P < 0.001$), 见表 2。含单一成分或混合成分结石患者中,含草酸钙结石患者共 1 514 例(88.5%), 含碳酸磷灰石结石患者 427 例(25.0%), 无水尿酸结石 214 例(12.5%), 羟基磷灰石 30 例(1.8%), 磷酸铵镁结石 56 例(3.3%), 二氧化硅结石 34 例(2.0%) 和尿酸铵结石 27 例(1.6%)。含草酸钙结石的男性患者比率高于女性,差异有统计学意义($P = 0.001$)。含碳酸磷灰石及磷酸铵镁结石的女性患者比率高于男性,差异有统计学意义($P < 0.05$)。含有无水尿酸、羟基磷灰石等其他成分的结石男女患者比率比较,差异无统计学意义($P > 0.05$), 见表 3。

2.3 结石成分在不同部位间的比较

上尿路结石中,草酸钙结石更为常见,无水尿

酸、磷酸铵镁及尿酸铵结石则在下尿路更为多见,差异有统计学意义($P < 0.05$); 碳酸磷灰石、羟基磷灰石及二氧化硅结石在上下尿路结石比较,差异无统计学意义($P > 0.05$), 见表 4。

表 2 不同性别患者泌尿系结石单一和混合成分分布[n(%)]

成分	总计(n = 1 710)	男性(n = 1 106)	女性(n = 604)
单一成分	1 153(67.4)	784(70.9)*	369(61.1)
混合成分	557(32.6)	322(29.1)*	235(38.9)

与女性比较, * $P < 0.05$ 。

表 3 不同性别患者泌尿系结石成分分布[n(%)]

成分	总计	男性	女性
草酸钙	1 514(88.5)	1 000(90.4)*	514(85.1)
碳酸磷灰石	427(25.0)	235(21.2)*	192(31.8)
无水尿酸	214(12.5)	128(11.6)	86(14.2)
羟基磷灰石	30(1.8)	17(1.5)	13(2.2)
磷酸铵镁	56(3.3)	29(2.6)*	27(4.5)
二氧化硅	34(2.0)	20(1.8)	14(2.3)
尿酸铵	27(1.6)	14(1.3)	13(2.2)

与女性比较, * $P < 0.05$ 。

表 4 不同部位泌尿系结石成分分布特征[n(%)]

成分	总计	部位	
		上尿路	下尿路
草酸钙	1 497	1 379(90.9)*	118(72.8)
碳酸磷灰石	422	376(24.8)	46(28.4)
无水尿酸	208	158(10.4)*	50(30.9)
羟基磷灰石	30	24(1.6)	6(3.7)
磷酸铵镁	51	39(2.6)*	12(7.4)
二氧化硅	32	30(2.0)	2(1.2)
尿酸铵	25	16(1.1)*	9(5.6)

与下尿路比较, * $P < 0.05$ 。

2.4 D-J 管附着石壳与上下尿路结石成分比较

采用 Bonferroni 法进行调整, $P < 0.016 67$ 表示差异有统计学意义; 若最小期望频数 < 5 , 则采用 Fisher 精确检验。D-J 管石壳成分分析发现, 草酸钙成分在 D-J 管附着石壳中的占比低于在上尿路结石, 差异有统计学意义($P < 0.001$), 但与下尿路结石比较, 差异无统计学意义($P > 0.016 67$)。D-J 管附着石壳中磷酸铵镁成分结石占比高于上尿路结石, 差异有统计学意义($P < 0.05$), 但与下尿路结石比较, 差异无统计学意义($P > 0.016 67$)。D-J 管附着石壳中碳酸磷灰石、无水尿酸、羟基磷灰石、二氧化硅及尿酸铵成分结石占比与上下尿路结石比较, 差异均无统计学意义($P > 0.016 67$)。见表 5。

表 5 D-J 管附着石壳成分与上下尿路结石成分比较[n(%)]

成分	D-J 管	部位	
		上尿路	下尿路
草酸钙	17(54.8)	上尿路	1 739(90.9)*
		下尿路	118(72.8)
碳酸磷灰石	5(16.1)	上尿路	376(24.8)
		下尿路	46(28.4)
无水尿酸	6(19.4)	上尿路	158(10.4)
		下尿路	50(30.9)
羟基磷灰石	0	上尿路	24(1.6)
		下尿路	6(3.7)
磷酸铵镁	5(16.1)	上尿路	39(2.6)*
		下尿路	12(7.4)
二氧化硅	2(6.5)	上尿路	30(2.0)
		下尿路	2(1.2)
尿酸铵	2(6.5)	上尿路	16(1.1)
		下尿路	9(5.6)

与 D-J 管比较, * $P < 0.016 67$ 。

2.5 不同年龄段结石成分比较

采用 Bonferroni 法进行调整, $P < 0.005$ 表示差异有统计学意义; 若最小期望频数 < 5 , 则采用 Fisher 精确检验。将所有患者按年龄分为 0 ~ 15 岁、16 ~ 30 岁、31 ~ 45 岁、46 ~ 60 岁、 ≥ 61 岁

5 个年龄段。5 个年龄段患者草酸钙、碳酸磷灰石及无水尿酸结石占比比较, 差异有统计学意义($P < 0.005$), 而羟基磷灰石、磷酸铵镁、二氧化硅及尿酸铵 4 种结石成分占比比较, 差异无统计学意义($P > 0.005$)。

31 ~ 45 岁患者含草酸钙结石的比率高于 ≥ 61 岁患者, 差异有统计学意义($P < 0.005$); 16 ~ 30 岁患者含碳酸磷灰石结石的占比与 31 ~ 45 岁、46 ~ 60 及 ≥ 61 岁患者相比, 差异有统计学意义($P < 0.005$); 16 ~ 30 岁与 31 ~ 45 岁患者的无水尿酸结石占比比较, 差异无统计学意义($P > 0.005$), 但 16 ~ 30 岁、31 ~ 45 岁年龄段患者分别与 46 ~ 60 岁及 ≥ 61 岁患者比较, 差异有统计学意义($P < 0.005$), 且 46 ~ 60 岁患者无水尿酸结石占比低于 ≥ 61 岁的患者($P < 0.005$)。见表 6。

3 讨论

近年来, 受气候变化、饮食结构改变等因素的影响, 尿石症的患病率也逐年增高^[9]。研究^[10-11]指出, 从结石成分中能够获得患者代谢状态、风险因素、结石病因等信息, 这使得泌尿外科医师能够据此为尿石症患者制订更合理、有效的防治策略。迄今为止, 傅立叶转换红外光谱技术因敏感性高、操作简单、结果可靠等优点已成为应用最为普遍的结石成分分析方法之一^[12]。本研究中, 采用红外光谱技术对保山地区 1 710 例尿石症患者的结石成分进行了分析, 其中男女患者比例为 1.83:1, 稍低于目前中国男女比例(2.0:1)的整体水平, 也低于中国西南部地区男女比例(2.25:1)的整体水平^[13-14], 说明保山地区女性尿石症患病率与其他地区比较可能更高。然而还需要更大规模流行病学监测数据加以佐证。此外, 本研究还显示, 单一成分结石比例高于混合成分结石, 与其他地区比较存在较大差异^[15], 原因可能与本研究将一水草酸钙和二水草酸钙及两者的混合结石均统计为草酸钙单一成分有关。

近 30 年以来, 草酸钙仍然是最主要结石成分^[16]。研究^[14]指出, 中国西南部地区草酸钙结石患病率(67.9% ~ 74.5%)显著高于中国其他地区。本研究显示, 保山地区含草酸钙成分结石占比高达 88.5%, 高于其他成分, 也高于中国西南地区的整体水平。研究^[17-18]表明, 草酸钙结石的形成与动物蛋白、盐分、茶等物质的摄入密切相

表 6 不同年龄段泌尿系结石成分分布特征[$n(\%)$]

成分	总计	年龄段				
		0~15岁($n=7$)	16~30岁($n=158$)	31~45岁($n=454$)	46~60岁($n=687$)	≥61岁($n=404$)
草酸钙	1 514	7(100)	143(90.5)	421(92.7)	605(88.1)	338(83.7) ^{△△}
碳酸磷灰石	427	4(57.1)	62(39.2)	124(27.3) ^{**}	155(22.6) ^{**}	82(20.3) ^{**}
无水尿酸	214	0	7(4.4)	29(6.4)	88(12.8) ^{**##}	90(22.3) ^{**##}
羟基磷灰石	30	0	5(3.2)	10(2.2)	9(1.3)	6(1.5)
磷酸铵镁	56	0	5(3.2)	9(2.0)	27(3.9)	15(3.7)
二氧化硅	34	0	4(2.5)	8(1.8)	14(2.0)	8(2.0)
尿酸铵	27	1(14.3)	3(1.9)	7(1.5)	10(1.5)	6(1.5)

与 16~30 岁比较, $**P<0.005$; 与 31~45 岁比较, $##P<0.005$; 与 31~45 岁比较, $\Delta\Delta P<0.005$ 。

关。保山地区居民日常饮食重油盐,喜食腌菜等含盐分较高的腌制食品,偏好土豆、浓茶以及其他草酸含量高的野菜,因此容易增加草酸盐的代谢负担,并导致相应成分结石的形成。研究^[19]表明,中国西南地区草酸钙结石的高发还与水质、土壤等因素存在一定相关性,特别是喀斯特地貌的土壤容易导致当地水质和植被中钙盐、草酸盐含量升高,而保山境内山区面积较大,喀斯特地貌丰富,这可能也是导致本地区草酸钙结石高发的另一个重要原因。

此外,本研究还显示,草酸钙结石在男性患者中的发生率显著高于女性,这与国内外研究^[13, 20-21]结果一致。近年来研究^[13, 22]还表明,尿酸结石在男性中更常见。尽管保山地区尿酸结石与国内整体水平接近,然而其在性别上却并显著差异。其他研究^[23]也有类似观点,即性别并不影响尿酸在结石成分中的占比。最新研究^[24]指出,尿酸结石的形成与动物蛋白摄入、酒精摄取等有关,且与体质量、碳水化合物及脂质摄入量等因素无相关性。保山地区牛羊肉及酒水消耗量大,女性人群饮食习惯与男性相似,这可能一定程度上影响其尿酸结石的发生。

碳酸磷灰石、磷酸铵镁及尿酸铵均属于感染性结石成分^[25]。本研究结果显示前两者在女性中的占比高于男性,可能是因为女性泌尿道感染相较男性更为常见^[26]。同时本研究还发现,下尿路磷酸铵镁结石的发生率更高。磷酸铵镁结石在女性高发可能与泌尿道感染有关^[27]。尽管尿酸铵在不同性别中的分布无差异,但其在不同部位的分布差异与磷酸铵镁相似,因此同样可能与泌尿道感染具有一定相关性。此外,本研究中草酸钙结石及尿酸结石在上下尿路中的分布差异与 YE Z 等^[13]研究一致,即草酸钙结石在上尿路更常见,而尿酸结石在下尿路更常见。可能是因为

草酸钙结石大多源自肾 Randall 斑,而尿酸结石则大多源自下尿路梗阻或感染^[28]。

本研究对 31 例 D-J 管附着石壳成分进行了分析,结果表明草酸钙仍是其主要成分^[29],且草酸钙在 D-J 管附着石壳中的占比低于上尿路结石,且与下尿路结石比较差异无统计学意义,这说明 D-J 管附着石壳形成过程中可能还受到下尿路因素的影响。同时,本研究还发现,磷酸铵镁在 D-J 管附着石壳中的占比高于上尿路结石,且与下尿路结石比较,差异无统计学意义,这提示下尿路感染在影响 D-J 管附着石壳形成中可能发挥了重要作用。因此,建议泌尿系统留置 D-J 管期间需定期检测尿液,并注意预防和控制感染^[30-31]。

研究^[32]指出,尿酸结石可随年龄的增长而增加,60 岁以上人群尿酸结石的比例可达到 21%。本研究显示,碳酸磷灰石随年龄增加逐渐降低,但 30 岁人群中的发生率差异有统计学意义。尽管保山地区结石成分呈现出上述独特特征,然而其具体原因目前尚不清楚,是否与当地人群钙磷代谢障碍、肾酸化缺陷及泌尿道感染有关还需进一步研究^[33]。

综上所述,红外光谱技术首次对保山地区进行大规模结石成分分析发现,不同结石成分在不同性别、部位和年龄段间的分布差异及本地区一些独特的结石成分分布特征可能与保山地区人群饮食习惯、地质因素、激素水平、代谢状态及泌尿道感染等因素有关。因此,针对上述因素制订针对性的结石预防措施对于降低本地区尿石症的发生率有重要指导意义。

参考文献

- [1] SHOAG J, TASIEN G E, GOLDFARB D S, et al. The new epidemiology of nephrolithiasis[J]. Adv Chronic Kidney Dis, 2015, 22(4): 273-278.

- [2] ARIAS VEGA M R, PERULA DE TORRES L A, CARRASCO VALIENTE J, *et al.* Prevalence of urolithiasis in the 40 to 65 year old Spanish population: The PreLiRenE study[J]. *Med Clin (Barc)*, 2016, 146(12): 525–531.
- [3] TAE B S, BALPUKOV U, CHO S Y, *et al.* Eleven-year Cumulative Incidence and Estimated Lifetime Prevalence of Urolithiasis in Korea: a National Health Insurance Service-National Sample Cohort Based Study[J]. *J Korean Med Sci*, 2018, 33(2): e13.
- [4] WANG W, FAN J, HUANG G, *et al.* Prevalence of kidney stones in mainland China: A systematic review[J]. *Sci Rep*, 2017, 7: 41630.
- [5] RAMASWAMY K, KILLILEA D W, KAPAHI P, *et al.* The elementome of calcium-based urinary stones and its role in urolithiasis[J]. *Nat Rev Urol*, 2015, 12(10): 543–557.
- [6] SUN X, SHEN L, CONG X, *et al.* Infrared spectroscopic analysis of 5, 248 urinary stones from Chinese patients presenting with the first stone episode[J]. *Urol Res*, 2011, 39(5): 339–343.
- [7] LUO J, TUERXUN A, SHATAER A, *et al.* Kidney Stone Composition in Third-World Areas: What Kashgar Tells Us[J]. *J Endourol*, 2018, 32(6): 465–470.
- [8] 唐寅, 白云金, 冯德超, 等. 单中心 3760 例泌尿系结石成分及其相关因素分析[J]. *四川医学*. 2021, 42(1): 14–17.
- [9] RAHEEM O A, KHANDWALA Y S, SUR R L, *et al.* Burden of Urolithiasis: Trends in Prevalence, Treatments, and Costs[J]. *Eur Urol Focus*, 2017, 3(1): 18–26.
- [10] BIBILASH B S, VIJAY A, FAZIL MARICKAR Y M. Stone composition and metabolic status[J]. *Urol Res*, 2010, 38(3): 211–213.
- [11] KIJVIKAI K, DE LA ROSETTE J J. Assessment of stone composition in the management of urinary stones[J]. *Nat Rev Urol*, 2011, 8(2): 81–85.
- [12] 陶胜华, 王炜, 王群, 等. 红外光谱法测定大连地区 1761 例泌尿系结石成分分析[J]. *大连医科大学学报*, 2020, 42(3): 198–201, 214.
- [13] YE Z, ZENG G, HUAN Y, *et al.* The Status and Characteristics of Urinary Stone Composition in China[J]. *BJU Int*, 2020, 125(6): 801–809.
- [14] MA R H, LUO X B, LI Q, *et al.* Systemic analysis of urinary stones from the Northern, Eastern, Central, Southern and Southwest China by a multi-center study[J]. *BMC Urol*, 2018, 18(1): 114.
- [15] JING Z, GUOZENG W, NING J, *et al.* Analysis of urinary calculi composition by infrared spectroscopy: a prospective study of 625 patients in eastern China[J]. *Urol Res*, 2010, 38(2): 111–115.
- [16] LEE M C, BARIOL S V. Changes in upper urinary tract stone composition in Australia over the past 30 years[J]. *BJU Int*, 2013, 112 Suppl 2: 65–68.
- [17] BORGHI L, SCHIANCHI T, MESCHI T, *et al.* Comparison of two diets for the prevention of recurrent stones in idiopathic hypercalciuria[J]. *N Engl J Med*, 2002, 346(2): 77–84.
- [18] CHARRIER M J, SAVAGE G P, VANHANEN L. Oxalate content and calcium binding capacity of tea and herbal teas[J]. *Asia Pac J Clin Nutr*, 2002, 11(4): 298–301.
- [19] YANG Y, DENG Y, WANG Y. Major geogenic factors controlling geographical clustering of urolithiasis in China[J]. *Sci Total Environ*, 2016, 571: 1164–1171.
- [20] GRANT C, GUZMAN G, STAINBACK R P, *et al.* Variation in Kidney Stone Composition Within the United States[J]. *J Endourol*, 2018, 32(10): 973–977.
- [21] FAN J, CHANDHOKE P S, GRAMPAS S A. Role of sex hormones in experimental calcium oxalate nephrolithiasis[J]. *J Am Soc Nephrol*, 1999, 10(Suppl 14): S376–S380.
- [22] WU W, YANG B, OU L, *et al.* Urinary stone analysis on 12, 846 patients; a report from a single center in China[J]. *Urolithiasis*, 2014, 42(1): 39–43.
- [23] REICHARD C, GILL B C, SARKISSIAN C, *et al.* 100% uric acid stone formers; what makes them different[J]. *Urology*, 2015, 85(2): 296–298.
- [24] TRINCHIERI A, CROPPI E, SIMONELLI G, *et al.* Anthropometric variables, physical activity and dietary intakes of patients with uric acid nephrolithiasis[J]. *Urolithiasis*, 2020, 48(2): 123–129.
- [25] 董胜兵, 陈永良, 李王坚, 等. 绍兴地区 1072 例泌尿系结石成分分析[J]. *浙江医学*, 2020, 42(24): 2682–2684, 2690.
- [26] WU W, YANG D, TISELIUS H G, *et al.* The characteristics of the stone and urine composition in Chinese stone formers: primary report of a single-center results[J]. *Urology*, 2014, 83(4): 732–737.
- [27] 苏晓伟, 王大明, 丁德茂, 等. 感染性结石的相关临床易感因素研究[J]. *临床泌尿外科杂志*, 2021, 36(4): 284–287.
- [28] DAUDON M, BAZIN D, LETAVERNIER E. Randall's plaque as the origin of calcium oxalate kidney stones[J]. *Urolithiasis*, 2015, 43(Suppl 1): 5–11.
- [29] ROBERT M, BOULARAN A M, EL SANDID M, *et al.* Double-J ureteric stent encrustations: clinical study on crystal formation on polyurethane stents[J]. *Urol Int*, 1997, 58(2): 100–104.
- [30] 章义云, 李恭会. 输尿管支架管石痂与原发结石成分的对比及成因分析[J]. *中华医学杂志*, 2020, 100(14): 1084–1086.
- [31] LIESKE J C, RULE A D, KRAMBECK A E, *et al.* Stone composition as a function of age and sex[J]. *Clin J Am Soc Nephrol*, 2014, 9(12): 2141–2146.
- [32] USMAN K D, GOLAN S, ABDIN T, *et al.* Urinary stone composition in Israel: current status and variation with age and sex—a bicenter study[J]. *J Endourol*, 2013, 27(12): 1539–1542.
- [33] DESSOMBZ A, LETAVERNIER E, HAYMANN J P, *et al.* Calcium phosphate stone morphology can reliably predict distal renal tubular acidosis[J]. *J Urol*, 2015, 193(5): 1564–1569.