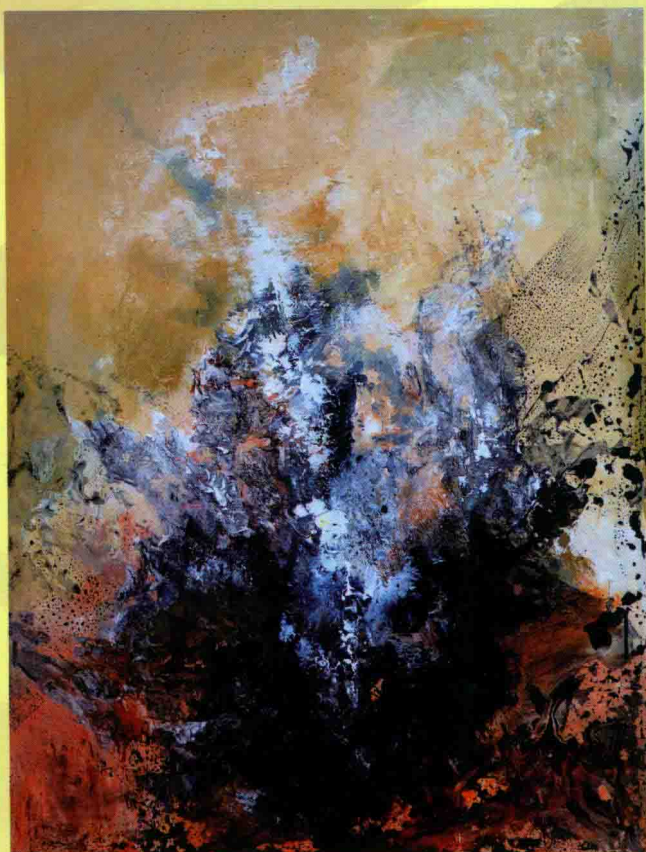


泌尿系结石诊断与治疗

主编 李 昕 毕建斌 李 钧 柳 青



東北大學出版社
Northeastern University Press

泌尿系结石诊疗

ISBN 978-7-5517-1373-3



9 787551 713733 >

定价：60.00元

泌尿系结石诊断与治疗

主编 李 昕 毕建斌 李 钧 柳 青

东北大学出版社

· 沈 阳 ·

© 李 昕 毕建斌 李 钧 柳 青 2016

图书在版编目 (CIP) 数据

泌尿系结石诊断与治疗 / 李昕等主编. — 沈阳: 东北大学出版社, 2016. 8

ISBN 978-7-5517-1373-3

I. ①泌… II. ①李… III. ①泌尿生殖系统—结石(病理)—诊疗
IV. ①R691.4

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2016) 第 189618 号

出 版 者: 东北大学出版社

地址: 沈阳市和平区文化路三号巷 11 号

邮编: 110819

电话: 024-83687331(市场部) 83680267(社务部)

传真: 024-83680180(市场部) 83687332(社务部)

E-mail: neuph@neupress.com

http://www.neupress.com

印 刷 者: 沈阳中科印刷有限责任公司

发 行 者: 东北大学出版社

幅面尺寸: 185mm × 260mm

印 张: 17.75

字 数: 419 千字

出版时间: 2016 年 8 月第 1 版

印刷时间: 2016 年 8 月第 1 次印刷

组稿编辑: 向 阳

责任编辑: 孙德海

封面设计: 丁 檬

插 图: 丁 檬

责任校对: 周文婷

责任出版: 唐敏志

ISBN 978-7-5517-1373-3

定 价: 60.00 元



编委会

主 编

李 昕 沈阳军区总医院
毕建斌 中国医科大学附属第一医院
李 钧 首都医科大学附属北京友谊医院
柳 青 沈阳红十字会医院

编委（按姓氏笔画为序）

万 楠 沈阳军区总医院
田 星 石河子大学药学院
刘 龙 沈阳军区总医院
刘志宇 大连医科大学附属第二医院
刘贤奎 中国医科大学附属第一医院
刘屹立 中国医科大学附属第四医院
闫 石 沈阳红十字会医院
李建中 沈阳军区总医院
宋文君 沈阳红十字会医院
吴文起 广州医科大学附属第一医院
张国旭 沈阳军区总医院
邹明宇 沈阳军区总医院
邵 兵 沈阳军区总医院
岳 晶 沈阳军区总医院
赵庆春 沈阳军区总医院
胡晓芳 沈阳军区总医院
姜 萍 沈阳军区总医院
费 翔 中国医科大学附属盛京医院
郭 彬 广州医科大学附属第一医院
符伟军 解放军总医院
曹军英 沈阳军区总医院

插图 封面设计

丁 檬 辽宁美术家艺术馆

序 言

随着人们生活水平的提高，泌尿系结石的发病率逐年提高，在泌尿系疾病中所占比例越来越高，也越来越受到医务人员重视。人们对于疾病的治疗不再局限于解决疾病本身，同时追求一种更符合生理、更加精确、减少创伤、疗效同样甚至提高的现代治疗理念，泌尿系结石的微创化治疗进程就是其最佳证明。

虽然我国较多医院已开展了结石病的诊断及治疗，但发展并不均衡。泌尿系结石有着复杂的成因、地域性影响较大、治疗手段也不尽相同、较高的复发率，都是临床泌尿外科医生所面临的问题。目前，全面、系统、科学介绍泌尿系结石专业的书籍还比较少，这不利于专业医疗的发展。《泌尿系结石诊断与治疗》系统详细介绍了泌尿系结石的成因、诊断、治疗、手术培训及预防方面内容，力争做到内容新颖、翔实、实用。本书有较高的实用价值，非常适合泌尿外科医师、实习医师阅读，也可供广大泌尿外科医师在临床工作中参考借鉴。

衷心祝贺《泌尿系结石诊断与治疗》的出版，相信本书能够帮助读者提高理论水平及操作水平。希望广大同仁对该书提出宝贵意见，使结石病诊治工作做到尽善尽美。

郭应禄
2016.5.5

（郭应禄，中国工程院院士，泌尿外科和男科学学科带头人）

目 录

第一部分	尿石症概述	1
第一章	尿石症的流行病学	1
第二章	尿路结石病因	3
第一节	概 述	3
第二节	不同类型结石成因特点	4
第三章	肾绞痛	9
第一节	临床表现	9
第二节	实验室及影像学表现	9
第三节	鉴别诊断	10
第四节	治 疗	11
第四章	尿结石的理化性质	13
第一节	结石的化学成分	13
第二节	结石的物理性质	15
第五章	药物与尿石症	18
第一节	概 述	18
第二节	常见致肾结石药物	19
第三节	药物性结石的治疗	26
第四节	药物性结石的预防	28
第二部分	尿石症的客观检查诊断	33
第一章	尿石症的影像学检查	33
第一节	X 线检查	33
第二节	B 超检查	36
第三节	泌尿系结石 CT 检查	41
第四节	磁共振尿路造影	48
第二章	放射性核素检查	50
第一节	肾动态显像	50
第二节	肾 图	54
第三节	利尿剂介入试验	56
第四节	放射性同位素结石疾病应用总结	58

第五节	几种与泌尿系结石相关的 ^{99m} Tc - DTPA 肾图曲线	59
第三章	尿石症的实验室检查	62
第一节	尿液一般检查	62
第二节	尿沉渣检验	64
第三节	血和尿生化检验	71
第四节	结石分析	80
第五节	特殊实验室检查	83

第三部分	尿石症的治疗	84
-------------	---------------	-----------

第一章	溶石治疗	84
第一节	概 述	84
第二节	溶石药物的选择	84
第三节	适应证	86
第四节	禁忌证	86
第五节	局部灌注溶石的操作技术	87
第六节	注意事项及并发症	87
第二章	体外冲击波碎石术	89
第一节	发展史	89
第二节	基本原理	90
第三节	定位系统	91
第四节	冲击波的生物学效应	92
第五节	临床应用	93
第六节	并发症及处理	107
第三章	硬性输尿管镜	110
第一节	器械与设备	110
第二节	适应证及禁忌证	112
第三节	术前准备	113
第四节	手术步骤	114
第五节	操作中常见问题及解决方法	116
第六节	术后处理	118
第七节	并发症	119
第四章	纤维输尿管镜技术	122
第一节	纤维输尿管镜、钬激光和相关耗材	122
第二节	输尿管软镜手术相关检查和术前准备	127
第三节	输尿管软镜手术适应证和禁忌证	130
第四节	输尿管软镜手术应用解剖	131
第五节	纤维输尿管镜手术操作	132
第六节	纤维输尿管镜的临床应用	139
第七节	纤维输尿管镜手术并发症的预防和处理	152

第五章 经皮肾镜碎石术	156
第一节 发展过程	156
第二节 适应证和禁忌证	157
第三节 器械与设备	157
第四节 手术过程及技巧	161
第五节 并发症的预防和治疗	167
第六节 评 价	171
第六章 多镜联合碎石术	172
第一节 发展过程	172
第二节 适应证与禁忌证	174
第三节 器械与设备	175
第四节 手术过程及技巧	177
第五节 并发症的预防和治疗	179
第六节 评 价	181
第七章 经后腹腔途径腹腔镜输尿管切开取石术	183
第八章 经皮肾造瘘术	186
第一节 肾脏相关解剖	186
第二节 经皮穿刺肾造瘘术的适应证和禁忌证	189
第三节 经皮穿刺肾造瘘技术特点	189

第四部分 特殊类型的尿石症

194

第一章 肾钙乳症	194
第二章 输尿管膨出并结石	196
第三章 肾盂输尿管连接部梗阻并结石	198
第四章 肾钙盐沉着症	201
第五章 结石性尿闭	203
第六章 结石性脓肾	205
第七章 鹿角状结石	209
第八章 妊娠合并结石	212
第九章 儿童尿石症	215
第一节 极低出生体重儿肾结石	217
第二节 儿童上尿路结石	218

第五部分 尿源性脓毒血症

221

第一章 概 述	221
第二章 高危因素及预防措施	222
第三章 临床表现与转归	223
第四章 尿脓毒症的治疗	224

第六部分	尿石症手术护理配合	227
-------------	------------------------	------------

第一章	经皮肾镜钬激光碎石取石术手术配合流程	227
第二章	经输尿管硬镜钬激光碎石取石术手术护理配合流程	232
第三章	经输尿管软镜钬激光碎石取石术手术配合流程	237
第四章	围手术期护理	242
第一节	术前护理	242
第二节	术后护理	244
第三节	并发症的观察与护理	245
第四节	出院指导	246

第七部分	结石疾病基础研究及临床进展	249
-------------	----------------------------	------------

第一章	结石成因进展	249
第二章	成分分析进展	258
第三章	影像学诊断进展	259
第四章	治疗进展	261
第五章	预防泌尿系结石复发相关健康指导内容的研究进展	272

第一部分 尿石症概述

第一章 尿石症的流行病学

尿石症是泌尿外科最常见的疾病之一，可引起疼痛、血尿、发热等症状，甚至导致反复、严重的尿路感染和急性尿路梗阻，引起急、慢性肾功能不全，甚至肾切除等不良后果。世界不同地区尿石症发病率为 2% ~ 20%，国内部分地区发病率为 4.9% ~ 9.8%。

2013 年 5 月至 2014 年 7 月，广州医科大学附属第一医院曾国华等组织实施了对广东、重庆、黑龙江、湖南、上海、甘肃、山西等 7 个省、直辖市的成年人群尿石症流行病学横断面调查，结果显示全国成年人群尿石症患病率为 6.5% (605/9310)，经性别、年龄标准化后患病率为 6.06%，低于日本 (7%)，高于美国 (5.2%)。所有抽样地区中，广东尿石症标准患病率 (11.63%) 最高，山西 (0.14%) 最低，可能是由中国幅员辽阔，每个地区的气候、生活饮食习惯、经济发展水平等因素的差异造成的。农村地区患病率明显高于城市地区，南方地区 (广东、湖南、上海、重庆) 患病率明显高于北方地区 (山西、甘肃、黑龙江)。男性尿石症患病率高于女性。其中 31 ~ 40 岁和 41 ~ 50 岁组，男性患病率均高于女性。而 51 岁后，男、女患病率差异无统计学意义，可能是由于 51 岁后，女性处于围绝经期或绝经期，体内雌激素水平下降，尿钙排泄增加，导致尿石症的发病率及患病率增加。人群的尿石症患病率随年龄增长而增加，峰值出现在 51 ~ 60 岁 (7.04%) 和 70 岁以上 (9.16%)。605 例结石患者中，单纯上尿路结石占 99.50% (602/605)，说明随着生活水平的提高，上尿路结石越来越常见，且以小结石为主 (小于 10mm 结石为多见)。

2013 年，汤宗源等对广西瑶族成年人群实施调查，肾结石患病率为 12.0%，男女患病率分别为 13.3%、10.7%，高于同期全国水平。同时本调查显示，当 BMI (身体质量指数) $\geq 25.0 \text{ kg/m}^2$ 时，肾结石患病率高达 16.5%，其原因可能是 BMI 过高者存在胰岛素抵抗，可引起尿酸增多。研究还发现睡前饮水者较不饮水者的患病率高，可能因为睡前大量饮水导致尿液在泌尿系统储存时间长从而增加患肾结石的风险。因此，在日常生活中应将睡前饮水时间提前，并在睡前排空膀胱。瑶族人群自古有喝油茶的习俗。有研究认为饮茶与肾结石呈正相关，茶中草酸含量很高，长期饮用富含草酸的茶，会使草酸在人体内沉积，而草酸是肾结石发病的原因之一。柿子是广西主要的经济作物，该地

区居民普遍喜食柿子。本调查发现食柿子是肾结石的危险因素,原因可能是柿子中富含单宁(鞣酸),低聚缩合单宁可被吸收,且其易与蛋白质结合形成结石。因此,少食柿子等富含单宁的水果可减少形成结石的风险。

王共先等对江西省结石发病情况进行总结,共调查了7497例患者,尿石症患者的发病年龄在1~91岁,平均年龄为 50.38 ± 14.363 岁;发病高峰年龄段为41~60岁,所占比例为52.04%;20岁以下及80岁以上患者所占比例最小,分别为1.62%和1.29%。已知身体质量指数的5323例病历中,患者BMI在11.11~47.83,平均数为 22.35 ± 3.26 ,中位数为21.97;其中超重患者为1222例(22.96%),肥胖患者为310例(5.82%),体重过轻患者为617例(11.59%),健康体重者为3175例(59.62%)。本研究中,结石多发病例5265例,结石单发病例2232例,结石多发与单发比例为2.36:1。上尿路结石6766例,下尿路结石522例,上下尿路同时合并结石209例,上下尿路结石比例为9.54:1,其中男性患者上下尿路结石比例为5.77:1,女性患者上下尿路结石比例高达74.73:1;下尿路结石男女比例为15.84:1,差异有明显统计学意义;上尿路结石男女比例为1.27:1,无明显统计学差异。所有病历中肾结石共计4837例,所占比例为64.52%,输尿管结石有4386例,所占比例为58.50%;下尿路结石中膀胱结石有640例,所占比例为8.54%,尿道结石有90例,所占比例为1.20%;两个及两个以上部位同时合并结石者有3378例,所占比例为45.06%,其中肾结石合并输尿管结石共有2212例,所占比例为29.51%。单一部位的上尿路结石中左右上尿路结石比值为1.02:1。

吉林大学孔祥波等总结了2012—2014年收治的451例患者,吉林省长春地区239例泌尿系结石患者中,平均年龄为49.6岁,46~55岁是长春地区泌尿系结石发病的高峰年龄段(37.24%),且这个年龄段对于男、女均是发病最高峰。男性发病多于女性,男女比例为1.75:1。在66~75岁年龄段,尿路结石发病率具有性别差异($P=0.046$)。结石成分以混合性结石为主,共191例,占79.92%。237例为上尿路或下尿路结石,其化学成分中大多数含有草酸钙,占89.54%,其中93.72%为上尿路结石,原发性下尿路结石少见。草酸钙为主型结石173例,占72.38%;尿酸类为主型结石15例,占6.28%;胱氨酸为主型结石14例,占5.86%;感染性成分为主型结石37例,占15.48%。青壮年患者(年龄 ≤ 45 岁)以草酸钙为主型结石、感染性结石居多;中老年患者(年龄 ≥ 46 岁)以草酸钙为主型结石、感染性结石、尿酸类结石相对较多;感染性结石为主的尿路结石患者性别差异具有统计学意义($P=0.04$)。

总之,目前泌尿系结石已成为泌尿外科的常见疾病,由既往南高北低的发病特点,向全国性高发病转变;从下尿路结石、复杂肾结石为主,向上尿路结石、单发小结石为主转变;医疗机构诊疗干预的作用也伴随着疾病谱的转变向筛查、预防、治疗相结合的方向转变。

第二章 尿路结石病因

第一节 概 述

导致尿路结石的因素非常复杂。古希腊时代，人们就认为遗传、营养和气候是形成结石的原因。随着电子显微镜的应用，物理化学的知识、细胞生物学和分子生物学的研究方法使人们对尿路结石的病因有了更为深入的理解。目前普遍认为尿路结石是内因外因相结合的结果。

一、外界因素

外界因素包括自然环境和社会环境。地理位置处于热带和亚热带，气候湿热和干旱的地方结石发病率较高。在我国南方尿路结石率发病高于北方，与高温出汗水分丢失较多以及日照时间长、人体内 VitD3 形成旺盛有关。个人对气候的适应能力也与尿石形成有一定关系。随着我国经济的发展和居民生活水平的提高，饮食中蛋白质和糖类所占比例较高，近年来我国尿路结石发病率有升高趋势。水的硬度高低与肾积水的发生率之间的关系没有定论，但大量饮水可以降低发生肾结石的风险。从事高温作业的人员和户外工作者肾结石的发病率高，与其出汗过多、机体水分丢失有关。

二、个体因素

个体因素包括种族、遗传疾病、代谢性疾病、肥胖、饮食习惯和服用药物等。与尿路结石形成有关的各种代谢因素包括尿 pH 值异常、低枸橼酸尿症等。其中常见的代谢异常疾病有甲状旁腺功能亢进、远端肾小管酸中毒、痛风、长期卧床、结节病、皮质醇增多或肾上腺功能不全、甲状腺功能亢进或低下、急性肾小管坏死恢复期、多发性骨髓瘤、既往有肠道手术史、Crohn 病、乳-碱综合征等。肥胖患者容易患尿酸结石和草酸钙结石，目前认为胰岛素抵抗是此类人群易患结石的重要机制。这与低尿 pH 值、尿酸增高和高尿钙等有关。

药物引起的肾结石占有所有结石的 1% 左右。药物诱发结石形成的原因有两类：一类为能够诱发结石形成的药物，包括钙补充剂、维生素 D、维生素 C（每天超过 4g）、乙酰唑胺（利尿药）等，这些药物在代谢过程中导致了其他成分结石的形成；另一类为溶解度低的药物，在尿液浓缩时析出形成结石，药物本身就是结石的成分，包括磺胺类药物、氨苯蝶啶、茚地那韦（抗病毒药物）等。

三、泌尿系统因素

尿路梗阻、感染和异物是诱发结石的主要局部因素，而梗阻、感染和结石的形成可以相互促进。各种解剖异常导致的尿路梗阻是结石形成的重要原因，临床上容易引起肾结石的梗阻性疾病包括机械性梗阻和非机械性梗阻两大类。其中，机械性梗阻原因包括肾小管扩张（髓质海绵肾）、肾盏颈狭窄（肾盏憩室、肾盏扩张）、肾盂输尿管连接部狭窄、马蹄肾及肾旋转不良、重复肾盂输尿管畸形、输尿管狭窄（包括炎症性、肿瘤、外压性因素）、输尿管口膨出等，非机械性梗阻原因包括神经源性膀胱、膀胱输尿管反流及先天性巨输尿管等。反复发作的泌尿系统感染、肾盂肾炎是导致感染性肾结石的常见原因。

上述因素最终导致尿成分和质量的改变，通过热力学、化学动力和胶体化学的规律形成各种类型的结石。这些成分和质量的变化常称作成石的危险因素。尿液是一个非常复杂的物理化学体系，尿路结石的形成自然也是复杂的物理化学过程。不同性质的尿石可能是由相同原因所致；而同一性质的尿石可由不同原因所致，甚至往往具有两种以上的危险因素。除了感染性结石外，尿石多是人体代谢产物构成的。不同成分的尿石可以反映体内相应成分的代谢异常。尿中常见的成石成分包括钙、草酸盐、尿酸、磷酸盐和胱氨酸等。因此，任何生理系统紊乱引起成石成分在尿液高度过饱和或尿中的结晶抑制因子（枸橼酸盐、柠檬酸盐、镁、焦磷酸盐等）降低时，可以启动结石形成和促进结石生长。

第二节 不同类型结石成因特点

一、草酸钙结石

大多数含钙尿石属草酸钙结石，约占 80%，还有 15% 是磷酸钙结石。含钙结石生成的病理生理机制是非常复杂的，包括低尿量、高钙尿症、高尿酸尿、高草酸尿、低柠檬酸尿症以及尿 pH 值异常。目前认为草酸钙结石是一种多基因遗传性疾病。可通过调控钙、草酸和枸橼酸盐来影响结石的形成。

1. 高钙尿症

高钙尿的定义是在随机饮食下，尿中钙排泄量大于 200mg/d 或大于 4mg/（kg·d）。在草酸钙结石中，高钙尿症是最常见的代谢紊乱，约占 30%~60%。钙主要在小肠吸收，经肾脏滤过，又从肾小管重吸收。甲状旁腺素（PTH）和 1, 25-二羟维生素 D 参与调节体内钙的平衡，其调节的器官包括肾脏、肠道、骨骼和甲状旁腺，如果这些器官的调节功能发生异常，则会导致钙的代谢紊乱。高钙尿症主要有 3 种类型：吸收性高钙尿症，原因为肠道对钙的过度吸收；肾性高钙尿症，原因是肾脏对尿钙的重吸收降低；重吸收性高钙尿症，原因是骨骼对钙的动员增强。

（1）吸收性高钙尿症。该症的主要生理紊乱是由于肠道对钙的过度吸收，增加了

肾脏对钙的滤过负荷；同时由于血钙的上升反馈性抑制了钙的分泌，使肾小管的钙重吸收减少，从而共同导致了尿钙排出量增加。由于高尿钙抵消了肠道过度吸收的钙，从而维持了血钙平衡。

吸收性高钙尿症有 3 型：Ⅰ型最为严重，与饮食无关，高钙尿持续存在。Ⅱ型则是饮食依赖性的。限制饮食含钙量后，尿钙可恢复正常。Ⅲ型是继发于肾高排磷时。低血磷促使 1, 25 - 二羟维生素 D 合成，导致肠对钙吸收增加及骨骼脱钙，终使尿钙升高，故Ⅲ型又被作为失磷性高钙尿症。也有人认为，Ⅲ型是甲状旁腺功能亢进的早期临床表现。

(2) 重吸收性高钙尿症。临床上原发性甲状旁腺功能亢进的病人约一半患有肾结石病。由于甲状旁腺分泌 PTH 过多，使骨吸收增加，骨质脱钙，同时 PTH 也刺激肾脏加强合成 1, 25 - 二羟维生素 D，造成肠道对钙的吸收增加，结果使血钙上升。虽然 PTH 也会加强肾小管对钙的重吸收，但无法克服肾的钙流失，最后的净作用是高钙尿。

(3) 肾性高钙尿症。该症是由于肾小管在钙分泌和重吸收功能障碍，引起的恶性循环。由于肾排泄钙过多，造成血钙降低，进而引起 PTH 继发性增高，后者又使 1, 25 - 二羟维生素 D 合成增多及促使肠吸收增加。

2. 高草酸尿症

高草酸尿是指尿中草酸盐排出量大于 45mg/24h。常出现在炎症性肠疾病和其他慢性腹泻致脱水的患者中。人体大约 80% 的草酸是肝内合成和维生素 C 代谢的终末产物。该症很少与草酸盐摄入过多有关。高草酸尿症主要有 3 种类型：原发性高草酸尿症，是一种少见的遗传性疾病，原因为内源性草酸产生过多，最终进展为肾脏功能衰竭；肠源性高草酸尿症，原因为外源性草酸吸收过多；特发性高草酸尿症，又称轻度代谢性高草酸尿症，发病机制仍不明确，可能与红细胞转运草酸的功能增强有关。

3. 高尿酸尿症

高尿酸尿是指尿中尿酸的排泄量大于 600mg/24h。尿酸水平升高经常是脱水和嘌呤摄入过多有关。当尿 pH 值大于 5.5 时，过饱和尿酸在含钠的尿液中解离为相对可溶的尿酸盐，尿酸盐析出结晶后，再通过异质成核的作用来直接诱导草酸钙结晶的形成。尿中过多的尿酸盐还可与尿中某些草酸钙结晶抑制因子结合，从而间接促进草酸钙结晶的形成。

4. 低枸橼酸尿症

当尿枸橼酸排泄量小于 320mg/24h 时，称为低枸橼酸尿症。在含钙结石中，低枸橼酸尿症的发生率约为 19% ~ 63%。枸橼酸是体内能量代谢的重要中间产物。在肾组织有丰富的枸橼酸代谢的酶系统，是枸橼酸合成和分解的重要部位。枸橼酸对尿液草酸钙结晶具有抑制作用。其抑制作用与下列因素有关：枸橼酸是一种结晶抑制因子，可直接抑制草酸钙结晶的成核、生长和聚集过程；枸橼酸是一种络合剂，可与尿中的钙离子络合，从而降低草酸钙饱和度，而间接抑制草酸钙结晶形成。

5. 低柠檬酸尿症

柠檬酸盐是碳酸钙结石形成的抑制剂。柠檬酸可以抑制可溶性复合物的形成，同时减少钙盐的尿液饱和度。另外，它能够直接抑制草酸钙结晶的形成。临床上 20% ~

60%的肾结石患者有尿柠檬酸盐排泄降低。尿柠檬酸盐的排泄量主要受酸碱平衡影响。低柠檬酸尿症多因为代谢性酸中毒或者酸性负荷导致近端肾小管柠檬酸盐重吸收增强。典型表现是远端肾小管性酸中毒、碳酸酐酶受抑制及血 HCO_3^- 浓度下降，常见于不完全性远端肾小管酸中毒、低血钾症患者应用噻嗪类利尿药、原发性醛固酮症、高盐饮食等人群。

6. 低镁尿症

低尿镁是指尿中排泄的镁小于 $50\text{mg}/24\text{h}$ 。镁络合草酸和钙盐，因此低镁引起抑石活力下降。尿镁低下也与低尿枸橼酸水平降低有关，共同促进结石形成。饮食镁的缺乏与草酸钙结石的形成有关，确切的机制还不清楚。

二、磷酸钙结石

磷酸钙是结石中的常见成分，如用红外光谱之类的灵敏仪器分析，大多数草酸钙结石的核心都含有磷酸钙。在患者自排的结石砂粒中，有人注意到，这些砂石往往是帽状，提示其从肾乳头脱落而来，扫描电镜也发现其中有肾小管的残痕，电子探针可测到砂石的凹面含有大量的磷。因而推测，磷酸钙成分的代谢异常在含钙结石中起着重要作用，而且可能是最先沉淀的成石物质。由于至今仍未将草酸钙和磷酸钙在成石过程中的相互关系完全阐明，目前，在临床上，往往将草酸钙结石和磷酸钙结石统称为钙性结石，而且这两种成分的混合结石的病因也基本归为一类。通常，磷酸钙含量较高的结石复发风险也较大。纯磷酸钙结石的发生率并不高，其病因多为肾小管性酸中毒。肾小管性酸中毒是由肾小管的酸化功能障碍所引起的一种代谢性酸中毒，是一种临床综合征。肾小管性酸中毒分为4型。其中只有远端型（Ⅰ型）肾小管性酸中毒和近端型（Ⅱ型）肾小管性酸中毒会引起尿路结石。该症导致结石形成的机制是由于肾脏酸化功能减弱，使尿 pH 值升高，磷酸钙在碱性环境中较易发生沉淀和析出结晶。磷酸钙也有相应的结晶抑制因子，但其性质和数目不如草酸钙结石抑制因子复杂。

1. 远端型（Ⅰ型）肾小管性酸中毒

原发性者多为肾小管有先天性功能缺陷，呈常染色体显性遗传；继发性者见于许多疾病，其中多继发于肾盂肾炎和海绵肾。发病机制可能是由于肾小管氢泵功能衰竭，不能泌氢，无法在管腔液和管周液之间建立和维持一个大的氢离子梯度。尿液酸化功能发生障碍，使尿 pH 值趋于碱性。代谢性酸中毒促进骨骼去钙化，导致继发性甲状旁腺功能亢进和高钙尿的发生。同时，全身性代谢酸中毒加强了线粒体内枸橼酸的转输，致使尿中枸橼酸含量降低，这种代谢因素也是成石的重要原因之一。该症可发生在任何年龄，常有阳性家族史；临床特征是：低钾、高氯、非离子间隙代谢性酸中毒伴肾结石病、尿 pH 值持续大于 6.0。

不完全型肾小管性酸中毒患者电解质正常，但表现为肾酸排泄障碍。特征是血 pH 值与 HCO_3^- 浓度正常，尿 pH 值不会低于 5.5，酸性饮食后仍无法将尿 pH 值降低至 5.5 以下。

2. 近端型（Ⅱ型）肾小管性酸中毒

该症为 HCO_3^- 重吸收障碍伴早期尿 pH 值升高，当血 HCO_3^- 降低和滤过量下降时尿

pH 值恢复正常。因为远端肾小管功能正常，所以较少引发肾结石。

三、尿酸结石

尿酸结石约占结石总数的 5%。尿酸结石的形成取决于三大主要决定因素：高尿酸血症、低尿 pH 值和尿量少。与含钙结石不同，至今尚未发现尿酸结晶抑制因子。

1. 高尿酸尿

临床上，尿中尿酸排出量大于 600mg/24h 即为高尿酸尿症。尿中尿酸排泄量过多是导致尿酸结石形成的主要因素。尿酸又称 2, 6, 8 - 三氧嘌呤，是嘌呤氧化分解代谢的终末产物，主要经肾脏排泄。高尿酸症的原因前面已经讨论过，在此不再赘述。

2. 低尿 pH 值

低尿 pH 值也是尿酸结石形成的重要因素，但其具体的发病过程还未完全认识。尿酸结石的形成可能与胰岛素抵抗导致尿低 pH 值相关。另外，认为尿 pH 值日间变化缺失也是形成机制之一。

3. 低尿量

与尿容量减少有关的疾病均会增加尿酸超饱和和危险。长期暴露于烈日和高温下或生活在干燥的环境中，以及体力劳动强度较大者，往往体液丢失量大，甚至脱水，使尿量减少，尿液浓缩，从而导致尿液中尿酸过饱和。

四、磷酸铵镁结石

磷酸铵镁结石主要是由六水磷酸铵镁和碳酸磷灰石组成的。在各种文献中，磷酸铵镁结石有许多同物异名，其矿物学名称是鸟粪石，因为最初它是在海鸟粪便中被发现的。由于这种结石是尿路感染所致，也称为感染性结石。磷酸铵镁结石是由尿路中能产生脲酶的细菌所致的疾病。这种细菌大多为变形杆菌。尿素分解过程提供一种碱性环境和足够浓度的碳酸及氨，导致感染石的形成。同时结石也与尿路梗阻或尿滞留有关或者受它们影响而加重。

当尿中的磷酸铵镁和碳酸磷灰石达到过饱和水平时，便会析出晶体。然而，这些晶体须黏附到尿路上皮后才能继续长大成石。细菌分解出的氨与保护尿路上皮的硫酸黏多糖的电荷具有亲和力，可使硫酸黏多糖的亲水性发生改变，进而铵离子吸附到硫酸黏多糖的硫酸根上，随之促使磷酸铵镁晶体黏附到尿路上皮。依赖这种成石晶体的黏附机制和相关离子的过饱和状态，结石得以迅速形成和生长。由于这种结石生长迅速，易被肾内集合系统塑形，往往可以长成较大的鹿角状结石。磷酸铵镁结石的病因容易查明，均继发于尿路反复感染和尿路解剖异常者。发病年龄高峰在 60 岁以上，女性多见。易感因素是尿路梗阻、神经源性膀胱以及长期留置导尿管等。

五、胱氨酸结石

胱氨酸结石继发于一种先天性的代谢障碍。胱氨酸尿症是一种常染色体隐性遗传病。目前确定基因 SLC3A1 和 SLC7A9 与之发生有关。其病理基础是肾近曲小管基底膜和肠黏膜上皮细胞对二元氨基酸（胱氨酸、鸟氨酸、赖氨酸、精氨酸等）转移缺陷，