

## 双能量能谱 CT 分析体内尿酸结石的诊断价值

张玉娇<sup>1</sup> 李小虎<sup>1</sup> 江兆翔<sup>2</sup> 刘斌<sup>1</sup> 杜俊华<sup>2</sup> 纵然<sup>1</sup> 王晓敏<sup>1</sup> 束宏敏<sup>1</sup> 余永强<sup>1</sup>

**摘要** 回顾性分析行双能量能谱 CT 扫描的 57 例尿路结石患者,采用有效原子序数及直方图判断结石成份。以红外光谱分析结果作为参照标准,双能量能谱 CT 分析体内纯尿酸结石、纯非尿酸结石、混合结石得到灵敏度 100%、91.7%、97.0%、特异度 100%、97.4%、95.7%,阳性预测值 100%、84.6%、98.5%以及阴性预测值 100%、98.7%、91.7%。双能量能谱 CT 通过有效原子序数结合直方图诊断体内纯尿酸结石、纯非尿酸结石、混合结石准确性高,可准确区分尿酸及非尿酸结石。

**关键词** 双能量 CT;泌尿系结石;尿酸结石

**中图分类号** R 364.25

**文献标志码** A 文章编号 1000-1492(2017)07-1091-04

doi:10.19405/j.cnki.issn1000-1492.2017.07.035

泌尿系结石是泌尿外科常见病、多发病,在人群中发病率高,治疗后易复发<sup>[1-2]</sup>。临床治疗中由于结石成份的不同而选择不同的治疗方案,其中尿酸结石的治疗与其它结石的治疗存在明显的差异。尿酸结石的形成机制目前尚未完全明确,一般推测与嘌呤代谢紊乱以及体内的异常矿化有关,大部分可通过内科治疗取得良好的治疗效果,从而进一步避免体外冲击波碎石术及经皮肾镜取石术导致的肾出血、后腹膜纤维化等。正因如此,治疗前区分尿酸结石及非尿酸结石对临床治疗具有重要价值。

双能量能谱 CT 通过单球管高低压瞬时切换,进行能谱扫描,其可在原始数据空间层面进行物质解析。前期研究<sup>[3]</sup>显示能谱 CT 可以区分体外单一成分的尿酸类结石、鸟粪石、胱氨酸及草酸钙类结石,但由于体内环境复杂,能谱 CT 是否可以区分体内不同成份的结石,特别是使用能谱参数中的有效原子序数,仍需要进一步的临床研究。该研究旨在初步探讨双能量能谱 CT 分析体内泌尿系结石成份

的可行性及准确性。

### 1 材料与方法

**1.1 病例资料** 回顾性研究 2016 年 3 月~11 月于安徽医科大学第一附属医院就诊的泌尿系结石患者 57 例,其中男 39 例,女 18 例;年龄 18~86(54.44±15.56)岁。本研究的纳入标准为:①行双能量能谱 CT 扫描,手术治疗结石取出后通过红外光谱分析仪进行成分分析;②结石的  $\phi > 5$  mm( $\phi < 4$  mm 的结石 80%可自行排出体外,而  $\phi > 7$  mm 的结石则很难自行排出体外,需要干预<sup>[4]</sup>)。最终 57 例患者共 89 枚结石(结石最大  $\phi$  6.10~40.17 mm,18.23±8.05 mm)纳入研究。

**1.2 扫描方法** 美国 GE Discovery CT750 HD CT 进行能谱扫描,高低管电压(80/140 kVp)瞬时(0.5 ms)切换,管电流 260 mA,螺距 0.984:1,探测器准直 64 mm×0.625 mm,球管转速 0.8 s,视野 36cm,扫描和间隔层厚均 5 mm,重建层厚 1.25 mm。

**1.3 图像处理及分析指标** 所有数据分析及图像处理在 GE AW4.4 工作站上进行。使用 GSI Viewer 软件分析处理,选择结石最大径层面,感兴趣区面积为其面积的 1/2~2/3。能谱分析:有效原子序数、直方图,并取 3 个层面分别测量结石核心部分、边缘部分及中间区域的有效原子序数值,并获取平均有效原子序数值。

**1.4 红外线光谱分析** 通过红外线光谱自动分析仪(LIIR-20 型,天津蓝莫德公司)分析结石成份。光谱范围 4 000~400  $\text{cm}^{-1}$ ,透射重复性  $\leq 0.5\%$ ,基线直线性  $\leq \pm 1\%$ ,分辨率 1.5  $\text{cm}^{-1}$ ,信噪比  $> 15 000:1$ (2 100  $\text{cm}^{-1}$ 附近,1 min)。取 1.5~2.0 mg 结石与 200~300 mg 溴化钾配比进行分析。结石成份可分为草酸钙、磷酸盐、尿酸盐、碳酸盐等。

**1.5 统计学处理** 采用 SPSS 16.0 软件进行分析,连续变量采用  $\bar{x} \pm s$  表述,分类变量采用百分比表述,计算双能量能谱 CT 分析结石成份的灵敏度、特异度(采用四格表进行表述)并参用率的参数统计进行统计分析。检验水准  $\alpha = 0.05$ 。

2017-03-04 接收

基金项目:安徽省高校省级自然科学研究重点项目(编号:KJ2013A144)

作者单位:安徽医科大学第一附属医院<sup>1</sup>放射科、<sup>2</sup>泌尿外科,合肥 230022

作者简介:张玉娇,女,硕士研究生;

余永强,男,教授,主任医师,博士生导师,责任作者,E-mail:cjr.yuyongqiang@vip.163.com

2 结果

2.1 结石构成及有效原子序数分析结果 89 枚结石中,肾结石 41 (46.1%) 枚,肾结石并发输尿管结石 28 (31.5%) 枚,输尿管结石 12 (13.5%) 枚(其中双侧输尿管结石 3 枚),膀胱结石 8 (9.0%) 枚。本文中体内纯尿酸结石、纯非尿酸类结石及混合成份结石的平均有效原子序数分别为 7.30±0.32、13.32±0.57、12.49±1.14。纯尿酸结石与其他两组数据差异有统计学意义 (P<0.001),纯非尿酸结石与混合成份结石数据虽部分存在重叠,差异有统计学意义 (P<0.001)。

2.2 光谱分析结果及分组 本研究中通过红外光谱分析仪测定的结石分为 5 种即无水尿酸结石、一水草酸钙结石、二水草酸钙结石、六水磷酸铵镁结石及碳酸磷灰石。分析结果中结石成份复杂(有单一成份、2 成份、3 成份、4 成份),考虑到结石临床不同的治疗方式、体内结石环境的复杂性,本研究把结石重新分为 3 类,即纯尿酸结石,纯非尿酸结石(草酸钙、碳酸磷灰石)及混合成份结石(至少含有 2 种不同成份结石),其中纯尿酸结石 11 枚,纯非尿酸结石 12 枚(9 枚草酸钙结石、3 枚碳酸磷灰石),混合结石 66 枚。尿酸结石占 12.4%,纯非尿酸结石占 13.5%,混合成份结石占 74.2%。

2.3 能谱结果与光谱结果对比分析 本研究能谱分析方法见图 1、2。根据平均有效原子序数值判断纯尿酸结石 10 枚,纯非尿酸结石 12 枚,混合结石 67 枚。其中 1 枚纯尿酸结石及 4 枚纯非尿酸结石诊断为混合成份结石,4 枚混合成份结石诊断为纯非尿酸结石。当使用平均有效原子序数值结合直方图综合分析诊断纯尿酸结石 11 枚,纯非尿酸结石 13 枚,混合结石 65 枚,非纯尿酸结石中仅 2 枚混合成份结石误诊为纯非尿酸结石,1 枚纯非尿酸结石诊断为混合成份结石。见表 1、2。

表 1 根据有效原子序数判断结石成份

项目	纯尿酸结石	纯非尿酸结石	混合成份结石
真阳性(n)	10	8	62
假阳性(n)	0	4	5
假阴性(n)	1	4	4
真阴性(n)	78	73	18
灵敏度(%)	90.9	66.7	93.9
特异度(%)	100.0	94.8	78.3
阳性预测值(%)	100.0	66.7	92.5
阴性预测值(%)	98.7	94.8	81.8
灵敏度(95%CI,%)	58.7~99.8	34.9~90.1	88.9~98.9
特异度(95%CI,%)	95.3~100.0	90.2~99.4	56.3~92.5

表 2 根据有效原子序数+直方图判断结石成份

项目	纯尿酸结石	纯非尿酸结石	混合成份结石
真阳性(n)	11	11	64
假阳性(n)	0	2	1
假阴性(n)	0	1	2
真阴性(n)	78	75	22
灵敏度(%)	100.0	91.7	97.0
特异度(%)	100.0	97.4	95.7
阳性预测值(%)	100.0	84.6	98.5
阴性预测值(%)	100.0	98.7	91.7
灵敏度(95%CI,%)	71.5~100.0	61.5~99.8	93.5~100.0
特异度(95%CI,%)	95.3~100.0	94.1~100.0	78.1~99.9

3 讨论

近年来关于双能量 CT 的研究不断发展,能谱分析结石成份就是其中最常见的一种临床应用。目前泌尿系结石主要包括:草酸钙结石、磷酸钙结石、胱氨酸结石、尿酸结石、感染性结石<sup>[5]</sup>。结石成份在治疗方法的选择上起着重要作用,例如尿酸类结石可以采用口服药物治疗,而非尿酸类结石一般采用体外冲击碎石或手术治疗。传统 CT 一般通过 CT 值的测量来区分尿酸及非尿酸结石,但临床实际应用中存在一定局限性<sup>[6-8]</sup>,Wisnbaugh et al<sup>[7]</sup> 的研究发现使用混合能量 CT 值仅能正确诊断 40% 的非尿酸结石。前期的研究<sup>[9-10]</sup> 表明有效原子序数鉴别尿酸及非尿酸结石具有较高的价值,较常规平扫 CT,其进一步提高了诊断准确性。还有研究<sup>[11-13]</sup> 已经表明双能量 CT 可以区分不同成份泌尿系结石,但由于人体内环境更为复杂,体内结石成份的分析成为目前临床的热点问题。

双能量能谱 CT 中的有效原子序数是能谱分析中的重要参数,理论上由于尿酸结石含有低原子序数的化学元素,因此其有效原子序数值偏低,而非尿酸类结石含有高原子序数的化学元素,因此平均有效原子序数较高。李小虎等<sup>[3]</sup> 发现体外尿酸类结石的有效原子序数为 7.0~7.8, Kulkarni et al<sup>[9]</sup> 在体外研究中测得纯尿酸结石有效原子序数 6.2~7.8,而范兵等<sup>[10]</sup> 研究中则以有效原子序数低于 7.96 作为诊断尿酸结石的标准。在本研究中,根据测量的平均有效原子序数测量体内结石成份,纯尿酸结石与其他两组差异有统计学意义,对于混合结石组中尿酸结石占主要成份的结石,其有效原子序数 (9.85±1.53) 与纯非尿酸结石组 (13.32±0.57) 差异有统计学意义。综合上述,有效原子序数的研究结合本研究的初步结果:笔者推测可以根据测量的平均有效原子序数数值及直方图离散程度对体内

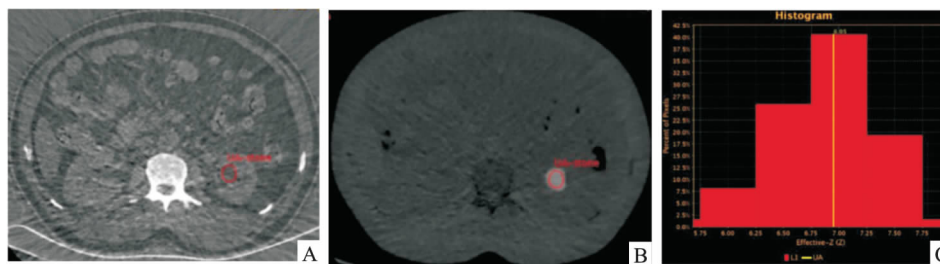


图1 纯尿酸结石成份分析示意图

纯尿酸结石,通过尿酸-草酸钙物质对分析成分;A:草酸钙图,显示为低密度;B:尿酸图,显示为高密度影;C:物质有效原子序数的分布趋势,所测层面结石有效原子序数峰值为 6.95

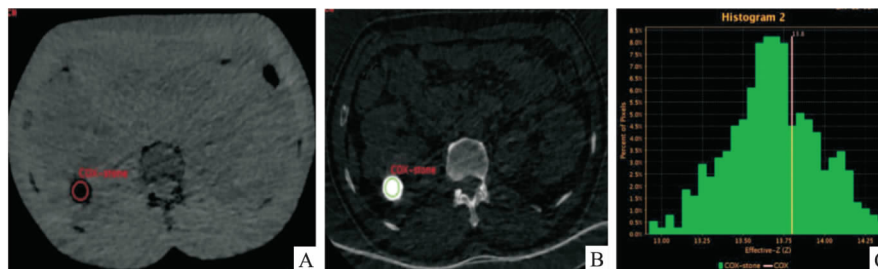


图2 纯草酸钙结石成份分析示意图

纯草酸钙结石,通过草酸钙-尿酸物质对分析成分;A:尿酸图,显示为低密度;B:草酸钙图,显示为高密度;C:物质有效原子序数的分布趋势,所测层面结石有效原子序数峰值为 13.65

的结石成分进行判别,例如当有效原子序数值在 6.2~8.0,直方图呈正态分布且离散度小时,可以判断其为纯尿酸结石(图1);有效原子序数值在 11~15,直方图呈正态分布且离散度小时,可以判断其为纯非尿酸结石(图2),如纯草酸钙结石。

草酸钙结石是泌尿系最为常见的结石类型。当仅仅参考平均有效原子序数值判断结石成份,12枚纯非尿酸结石中4枚诊断错误。这时如果结合直方图分布特点观察其离散程度可提高诊断准确性,仅1例诊断为混合成份结石。分析错误原因,结石直径较小,测量存在偏差。2枚混合成份结石诊断为纯非尿酸结石,对比光谱分析结果,显示这2枚结石虽然成份复杂,含有一水草酸钙、碳酸磷灰石、六水磷酸铵镁等成份,但是另外一种或两种成份含量较少并且其中一枚结石直径较小,导致诊断错误。本文所得纯非尿酸结石为草酸钙结石、碳酸磷灰石,用基物质对草酸钙与尿酸进行结石成份辅助分析(图1、2)。

本文收集磷酸盐结石样本量过少,需扩大样本量进一步研究;仅从有效原子序数结合直方图方面进行结石成分研究,具有一定局限性。双能量能谱CT结石成分分析为进一步研究结石的成因、预防、治疗及预后提供影像学依据。本文通过有效原子序数结合直方图分析体内尿酸结石、纯非尿酸结石及

混合结石准确性高,准确判断尿酸结石及非尿酸结石,且对纯非尿酸结石的鉴别诊断具有较高价值。

#### 参考文献

- [1] 叶章群. 泌尿系结石研究现状与展望[J]. 中华实验外科杂志, 2005, 22(3): 261-2.
- [2] Sakhaee K. Epidemiology and clinical pathophysiology of uric acid kidney stones[J]. J Nephrol 2014, 27(3): 241-5.
- [3] 李小虎, 余永强, 王万勤, 等. CT能谱成像对肾结石成分分析的初步研究[J]. 中华放射学杂志, 2011, 45(12): 1216-9.
- [4] Manglaviti G, Tresoldi S, Guerrer C S, et al. *In vivo* evaluation of the chemical composition of urinary stones using dual-energy CT[J]. AJR Am J Roentgenol, 2011, 197(1): W76-83.
- [5] 孙西钊, 贺雷, 叶章群. 正确区分不同性质的尿路结石[J]. 临床泌尿外科, 2009, 24(2): 85-6.
- [6] Patel S R, Haleblan G, Zabba A, et al. Hounsfield units on computed tomography predict calcium stone subtype composition[J]. Urol Int 2009, 83(2): 175-80.
- [7] Wisenbaugh E S, Paden R G, Silva A C, et al. Dual-energy vs conventional computed tomography in determining stone composition[J]. Urology 2014, 83(6): 1243-7.
- [8] Spek A, Strittmatter F, Graser A, et al. Dual energy can accurately differentiate uric acid-containing urinary calculi from calcium stones[J]. World J Urol 2016, 34(9): 1297-302.
- [9] Kulkarni N M, Eisner B H, Pinho D F, et al. Determination of renal stone composition in phantom and patients using single-source dual-energy computed tomography[J]. J Comput Assist Tomogr, 2013, 7(1): 37-45.
- [10] 范兵, 邱建星, 王霄英, 等. 双能CT对离体泌尿系尿酸结石

网络出版时间: 2017-5-22 17:46 网络出版地址: <http://kns.cnki.net/kcms/detail/34.1065.R.20170522.1745.036.html>

◇ 综 述 ◇

## 原发性干燥综合征动物模型的研究进展

徐诗霞 吴华勋 综述, 魏 伟 审校

**摘要** 干燥综合征是一种较为常见的自身免疫性疾病,以唾液腺和泪腺损伤较为典型,并存在较多的腺体外器官受累。目前对于此类疾病具体的发病机制仍然不明,针对发病机制的药物尚未问世,因此理想的动物模型对于新药研发具有重要的意义。目前国内外存在自发型和诱导型两种动物模型,由于自发型动物模型主要症状对于干燥综合征的机制研究存在干扰,因此对于诱导型动物模型建模方法的需求不断增加。本文干燥综合征动物模型的研究进展作一综述。

**关键词** 原发性干燥综合征;动物模型;抗原

中图分类号 R 593.2

文献标志码 A 文章编号 1000-1492(2017)07-1094-04

doi:10.19405/j.cnki.issn1000-1492.2017.07.036

2017-01-13 接收

基金项目:国家自然科学基金(编号:81330081、81302784、81673444)

作者单位:安徽医科大学临床药理研究所,抗炎免疫药物教育部重点实验室

安徽省协同创新中心,合肥 230032

作者简介:徐诗霞,女,硕士研究生;

魏 伟,男,教授,博士生导师, E-mail: wwei@ahmu.edu.cn

干燥综合征(sjogren syndrome, SS)是一种以侵犯外分泌腺为主要特征的慢性炎症性自身免疫疾病,主要临床症状为口干及眼干,并以淋巴细胞浸润为主要的病理学特征。除口干眼干外,该病还具有众多的腺外系统症状,如皮肤干燥、关节疼痛、肾脏、肺部以及消化系统损害等,部分患者出现低热、乏力等全身症状<sup>[1]</sup>。SS根据发病原因可分为原发性和继发性。原发性SS发病机制尚不清楚,目前多数认为是一种遗传、免疫、病毒等多因素综合作用的结果;继发性SS一般是继发于某种诊断明确的结缔组织病,如系统性红斑狼疮、类风湿关节炎等。SS以女性和老年患者较多,男女比例约为1:9,可能与体内激素水平有关<sup>[2]</sup>。目前,对于原发性SS的治疗仍然停留在症状改善和替代治疗水平,毒蕈碱3型受体(muscarinic 3 receptor, M3R)激动剂刺激唾液的产生,人工泪液和人工唾液的给予都不能从根本上解除该疾病给患者带来的痛苦,免疫抑制剂的诸多不良反应使得其只能作为临床基础治疗药物。

的诊断价值[J].放射学实践,2012,27(3):268-70.

[11] Spettel S, Shah P, Sekhar K, et al. Using hounsfield unit measurement and urine parameters to predict uric acid stones[J]. Urology, 2013, 82(1):22-6.

[12] 黄科峰,周宝成,黄金山,等.能谱CT有效平均原子序数对离体尿路结石成分分析的前瞻性研究[J].临床军医杂志,2011,

39(4):615-7.

[13] Duan X, Li Z, Yu L, et al. Characterization of urinary stone composition by use of third generation dual-source dual-energy CT with increased spectral separation[J]. AJR Am J Roentgenol, 2015, 205(6):1203-7.

## Diagnostic value of dual energy spectrum CT in uric acid calculus

Zhang Yujiao<sup>1</sup>, Li Xiaohu<sup>1</sup>, Jiang Zhaoxiang<sup>2</sup>, et al

(<sup>1</sup>Dept of Radiology, <sup>2</sup>Dept of Urology, The First Affiliated Hospital of Anhui Medical University Hefei 230022)

**Abstract** 57 cases of patients were treated with dual energy spectral CT scanning in a retrospective study and the effective atomic number and histogram were adopted to determine the stone composition. The results of infrared spectroscopy were used as reference standards. The sensitivity for detecting pure uric stones, pure non-uric acid stones and mixed stones were 100%, 91.7%, 97.0%, respectively; with specific degree 100%, 97.4%, 95.7%, respectively; with positive predictive value 100%, 84.6%, 98.5%, respectively; and the negative predictive value were 100%, 98.7%, 91.7%, respectively. Dual energy spectrum CT through effective atomic number combining histogram has high accuracy in the diagnosis of pure uric acid stones, pure non-uric acid stones and mixed stones and can accurately distinguish uric acid stones and non-uric acid stones *in vivo*.

**Key words** dual energy CT; urinary calculus; uric acid stone