

## 定量 CT 纹理分析鉴别体内泌尿系草酸盐与非草酸盐结石

邹婷婷, 张古沐阳, 刘彦含, 许梨梨, 肖河, 张寅生, 金征宇, 孙昊

**【摘要】 目的:**探讨应用 CT 纹理分析鉴别泌尿系草酸盐与非草酸盐结石的可行性。**方法:**对照结石成分鉴定结果, 回顾性分析 30 例草酸盐结石与 30 例非草酸盐结石患者的 CT 图像。应用 TexRAD 软件分析 CT 图像的纹理特征并比较两种成分结石之间各纹理参数间的差异。**结果:**CT 图像上, 草酸盐结石与非草酸盐结石的平均灰度值 (Mean) 在精细、中等及粗糙纹理图像上 (SSF 0~6) 差异均有统计学意义 ( $P < 0.05$ ), 标准差 (SD) 在精细、中等及粗糙纹理图像上 (SSF 0~6) 差异均有统计学意义 ( $P < 0.05$ ), 熵 (Entropy) 在精细、中等及粗糙纹理图像上 (SSF 0~6) 差异均无统计学意义 ( $P > 0.05$ ), 正性像素平均值 (MPP) 在精细、中等及粗糙纹理图像上 (SSF 0~6) 差异均有统计学意义 ( $P < 0.05$ ), 偏度 (Skewness) 在中等纹理图像上 (SSF 3~5) 差异有统计学意义 ( $P < 0.05$ ), 峰度 (Kurtosis) 在无滤过及精细纹理图像上 (SSF 0~2) 差异有统计学意义 ( $P < 0.05$ )。**结论:**草酸盐与非草酸盐结石的 CT 纹理分析参数有一定差异, CT 纹理分析具有鉴别两类结石的潜在临床应用价值。

**【关键词】** 草酸盐结石; 非草酸盐结石; 尿路结石; CT 纹理分析; 体层摄影术, X 线计算机

**【中图分类号】** R691.4; R814.42 **【文献标识码】** A **【文章编号】** 1000-0313(2019)09-0998-04

DOI:10.13609/j.cnki.1000-0313.2019.09.013

开放科学(资源服务)标识码(OSID):



**Quantitative CT texture analysis in differential diagnosis between calcium oxalate and non-calcium oxalate urinary stones** ZOU Ting-ting, ZHANG Gu-muyang, LIU Yan-han, et al. Department of Radiology, Peking Union Medical College Hospital, Peking Union Medical College, Chinese Academy of Medical Science, Beijing 100005, China

**【Abstract】 Objective:** To investigate the feasibility of using CT texture analysis in differentiating calcium oxalate stones and non-calcium oxalate stones. **Methods:** CT images of 30 patients with calcium oxalate stones and 30 patients with non-calcium oxalate stones were analyzed retrospectively. TexRAD software was used to analyze the textural features of CT images and compared the differences in each texture parameter between calcium oxalate stones and non-calcium oxalate stones. **Results:** On CT images, the mean gray value (mean) of oxalate and non-oxalate stones were significantly different ( $P < 0.05$ ) in the medium and coarse texture image (SSF 3~6). SD in rough texture image (SSF 6) has significant difference ( $P < 0.05$ ). Entropy in fine, medium, and coarse texture image (SSF 0~6) had no significant difference ( $P > 0.05$ ). The difference of MPP in medium and coarse texture image (SSF 5~6) was statistically significant ( $P < 0.05$ ). Skewness was significantly different in unfiltered and medium texture images (SSF 0, 4) ( $P < 0.05$ ), and Kurtosis was significantly different in unfiltered and fine texture images (SSF 0~2) ( $P < 0.05$ ). **Conclusion:** CT texture analysis has potential clinical application values in differentiating calcium oxalate stones and non-calcium oxalate stones.

**【Key words】** Calcium oxalate stones; Non-calcium oxalate stones; Urinary calculi; CT texture analysis; Tomography, X-ray computed

泌尿系结石是一种全球性疾病, 发病率高达 10%~15%, 治疗后易复发, 10 年复发率可高达

50%<sup>[1-2]</sup>。泌尿系结石是临床上急腹症患者比较常见的致病因素, 结石的处理对于解决患者病痛有重要的

**作者单位:** 100005 北京, 中国医学科学院北京协和医院放射科(邹婷婷, 张古沐阳, 刘彦含, 许梨梨, 金征宇, 孙昊); 101300 北京, 北京中医医院顺义医院(邹婷婷); 100005 北京, 中国医学科学院北京协和医院泌尿外科(肖河, 张寅生)

**作者简介:** 邹婷婷(1993-), 女, 黑龙江人, 住院医师, 硕士, 主要从事腹部影像诊断工作。

**通讯作者:** 孙昊, E-mail: sunhao\_robert@126.com

**基金项目:** 北京协和医学院 2017 年“青年教育学者计划”(2017zlgc0705); 2017 年北京协和医学院研究生校级教育教学改革(100232017); 2018 年北京协和医学院“中央高校基本科研业务费专项资金”(3332018022); 2019 年北京市自然科学基金面上项目(7192176)。

临床意义。不同成分的泌尿系结石临床处理方法往往不同<sup>[3]</sup>,草酸盐在泌尿系结石成分中最常见,约存在于90%的结石中,由于草酸盐结石较硬、不易碎裂,所以体外冲击波碎石术的疗效较差<sup>[4]</sup>,应积极进行手术取石。术前无创性分析泌尿系结石的成分对于选择治疗方式、预防结石复发具有重要意义。CT纹理分析是一种新颖、无创、客观的影像学后处理分析工具,能够生成反映泌尿系结石异质性的多参数指标<sup>[5]</sup>,进而给临床提供重要的特征性信息,以发现泌尿系结石间存在的细微特征性差异。本研究利用定量CT纹理分析技术鉴别泌尿系草酸盐与非草酸盐结石,旨在评价其应用于泌尿系结石成分鉴别的可行性。

## 材料与方法

### 1. 病例资料

搜集本院2015年1月—2018年10月间60例泌尿系结石患者,泌尿外科手术取石后,应用红外光谱分析法测定取出结石的成分,其中草酸盐结石和非草酸盐结石各30例,结石长径均大于7 mm。

### 2. 检查方法

泌尿外科手术取石前,采用西门子FLASH双源双能量CT(Siemens Somatom Definition,德国)行CT扫描,扫描范围自双肾上极至耻骨联合水平,采取平扫、双能量扫描模式,双源球管电压及有效电流分别为140 kVp/178 mAs,100 kVp/230 mAs,开启自动管电流调节,旋转时间0.5 s,螺距0.9 mm, kernel B30f中等平滑,准直 $32 \times 0.6$  mm,扫描层厚7 mm,无间距扫描,重建层厚及层间距均为1 mm。

### 3. 图像处理与分析

图像的选择和测量:由两位放射科医师共同回顾性分析所选取的60例结石图像,选取显示结石最大层面的轴面图像,测量结石最大长径,并将图像传送至纹理软件工作站。

纹理分析:由1位经过专业培训的放射科住院医师使用TexRAD纹理分析软件(TexRAD有限公司, www.texrad.com, part of Feedback Plc)对60个结石进行CT纹理分析。进行纹理分析之前,在每个选定的轴面图像上,手动沿着病灶轮廓内约1~2 mm的距离勾画感兴趣区(ROI),以减少周围脂肪的混杂作用。空间比例因子(spatial scaling factor, SSF)表示由滤波器突出显示的图像特征的大小,对象之间的范围半径为0、2、3、4、5和6 mm,使用标准描述符对滤过和无滤过图像中的像素值进行量化。SSF 0代表无过滤处理的图像特征,过滤值为SSF 2代表精细纹理的图像特征,SSF 3~5代表中等纹理的图像特征,SSF 6代表粗糙纹理的图像特征。从直方图分析得出一系列定量

的纹理参数,包括平均灰度值(Mean,表示在感兴趣区内像素的平均值)、标准差(SD,表示与平均值间存在变化或离散度的量度)、熵(Entropy,表示像素强度分布的不规则性)、正性像素平均值(MPP,表示像素大于零的平均值)、偏度(Skewness,表示直方图的不对称性的度量方法)和峰度(Kurtosis,表示直方图的锐度)<sup>[6]</sup>。图1~2分别为1例草酸盐结石和1例非草酸盐结石的ROI及其对应的纹理图像。

### 4. 统计学分析

采用SPSS 23.0软件进行统计学分析。数据以均数±标准差( $\bar{x} \pm s$ )表示,采用独立样本 $t$ 检验比较两种类型结石在不同SSF下各个纹理参数的差异。以 $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

## 结果

草酸盐结石长径为 $(11.28 \pm 3.22)$  cm,非草酸盐结石长径为 $(11.28 \pm 3.75)$  cm,两者间差异无统计学意义( $P = 1.000$ )。

CT图像上,草酸盐结石与非草酸盐结石的平均灰度值(Mean)在精细、中等及粗糙纹理图像上(SSF 0~6)差异均有统计学意义( $P < 0.05$ ),标准差(SD)在精细、中等及粗糙纹理图像上(SSF 0~6)差异均有统计学意义( $P < 0.05$ ),熵(Entropy)在精细、中等及粗糙纹理图像上(SSF 0~6)差异均无统计学意义( $P > 0.05$ ),正性像素平均值(MPP)在精细、中等及粗糙纹理图像上(SSF 0~6)差异均有统计学意义( $P < 0.05$ ),偏度(Skewness)在中等纹理图像上(SSF 3~5)差异有统计学意义( $P < 0.05$ ),峰度(Kurtosis)在无滤过及精细纹理图像上(SSF 0~2)差异有统计学意义( $P < 0.05$ ,表1)。

表1 纹理分析中两组差异有统计学意义的参数

参数	草酸盐结石	非草酸盐结石	$t$ 值	$P$ 值
Mean(6)	1169.39±693.68	635.67±388.70	3.676	0.001
SD(6)	472.36±314.25	271.78±205.22	2.927	0.005
Mpp(6)	1214.39±661.06	673.99±368.89	3.910	0.000
Mean(5)	1289.83±625.04	713.99±367.57	4.350	0.000
SD(5)	623.47±344.77	349.68±241.43	3.563	0.001
Mpp(5)	1358.16±588.34	766.09±367.40	4.675	0.000
Skewness(5)	-0.04±0.35	-0.24±0.30	2.372	0.021
Mean(4)	1334.06±532.50	777.77±337.46	4.833	0.000
SD(4)	809.79±369.50	445.65±269.80	4.359	0.000
Mpp(4)	1456.27±475.96	850.70±362.60	5.543	0.000
Skewness(4)	0.12±0.30	-0.06±0.20	2.807	0.007
Mean(3)	1224.63±430.30	776.59±302.18	4.667	0.000
SD(3)	958.14±354.94	547.55±311.57	4.762	0.000
Mpp(3)	1448.53±369.99	877.01±351.50	6.134	0.000
Skewness(3)	0.24±0.22	0.07±0.27	2.744	0.008
Mean(2)	894.27±296.37	619.55±236.88	3.966	0.000
SD(2)	895.32±269.40	563.17±356.96	4.068	0.000
Mpp(2)	1181.72±274.43	771.90±364.60	4.919	0.000
Kurtosis(2)	-0.98±0.23	-0.55±0.78	-2.849	0.006
Mean(0)	591.69±156.96	388.80±123.88	5.558	0.000
SD(0)	267.05±84.40	158.06±93.62	4.736	0.000
Mpp(0)	591.69±156.96	388.80±123.88	5.558	0.000
Kurtosis(0)	-1.09±0.16	-0.61±1.12	-2.296	0.025

## 讨 论

随着医学影像学检查技术的日益更新,泌尿系结石成分的无创分析方法越来越丰富,通过对体内结石成分的分析,对临床治疗方法的选择有一定的指导意义。多项研究表明双能量 CT 可以在体无创分析泌尿系结石成分<sup>[7-9]</sup>,张古沐阳等<sup>[7]</sup>在前瞻性研究中发现双能量 CT 可以准确区分体内泌尿系尿酸盐结石与非尿酸盐结石,以及草酸盐结石与非草酸盐结石。但是双能量 CT 设备昂贵,使其临床应用受限。定量纹理分析是一种近年来发展起来的无创、客观的图像后处理工具,根据计算机的运算分析得出图像像素的分布规律及特征,从而反映出病变内的异质性和病变间的微小差异。本研究结果显示,定量 CT 纹理分析中所提取的多个纹理特征参数可区分草酸盐结石与非草酸盐结石。

泌尿系结石根据其成分不同处理方式也不同,非草酸盐结石主要包括胱氨酸、尿酸盐及羟基磷灰石结石,胱氨酸结石及尿酸盐结石都需要碱化尿液来溶解结石,因此多采用药物治疗。草酸盐结石硬度较大,不适宜应用体外冲击波碎石,需要有创的外科手术及介

入取石,邓拓等<sup>[10]</sup>的研究表明 CT 值对于结石硬度的分析有一定局限性,结石硬度与 CT 值之间不存在逻辑相关性,因而从理论上讲,结石 CT 值与碎石时间之间亦不存在逻辑相关性,因此在体无创区分泌尿系草酸盐与非草酸盐结石成分可以指导临床选择有效的结石处理方法。本研究结果显示草酸盐结石的熵及偏度较非草酸盐结石高,而非草酸盐结石的峰度较草酸盐结石高。多项研究表明<sup>[5,11]</sup>,区分结石的成分可提高体外冲击波碎石疗效,结石 CT 纹理参数中,熵对体外冲击波碎石效果的预测能力高于结石体积或密度,这表明熵对结石的异质性提供了额外信息。但本研究结果显示两种结石的熵值在各种纹理图像上差异均无统计学意义,这可能与结石的层面及结石大小的选择有一定关系。峰度与冲击波碎石所需的治疗次数呈负相关,峰度值越低,需要冲击波碎石的次数越多,结石清除成功率越低。本研究结果显示两类结石的偏度在中等纹理图上差异有统计学意义,峰度在精细纹理图像上差异有统计学意义,且草酸盐结石的峰度值明显低于非草酸盐结石,与既往研究结果相互呼应<sup>[5,11]</sup>,草酸盐结石冲击波碎石疗效差,这与其峰度值低密切相关。

泌尿系草酸盐结石治疗后的复发率高达 60%~80%,因此在体无创分析结石的成分,并进行有效的治疗,有助于预防并降低结石的复发率<sup>[12]</sup>。

本研究存在以下局限性:①纳入的病例数较少,有可能高估了单个纹理参数鉴别两类结石的诊断效能,尚需扩大样本量进一步研究;②非草酸盐结石可能含有多种成分,如羟基磷灰石、胱氨酸和尿酸盐等,不同成分的比重可能影响结果的准确性,尚需扩大样本进一步验证;③仅选取结石最大截面的单张轴面图像进行纹理分析,得到的纹理参数可能并未反映两类结石纹理特征的全貌,所以今后还需通过 3D 纹理分析的方法提取整个结石的纹理信息来更全面评估纹理参数在鉴别结石方面的临床应用价值。

综上所述,CT 纹理分析对于鉴别泌尿系草酸盐与非草酸盐结石有一定意义,对于泌尿系结石手术方式的选择等临床治疗方案的制定,有一定指导意义和临床应用

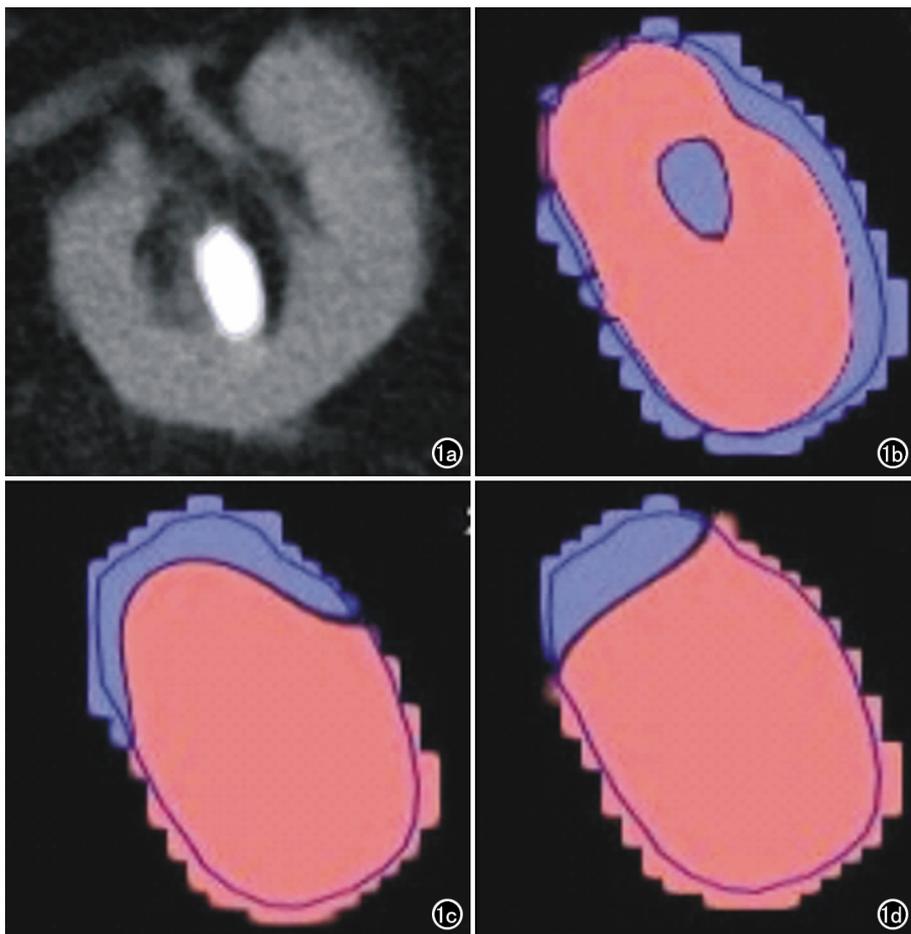


图 1 左肾下盏草酸盐结石。a)泌尿系结石 CT 图像;b)精细纹理分析图像;c)中等纹理分析图像;d)粗糙纹理分析图像。

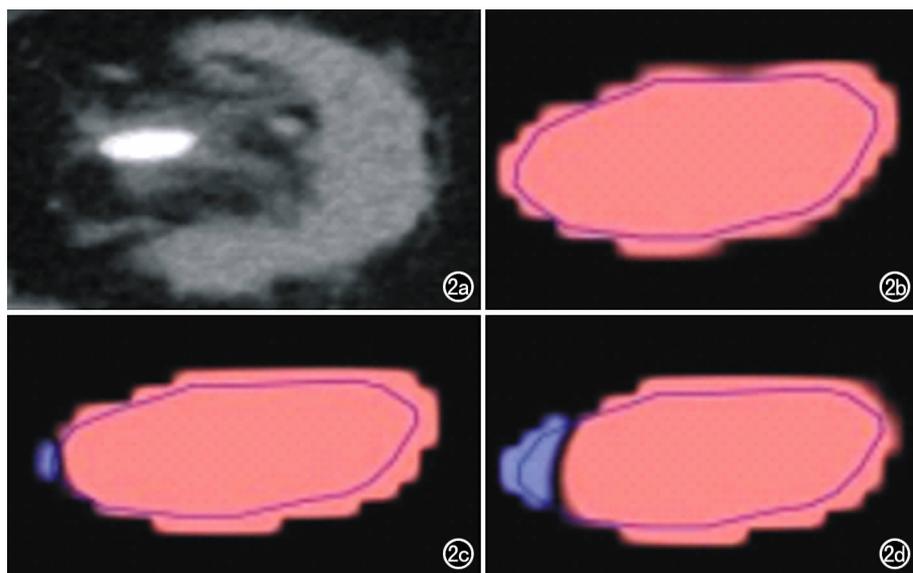


图 2 左肾盂非草酸盐结石。a) 泌尿系结石 CT 图像; b) 精细纹理分析图像; c) 中等纹理分析图像; d) 粗糙纹理分析图像。

价值。

#### 参考文献:

- [1] Sakhaee K. Epidemiology and clinical pathophysiology of uric acid kidney stones[J]. J Nephrol, 2014, 27(3): 241-245.
- [2] Tiselius HG. Metabolic risk-evaluation and prevention of recurrence in stone disease: does it make sense? [J]. Urolithiasis, 2016, 44(1): 91-100.
- [3] 李昊, 李枝峻, 徐子慧, 等. 单源双能量 CT 在体内泌尿系结石成分分析中的应用研究[J]. 中国急救医学, 2017, 37(z1): 180-181.
- [4] 程仲元, 白乐, 冯友珍, 等. 双能 CT 在体诊断泌尿系统尿酸盐和草酸盐结石的 Meta 分析[J]. 中国医学影像技术, 2016, 32(9): 1427-1431.

[5] Cui HW, Devlies W, Ravenscroft S, et al. CT Texture analysis of ex vivo renal stones predicts ease of fragmentation with shockwave lithotripsy[J]. J Endourol, 2017, 31(7): 694-700.

[6] Miles KA, Ganeshan B, Hayball MP. CT texture analysis using the filtration-histogram method: what do the measurements mean[J]. Cancer Imaging, 2013, 13(3): 400-406.

[7] 张古沐阳, 石冰, 薛华丹, 等. 双源双能量 CT 前瞻性分析体内泌尿系结石的主要成分[J]. 放射学实践, 2018, 33(1): 55-59.

[8] 张学斌, 李汉忠, 孙昊, 等. 双源 CT 体内预测尿路结石成分的临床应用研究 (附 40 例报告) [J]. 临床泌尿外科杂志, 2014, 29(2): 93-96.

[9] 曾宪春, 江杰, 吴莉, 等. 双源 CT 双能量成像体外分析泌尿系结石成分[J]. 中国医学影像学杂志, 2015, 23(2): 96-99.

[10] 邓拓, 廖邦华, 王坤杰, 等. CT 值在预测泌尿系结石的成分、硬度及碎石时间方面的作用[J]. 实用医学杂志, 2014, 30(21): 3530-3533.

[11] Xun Y, Li J, Geng Y, et al. Single extracorporeal shock-wave lithotripsy for proximal ureter stones: can CT texture analysis technique help predict the therapeutic effect? [J]. Eur J Radiol, 2018, 107(1): 84-89.

[12] Hanlon JT, Wang X, Handler SM, et al. Potentially inappropriate prescribing of primarily renally cleared medications for older veterans affairs nursing home patients[J]. J Am Med Dir Assoc, 2011, 12(5): 377-383.

(收稿日期: 2019-04-01 修回日期: 2019-05-23)