

# 全体积 CT 纹理分析在泌尿系结石的临床应用研究

张艳<sup>1</sup> 李纲<sup>2</sup>

**[摘要]** 目的:提取泌尿系结石的全体积 CT 纹理参数,分析全体积 CT 纹理参数与结石成分和钬激光碎石手术时间的关系,探讨全体积 CT 纹理分析在泌尿系结石的临床应用价值。方法:回顾性分析 2018 年 1 月—2019 年 10 月在无锡市人民医院住院接受钬激光碎石手术治疗并进行结石成分分析的 104 例泌尿系结石患者的临床资料。用相关软件处理 CT 中的结石图像,转换为数值。提取整个结石全体积的每一个像素 CT 值,计算出全体积 CT 纹理参数,包括均值、中值、和、25 百分位数、75 百分位数、极大值、极小值、全距、峰度、偏度和熵(Entropy)。比较尿酸结石、草酸钙结石和混合结石三组患者之间全体积 CT 纹理参数的差异;分析全体积 CT 纹理参数和钬激光碎石手术时间的相关性。**结果:**全体积 CT 纹理参数中,尿酸结石组的均值、中值、全距、极大值、25 百分位数、75 百分位数显著低于草酸钙结石组和混合结石组( $P < 0.05$ ),熵、峰度和偏度在尿酸结石组、草酸钙结石组和混合结石组中无明显差异( $P > 0.05$ );全体积 CT 纹理参数中 Entropy、25 百分位数、和、中值和偏度在钬激光碎石手术时间两组比较差异有统计学意义( $P < 0.05$ )。其中 Entropy、25 百分位数及和与钬激光碎石手术时间成正相关性;偏度呈负相关性。Entropy 呈最强的正相关性( $r > 0.5$ , Pearson 和 Spearman 相关系数同时满足),25 百分位数与和呈现较强的正相关性( $0.3 < r < 0.5$ , Pearson 和 Spearman 相关系数同时满足),偏度呈现中等强度负相关性( $r = -0.351$ , Pearson 相关系数; $r = -0.345$ , Spearman 相关系数)。**结论:**全体积 CT 纹理参数中,均值、中值、全距、极大值、25 百分位数和 75 百分位数在尿酸结石组中明显低于非尿酸结石组,这些纹理参数有望被选用来帮助区分尿酸结石和非尿酸结石;Entropy、25 百分位数及和与钬激光碎石手术时间正相关,偏度与钬激光碎石手术时间负相关,这些纹理参数的测量有助于术前评估钬激光碎石手术的难易程度。

**[关键词]** 结石;纹理参数;CT;手术;成分

**DOI:**10.13201/j.issn.1001-1420.2021.07.008

**[中图分类号]** R691.4 **[文献标志码]** A

## Research on clinical application of whole volume CT texture analysis in urinary stones

ZHANG Yan<sup>1</sup> LI Gang<sup>2</sup>

(<sup>1</sup>Department of Urology, Affiliated Wuxi People's Hospital, Nanjing Medical University, Wuxi, Jiangsu, 214023, China; <sup>2</sup>Department of Urology, First Affiliated Hospital of Soochow University)

Corresponding author: LI Gang, E-mail: gangli@suda.edu.cn

**Abstract Objective:** To extract the whole volume CT texture parameters of urinary stones, to analyze the relationship between the whole volume CT texture parameters and the composition of the urinary stones as well as the operation time of holmium laser lithotripsy, and to discuss the clinical application of the whole volume CT texture analysis in urinary stones. **Methods:** The data of 104 patients with urinary stones who were hospitalized in Wuxi People's Hospital and received both holmium laser lithotripsy and stone composition analysis from January 2018 to October 2019 were retrospectively collected. Relevant softwares were used to process the urinary stone images in CT and then were converted to numerical values. The CT values of every pixel in the whole stone volume were extracted and the whole volume CT texture parameters including the mean, median, sum, 25th percentile, 75th percentile, maximum, minimum, full range, kurtosis, skewness and entropy were calculated. Comparing the difference of the whole volume CT texture parameters between every two of the three groups of patients with uric acid stones, calcium oxalate stones and mixed stones and analysis of the correlation between the whole volume CT texture parameters and the operation time of holmium laser lithotripsy were conducted. **Results:** Among the whole volume CT texture parameters, the mean, median, full range, maximum, 25th percentile and 75th percentile of the uric acid stone group were significantly lower than those of the calcium oxalate stone group and the mixed stone group ( $P < 0.05$ ). Entropy, kurtosis and skewness had no significant difference among the uric acid stone group, the calcium oxalate stone group and the mixed stone group ( $P > 0.05$ ). Among the whole volume CT texture parameters, entropy, 25th percentile, sum, median and skewness were all related to the two groups of the operation time of holmium laser lithotripsy ( $P < 0.05$ ), of which entropy, 25th percentile and sum

<sup>1</sup>南京医科大学附属无锡人民医院泌尿外科(江苏无锡,214023)

<sup>2</sup>苏州大学附属第一医院泌尿外科

通信作者:李纲,E-mail:gangli@suda.edu.cn

showed positive correlation while skewness showed negative correlation. Entropy showed the strongest positive correlation ( $r > 0.5$ , Pearson and Spearman correlation coefficients), 25th percentile and sum showed strong positive correlation ( $0.3 < r < 0.5$ , Pearson and Spearman correlation coefficients), the skewness showed a medium intensity negative correlation ( $r = -0.351$  Pearson correlation coefficient;  $r = -0.345$ , Spearman correlation coefficient). **Conclusion:** Among the whole volume CT texture parameters, the mean, median, full range, maximum, 25th percentile and 75th percentile are significantly lower in the uric acid stone group than those in the non-uric acid stone groups. These texture parameters have potential to be selected to help distinguish uric acid stones from non-uric acid stones. Entropy, 25th percentile and sum are positively related to the operation time of holmium laser lithotripsy, but skewness showed a negative correlation with the operation time of holmium laser lithotripsy. The measurements of the whole volume CT texture parameters were helpful to pre-evaluate the difficulty of the holmium laser lithotripsy.

**Key words** stone; texture parameters; CT; operation; composition

泌尿系结石是泌尿外科的常见疾病,且治疗后易复发。如果能够在结石排出前无创性地预测出结石成分、了解其“硬度”,这对于治疗方式的选择以及手术难易程度的掌控等方面有着重要的意义。CT 纹理分析(CT texture analysis, CTTA)是近年来发展起来的一种新兴的、客观的、可重复操作的图像处理技术。其能提取 CT 图像特征,生成反映病变内异质性的多参数指标,为临床上一些疾病的鉴别诊断及预后预测提供重要信息<sup>[1]</sup>。本研究将纹理分析应用于泌尿系结石的 CT 影像,旨在分析全体积 CT 纹理参数与结石成分和钬激光碎石手术时间的关系,探讨全体积 CTTA 在泌尿系结石中的临床应用价值。

## 1 资料与方法

### 1.1 临床资料

选择 2018 年 1 月—2019 年 10 月于无锡市人民医院住院接受钬激光碎石手术治疗并进行结石成分分析的 104 例患者。纳入标准:①单侧单发的肾脏、输尿管、膀胱结石或后尿道结石;②结石最大直径  $> 5$  mm;③无肾积水或肾积水  $< 20$  mm;④术前行泌尿系结石 CT 平扫。排除标准:①患侧肾积水  $\geq 20$  mm;②同侧肾脏或输尿管多发结石;③患者手术前已接受体外冲击波碎石术(ESWL)治疗。104 例患者中,男 71 例,女 33 例;年龄 22~77 岁,平均  $(49.53 \pm 11.87)$  岁;身高 145~188 mm,平均  $(167.44 \pm 8.33)$  mm;体重 45~105 kg,平均  $(69.91 \pm 12.01)$  kg;肾结石 18 例,输尿管结石 80 例,膀胱结石 5 例,后尿道结石 1 例。

### 1.2 方法

**1.2.1 手术方式** 104 例患者中,采用输尿管镜钬激光碎石术 26 例,软性输尿管镜钬激光碎石术 70 例,经皮肾穿刺造瘘碎石术 2 例,经尿道膀胱镜钬激光碎石术 6 例。按手术时间的不同,分为  $\leq 60$  min 和  $> 60$  min 两组,其中  $\leq 60$  min 组 70 例,  $> 60$  min 组 34 例。

**1.2.2 结石成分分析** 手术取出的结石清洗烘干后,由同一名操作者使用蓝莫德红外光谱分析仪进

行结石成分分析。104 例结石按成分的不同可以分为一水草酸钙、一水草酸钙+二水草酸钙、一水草酸钙+碳酸磷灰石、一水草酸钙+二水草酸钙+碳酸磷灰石、碳酸磷灰石、尿酸铵结石、无水尿酸结石。

**1.2.3 CT 数据采集** 采用 SIEMENS SOMA-TOM Definition 型螺旋 64 排机进行仰卧位非增强扫描,使用以下扫描参数:120 kV,250 mA,螺距 0.8 mm,层厚 5 mm。

**1.2.4 CTTA 数据的提取** 下载 104 例患者的泌尿系结石平扫 CT 图像,保存为 DICOM 格式。使用免费软件 Onis 2.5 Free Edition 及 Fiji. app,对结石的全体积 CT 图像进行处理。步骤:在 Onis 2.5 Free Edition 软件中打开并找出所有层面结石的 CT 图像,然后导出无压缩 DICOM 文件。使用 Fiji. app 逐层将导出的结石图像放大,并描绘出来,周围结构被仔细排除(图 1)。分别用宏命令(MACRO)提取所有结石 CT 层面每个像素的 CT 值,并汇总这例结石的所有层面即全体积的像素 CT 值。



图 1 结石像素被放大并区别出(黄色线条内)

**1.2.5 全体积 CTTA** 用 SPSS 19.0 软件分析每例结石全体积 CT 所有像素 CT 值,运用公式计算出每例结石的熵(Entropy),并计算出每例结石的其他全体积 CT 纹理参数,具体包括均值、中值、偏度、峰度、全距、极大值、极小值、和、25 百分位数和

75 百分位数。

### 1.3 统计学方法

应用 SPSS 19.0 统计软件进行数据分析。计量资料以  $\bar{x} \pm s$  表示,其中性别构成和结石成分构成与钬激光碎石手术时间之间采用  $\chi^2$  检验,年龄、体重指数(BMI)、CT 横断面最长径、三种结石成分组间的 CT 纹理参数差异、两个手术时间组之间的 CT 纹理参数差异采用  $t$  检验。以  $P < 0.05$  为差异有统计学意义。

## 2 结果

### 2.1 患者的总体情况

104 例患者的结石成分中,一水草酸钙结石 30 例,一水草酸钙+二水草酸钙结石 31 例,一水草酸钙+碳酸磷灰石 16 例,一水草酸钙+二水草酸钙+碳酸磷灰石 10 例,碳酸磷灰石 1 例,尿酸铵结石 1 例,无水尿酸结石 15 例。其中 1 例患者(柯 XX,男,输尿管结石,结石成分为一水草酸钙+二水草酸钙)偏度和峰度数据缺失。共入组 103 例,其中男 70 例,女 33 例;平均年龄(49.65±11.87)岁;BMI<18.5 kg/m<sup>2</sup> 有 3 例,18.5~24.0 kg/m<sup>2</sup> 有 37 例,>24.0 kg/m<sup>2</sup> 有 63 例;肾结石 18 例,输尿管结石 79 例,膀胱和尿道结石 6 例;CT 横断面最长径平均(9.80±4.80) mm。

### 2.2 全体积 CT 纹理参数

入组患者结石的全体积 CT 纹理参数:均值(494.15±164.61) HU、中值(437.67±165.66) HU、25 百分位数(247.50±65.04) HU、75 百分位数(705.84±272.87) HU、极大值(1136.47±404.84) HU、极小值(124.27±19.34) HU、全距(1012.19±405.66) HU、和(227 766.05±784 460.80) HU、峰度(-0.61±0.69)、偏度(0.58±0.37)、Entropy(7.14±1.22)。

### 2.3 全体积 CT 纹理参数和结石成分的关系

删除无效数据条目三组,其中两组结石成分总体样本过少(尿酸铵结石、碳酸磷灰石各只有 1 例),差异无统计学意义;一组相关指标数据缺失(柯 XX)。按结石成分分为三组,其中草酸钙结石(包括一水草酸钙、一水草酸钙+二水草酸钙)组 60 例、混合结石(一水草酸钙+碳酸磷灰石、一水草酸钙+二水草酸钙+碳酸磷灰石)组 26 例、尿酸结石组 15 例。

全体积 CT 纹理参数中的均值、中值、全距、极大值、25 百分位数和 75 百分位数在尿酸结石组中都明显低于草酸钙结石组和混合结石组;全体积 CT 纹理参数中的峰度、偏度、Entropy 在尿酸结石组、草酸钙结石组和混合结石组之间无明显差异。见表 1。

### 2.4 全体积 CT 纹理参数和钬激光碎石手术时间的关系

为排除结石位置和碎石手术术式等对手术时间的影响,入组条件为上述 104 例患者中行软性输尿管镜钬激光碎石术的肾脏和输尿管上段结石患者共 66 例,其中男 41 例,女 25 例。软性输尿管镜钬激光碎石术的碎石功率为 20 W,手术由经验丰富的同一名泌尿外科主任医师进行。入组手术时间全部以分钟计算。手术时间的均值为 60.14 min,故将钬激光碎石手术时间分为 ≤60 min 组和 >60 min 组两组,其中 ≤60 min 组 39 例、>60 min 组 27 例。两组患者性别、年龄、BMI 和结石成分比较差异均无统计学意义( $P > 0.05$ ),但钬激光碎石手术时间 ≤60 min 组的结石 CT 横断面最长径小于手术时间 >60 min 组的结石 CT 横断面最长径,两组比较差异有统计学意义( $t = -4.407, P < 0.05$ )。见表 2。

表 1 全体积 CT 纹理参数和结石成分的关系

CT 纹理参数	尿酸结石(n=15)	草酸钙结石(n=60)	混合结石(n=26)	P1(t)	P2(t)	P3(t)
均值/HU	330.55±75.71	505.81±149.13	533.19±159.42	0(6.388)	0(5.496)	0.460(-0.746)
中值/HU	314.67±76.81	441.09±158.15	466.10±147.54	0(4.442)	0(4.317)	0.483(-0.706)
全距/HU	570.27±301.64	1 058.58±355.52	1 118.27±405.44	0(5.402)	0(4.924)	0.519(-0.650)
极大值/HU	688.67±303.95	1 184.12±353.12	1 242.62±401.27	0(5.459)	0(4.984)	0.524(-0.643)
极小值/HU	118.40±27.60	125.53±19.74	124.35±12.34	0.359(0.943)	0.440(0.790)	0.737(0.338)
和/HU	119 020.93± 110 441.40	172 945.15± 366 225.44	138 746.27± 941 24.20	0.332(0.977)	0.567(0.581)	0.503(0.674)
25 百分位数/HU	215.80±36.22	246.65±62.29	255.34±58.82	0.017(2.501)	0.011(2.662)	0.540(-0.617)
75 百分位数/HU	430.62±107.51	726.99±248.66	767.99±264.03	0(6.983)	0(5.742)	0.504(-0.673)
峰度	-0.48±1.03	-0.58±0.66	-0.70±0.50	0.724(-0.360)	0.447(-0.777)	0.358(0.927)
偏度	0.45±0.42	0.63±0.36	0.59±0.30	0.138(1.547)	0.253(1.173)	0.621(0.497)
Entropy	7.18±1.15	7.04±1.22	7.23±1.16	0.677(-0.422)	0.891(0.138)	0.486(-0.702)

注:P1 为尿酸结石组和草酸钙结石组比较;P2 为尿酸结石组和混合结石组比较;P3 为草酸钙结石组和混合结石组比较。

表 2 入组患者的临床特点

例(%), $\bar{x} \pm s$

参数	钬激光碎石手术时间		$P(t/\chi^2)$
	≤60 min 组( $n=39$ )	>60 min 组( $n=27$ )	
性别			0.250(1.321)
男	22(56.41)	19(70.37)	
女	17(43.59)	8(29.63)	
年龄/岁	49.15±11.82	48.52±12.33	0.834(0.211)
BMI	24.98±3.50	25.33±2.21	0.613(-0.509)
CT 横断面最长径	9.06±2.45	13.12±4.33	0(-4.407)
结石成分			0.217(3.059)
草酸钙结石	22(56.41)	11(40.74)	
混合结石	11(28.21)	8(29.63)	
尿酸结石	5(12.82)	8(29.63)	
碳酸磷灰石	1(2.56)	0	

两组全体积 CT 纹理参数中 Entropy、25 百分位数、和、中值和偏度以及 CT 横断面最长径在钬激光碎石手术时间比较差异有统计学意义( $P < 0.05$ )。其中 Entropy、CT 横断面最长径、25 百分位数及和与钬激光碎石手术时间呈正相关性;偏度呈负相关性。Entropy 和 CT 横断面最长径与钬激光碎石手术时间呈最强的正相关性( $r > 0.5$ , Pearson 和 Spearman 相关系数同时满足),25 百分位数

和和呈现较强的正相关性( $0.3 < r < 0.5$ , Pearson 和 Spearman 相关系数同时满足),偏度呈现中等强度负相关性( $r = -0.351$ , Pearson 相关系数; $r = -0.345$ , Spearman 相关系数)。见表 3。

全体积 CT 纹理参数、CT 横断面最长径与钬激光碎石手术时间的相关性分析显示,Entropy 和 CT 横断面最长径与手术时间的相关系数最大(图 2、3)。

表 3 全体积 CT 纹理参数和钬激光碎石手术时间的关系

$\bar{x} \pm s$

CT 纹理参数	钬激光碎石手术时间		$P(t)$
	≤60 min 组( $n=39$ )	>60 min 组( $n=27$ )	
均值/HU	496.51±148.04	562.72±157.31	0.086(-1.741)
中值/HU	426.33±133.47	505.59±144.04	0.025(-2.296)
全距/HU	1 087.36±370.78	1 159.37±383.41	0.447(-0.765)
极大值/HU	1 211.03±375.76	1 279.15±379.26	0.473(-0.721)
极小值/HU	123.67±19.66	119.78±20.91	0.444(0.770)
和/HU	101 904.03±71 944.49	253 326.52±206 318.75	0.001(-3.663)
25 百分位数/HU	240.32±46.44	278.33±52.79	0.003(-3.091)
75 百分位数/HU	706.31±252.91	818.58±275.19	0.092(-1.710)
峰度	-0.43±0.69	-0.70±0.87	0.158(1.428)
偏度	0.71±0.29	0.47±0.39	0.004(2.998)
Entropy	7.06±0.84	8.04±0.70	0(-4.919)

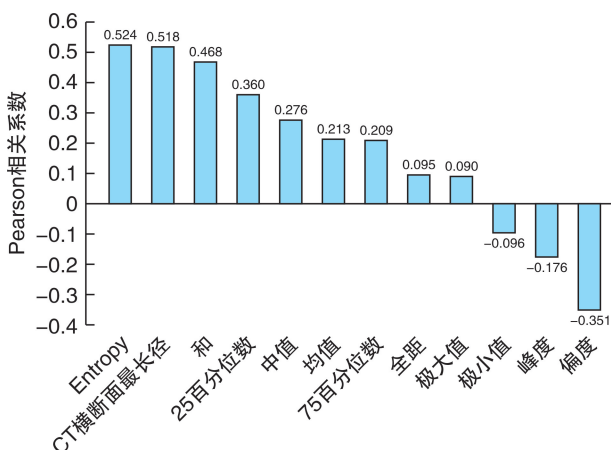


图 2 全体积 CT 纹理参数、CT 横断面最长径与钬激光碎石手术时间的 Pearson 相关系数

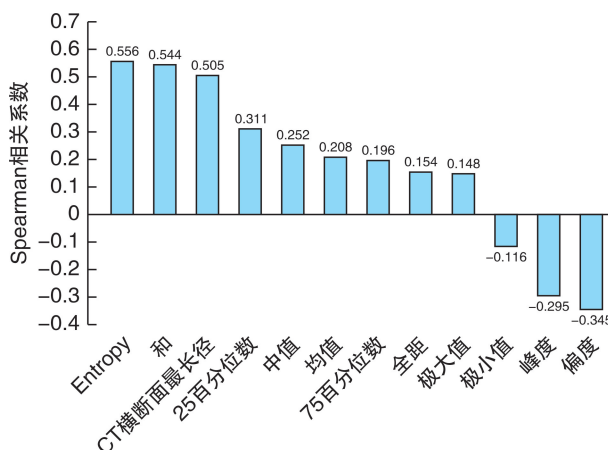


图 3 全体积 CT 纹理参数、CT 横断面最长径与钬激光碎石手术时间的 Spearman 相关系数

### 3 讨论

泌尿系结石是一个的全球性的公共卫生问题,且患病率还在持续增加。近年来,许多研究发现基于 CT 检查的相关参数能够用于预测 ESWL 治疗的成功率<sup>[2-6]</sup>,其中有研究认为 CT 值和结石成分与 ESWL 的成功率有一定相关性。但是 CT 值的测量方法仍有待探讨。由于结石的密度分布不均匀<sup>[7]</sup>,单一的感兴趣区域(region of interest, ROI)不能反映实际情况。因此,为了克服其局限性,本研究引入了全体积 CTTA。CTTA 可以客观地评估病变组织或器官的异质性。从原理上看,CT 值代表着体素的相对 X 线衰减度;而纹理特征则量化了泌尿系结石的内部密度分布,便于发现结石之间存在的细微的特征性差异。泌尿系结石的 CT-TA 通过分析结石 CT 图像中的像素或体素灰度级的分布和关系,较好地显示出结石组织结构的异质性,从而提供客观、定量的评估。

传统的 CTTA 是单一层面的 2D 纹理分析,即在 CT 图像中截取结石最大截面的图像,然后手动勾画出 ROI<sup>[8]</sup>。所以其提取出的纹理参数并不能反映整个结石纹理特征的全貌。也有研究是针对整个结石的全体积研究,其方法是在结石的每个层面勾画兴趣区,沿结石的内缘手动勾画轮廓,获得结石的感兴趣容积(volume of interest, VOI)。但是其 ROI 是沿结石内缘手动勾画,可能有相当多的一部分像素被忽略。本研究的全体积 CTTA 勾画 ROI 的方法为将结石的每个层面的像素放到最大,清晰的显示出每一个明亮的像素,然后再沿着明亮的像素边缘手动勾画(图 1),以减少周围脂肪的混杂作用。这样的方法应该更为精确,保证一部分的像素没有因为被放大找出而排除在外。本研究通过提取整个结石的全体积纹理信息来评估这些纹理参数的临床应用价值,从理论上讲,信息更加全面。但是相对来说操作起来更加复杂、更加耗时。近年来也有研究表明单一层面的 2D 纹理分析与全体积 3D 纹理分析相比较并无明显劣势<sup>[9]</sup>。

近年来钬激光碎石术已经逐渐成为泌尿系结石的一线治疗方法。但是如果钬激光碎石手术的时间太长,则并发症出现的概率也会相对增大。所以把手术时间限定在安全的范围内显得尤为重要。影响钬激光碎石手术时间的因素,常见的有钬激光设备、功率、手术者的技术水平、手术团队配合的默契程度、结石的大小、位置、成分、患者的性别和年龄等。Ito 等<sup>[10]</sup>的研究显示结石的位置以及数量对治疗结果存在影响;也有研究表明治疗各段输尿管结石的方法和效果均存在着一定的差异。本项研究旨在探讨如何通过术前结石的 CT 纹理特征来评估钬激光碎石手术的难易程度,而不讨论结石空间属性(位置、数目)对治疗结果的影响,故选用

单侧单发的行软性输尿管镜钬激光碎石术治疗的肾脏和输尿管上段结石作为研究对象;本研究中术者为同一名经验丰富的泌尿外科主任医师;2 个手术时间组的患者性别、年龄、BMI、结石成分比较,差异无统计学意义( $P > 0.05$ ),以尽量控制混杂因素。由于尿酸结石在 KUB 上不显影,故无法测得其在 KUB 上的最长径。所以我们只测量结石在 CT 横断面上的最长径。在 2 个手术时间组中,CT 横断面的最长径差异是有统计学意义的( $P < 0.05$ ),且 CT 横断面最长径与钬激光碎石手术时间呈较强的正相关性( $r > 0.5$ , Pearson 和 Spearman 相关系数同时满足)。我们可以看出  $> 60$  min 组的 CT 横断面的最长径数值明显大于手术时间  $\leq 60$  min 组,即 CT 横断面的最长径数值越大,需要的手术时间会相应延长。本研究的全体积 CT 纹理参数中的熵(Entropy)、25 百分位数及和等全体积 CT 纹理参数与钬激光碎石手术时间正相关,偏度与钬激光碎石手术时间负相关,其中 Entropy 呈最强的正相关性( $r > 0.5$ , Pearson 和 Spearman 相关系数同时满足)。

有研究表明,熵值较高的结石则需要更多的 ESWL 冲击次数<sup>[11]</sup>。熵对 ESWL 疗效的预测能力要高于结石的体积或者结石的密度。熵表示像素的紊乱程度,是像素分布随机性的度量,代表了结石的异质性。本研究中 Entropy 与钬激光碎石手术时间呈最强的正相关性。手术时间较长组的 Entropy 大于手术时间较短的组,其与前者的研究结果相一致,所以熵值较高的结石也需要更长的手术时间。在抗血管生成治疗的肿瘤中,一些研究可能发现熵是反应的最佳预测因子,而另一些研究发现峰度是反应的最佳预测因子<sup>[1]</sup>。有研究表明,熵和峰度可以预测 92% 的碎石所需的冲击次数的结果<sup>[11]</sup>。峰度与清除结石所需的 ESWL 冲击次数呈负相关,峰度的绝对值越大,清除结石所需的冲击波次数越多。而在本研究中,未发现峰度与钬激光碎石手术时间有明显的相关性。本研究中偏度在钬激光碎石手术时间两组之间的差异有统计学意义。手术时间  $\leq 60$  min 组的偏度值明显大于手术时间  $> 60$  min 组且呈现中等强度负相关性,即偏度值较低的结石,钬激光碎石时间反倒是相对较长。所以在本研究中较高的熵值和较低的偏度值,往往意味着需要更多的手术时间,可能代表着手术难度的相应增加。

有研究表明,区分结石的成分可提高 ESWL 疗效<sup>[12]</sup>。也有研究表明,非增强 CT 的 CTTA 可以准确鉴别尿酸结石与非尿酸结石<sup>[13]</sup>。本研究中的全体积 CT 纹理参数中峰度、偏度、Entropy 在尿酸结石组、草酸钙结石组和混合结石组之间无明显差异;而大部分的 CT 纹理参数,如均值、中值、全

距、极大值、25 百分位数和 75 百分位数在尿酸结石组中明显低于非尿酸结石组。这些 CT 纹理参数有望被选用来帮助区分尿酸结石和非尿酸结石。研究结果与前者研究结果相一致。如果只是某个单一的纹理参数指标低于其他组,可能并不能说明其为尿酸结石的可能性较大;而本研究中的尿酸结石组的所有均值、中值、全距、极大值、25 百分位数和 75 百分位数的 CT 值均较低,且 CT 值分布较窄,即若多个 CT 纹理参数指标都低,那么尿酸结石的可能性就越大。

本研究的结果可以帮助临床医生选择合适的治疗方法,如尿酸类结石可以选择溶石治疗;也可以对接受软性输尿管镜钬激光碎石术的患者更好地完成术前评估,了解其手术的难易程度等。而对于预期疗效欠佳的患者,可采用其他的治疗方式,如经皮肾镜碎石取石术等。

本研究局限性:①这些结石全体积 CT 纹理参数暂时只能区分尿酸结石与非尿酸结石,还不能够细分非尿酸结石中的具体成分和比例;②本研究收集的数据资料还是一个相对较少的样本,所以后续还需要大样本和多中心的前瞻性研究来更进一步验证研究的结果。

综上所述,本研究认为:①全体积 CT 纹理参数中,均值、中值、全距、极大值、25 百分位数和 75 百分位数在尿酸结石组中明显低于非尿酸结石组,这些纹理参数有望被选用来帮助区分尿酸结石和非尿酸结石。②全体积 CT 纹理参数中,Entropy、25 百分位数及和与钬激光碎石手术时间正相关,偏度与钬激光碎石手术时间负相关,这些纹理参数的测量有助于术前评估钬激光碎石手术的难易程度。

#### 参考文献

- [1] Lubner MG, Smith AD, Sandrasegaran K, et al. CT Texture Analysis: Definitions, Applications, Biologic Correlates, and Challenges[J]. *Radiographics*, 2017, 37(5):1483-1503.
- [2] El-Assmy A, El-Nahas AR, Abou-El-Ghar ME, et al. Kidney stone size and hounsfield units predict successful shockwave lithotripsy in children[J]. *Urology*, 2013, 81(4):880-884.
- [3] Cui HW, Silva MD, Mills AW, et al. Predicting shockwave lithotripsy outcome for urolithiasis using clinical and stone computed tomography texture analysis variables[J]. *Sci Rep*, 2019, 9(1):14674.
- [4] Abdelhamid M, Mosharafa AA, Ibrahim H, et al. A Prospective Evaluation of High-Resolution CT Parameters in Predicting Extracorporeal Shockwave Lithotripsy Success for Upper Urinary Tract Calculi[J]. *J Endourol*, 2016, 30(11):1227-1232.
- [5] Sugino Y, Kato T, Furuya S, et al. The usefulness of the maximum Hounsfield units(HU)in predicting the shockwave lithotripsy outcome for ureteral stones and the proposal of novel indicators using the maximum HU[J]. *Urolithiasis*, 2020, 48(1):85-91.
- [6] Yamashita S, Kohjimoto Y, Iwahashi Y, et al. Non-contrast Computed Tomography Parameters for Predicting Shock Wave Lithotripsy Outcome in Upper Urinary Tract Stone Cases[J]. *Biomed Res Int*, 2018, 2018:9253952.
- [7] Elmansy HE, Lingeman JE. Recent advances in lithotripsy technology and treatment strategies: A systematic review update[J]. *Int J Surg*, 2016, 36(Pt D):676-680.
- [8] 岳钰峰,李谋,魏毅,等. CT 值联合纹理分析预测钬激光碎石术疗效的初步研究[J]. *放射学实践*, 2019, 34(7):805-809.
- [9] Huang Y, He L, Dong D, et al. Individualized prediction of perineural invasion in colorectal cancer: development and validation of a radiomics prediction model[J]. *Chin J Cancer Res*, 2018, 30(1):40-50.
- [10] Ito H, Kawahara T, Terao H, et al. Predictive value of attenuation coefficients measured as hounsfield units on noncontrast computed tomography during flexible ureteroscopy with holmium laser lithotripsy: a single-center experience[J]. *J Endourol*, 2012, 26(9):1125-1130.
- [11] 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.
- [12] 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, 107:84-89.
- [13] Zhang GM, Sun H, Shi B, et al. Uric acid versus non-uric acid urinary stones: differentiation with single energy CT texture analysis[J]. *Clin Radiol*, 2018, 73(9):792-799.

(收稿日期:2020-11-20)