论著

基于双源CT的影像学 模型对儿童上尿路结石 的诊断价值*

唐 琴¹ 吴广巍¹ 孙 亮¹ 刘克明¹ 曲 源¹ 陈 杰^{1,*} 艾尼瓦尔·玉素甫²

1.新疆维吾尔自治区人民医院放射 影像中心

2.新疆维吾尔自治区人民医院泌尿结石 病区 (新疆乌鲁木齐 830001)

【摘要】目的 探讨基于双源CT(dual-source CT, DSCT)的影像学模型用于儿童上尿路不同成分结石 分析的诊断价值。方法 收集2021年1月至2022年 12月间上尿路结石的53例患儿作为研究对象。其中 体内的结石分析应用双能量方式进行扫描,而体外 结石则将其放置于新鲜的猪肾内并全部浸于生理盐 水中再扫描,体内和体外结石的扫描条件一致。在 其软组织窗分别采用80kV、120kV和140kV电压下 测定患儿结石的CT值,并采用双能量结石分析的 相关软件对其主要成分进行判断。同时应用前期文 献构建的影像组学预测模型和红外光谱分析结石样 品的主要成分。结果 影像组学预测模型和采用红 外光谱法分析发现29例纯结石,5例为混合结石。 24例术前采用DSCT扫描发现21例纯结石,2例混 合结石。经统计分析,草酸钙结石、尿酸结石、羟 基磷灰石、胱氨酸结石这四种纯结石年龄之间经统 计分析,不具有显著性差异,男女患儿发病情况经 统计分析,具有显著性差异。对比体内、外草酸钙 结石、羟基磷灰石、尿酸结石、胱氨酸结石的扫描 CT值在80kV、120kV和140kV下经统计分析,不具 有显著性差异。不同的结石采用DSCT法(80kV和 140kV)时CT值的差值和DEI值经统计学分析,具有 显著性差异;采用常规扫描方法和DSCT法测定的 ED值、CTDIvol值和DLP值经统计分析,均具有显著 性差异(P<0.05),其中DSCT法均高于常规扫描法。 结论 四种纯结石在不同电压下进行体内或体外扫描 其CT值均无显著性差异,可见CT可作为临床上分析 儿童上尿路结石成分的准确方法之一。结合CT值测 量及DSCT分析软件可显著提高诊断的准确性,可在 临床上推广应用。

【关键词】双源CT;双能量成像;上尿路结石;

- 儿童;诊断价值
- 【中图分类号】R693+.4 【文献标识码】A

【基金项目】新疆维吾尔自治区人民医院院内项目

(20200321); 新疆维吾尔自治区自然科学基金资助 项目(2021D01C165) DOI:10.3969/j.issn.1672-5131.2025.01.048

Diagnostic Value of Imaging Model Based on Dual Source CT for Upper Urinary Tract Stones in Children*

TANG Qin¹, WU Guang-wei¹, SUN Liang¹, LIU Ke-ming¹, QU Yuan¹, CHEN Jie^{1,*}, Ainiwaer Yusufu².
1.Radiological Imaging Center, Xinjiang Uygur Autonomous Region People's Hospital, Urumqi 830001, Xinjiang, China

2. Urolithiasis Ward, Xinjiang Uygur Autonomous Region People's Hospital, Urumqi 830001, Xinjiang, China

ABSTRACT

Objective To explore the diagnostic value of dual source CT (DSCT) based on the imaging model for analyzing different components of upper urinary tract stones in children. Methods 53 children with upper urinary tract stones admitted to our hospital from January 2021 to December 2022 were selected as the study subjects. The analysis of stones in the body is scanned using a dual energy method, while in vitro stones are placed in fresh pig kidneys and completely immersed in physiological saline before scanning. The scanning conditions for stones in the body and in vitro are consistent. The CT values of pediatric stones were measured at 80kV, 120kV, and 140kV voltages in their soft tissue windows, and the main components were determined using relevant software for dual energy stone analysis. Simultaneously applying image omics prediction model constructed by the previous literature and infrared spectroscopy to analyze the main components of stone samples. Results Using image omics prediction model and infrared spectroscopy analysis, 29 cases of pure stones were found, and 5 cases were mixed stones. 24 patients underwent preoperative DSCT scans and found 21 cases of pure stones and 2 cases of mixed stones. After statistical analysis, there was no significant difference between the ages of the four types of pure stones; calcium oxalate stones, uric acid stones, hydroxyapatite stones, and cystine stones. However, there was a significant difference in the incidence of male and female children through statistical analysis. Comparing the scanning CT values of calcium oxalate stones, hydroxyapatite, uric acid stones, and cystine stones in vivo and in vitro, statistical analysis showed no significant differences at 80kV, 120kV, and 140kV. The difference in CT values and DEI values between different stones using DSCT (80kV and 140kV) was statistically analyzed and showed significant differences; The ED value, CTDIvol value, and DLP value measured using conventional scanning method and DSCT method showed significant differences (P<0.05) through statistical analysis, with DSCT method being higher than conventional scanning method. Conclusion There is no significant difference in CT values between the four types of pure stones scanned in vivo or in vitro under different voltages, indicating that CT can be one of the accurate methods for analyzing the composition of upper urinary tract stones in children in clinical practice. Combining CT value measurement and DSCT analysis software can significantly improve the accuracy of diagnosis and can be promoted and applied in clinical practice.

Keywords: Dual Source CT; Dual Energy Imaging; Upper Urinary Tract Stones; Children; Diagnostic Value

尿路结石病是泌尿外科最常见的疾病之一,发病率约为10%~14%,且趋势逐年上 升,复发率较高^[1]。上尿路包括输尿管和肾脏,具有较高的发病率。根据化学成分可将 尿路结石分为不同类别^[2-3]。临床上常根据其成分推测其大概的形成原因,并由此选取最 适合的治疗方法以获得最佳的治疗效果^[4]。目前难以在治疗前就获得结石成分的信息, 临床上大多数结石患者盲目选择体外冲击波碎石术治疗,给患者带来有创痛苦和经济负 担,还会过度医疗浪费资源^[5]。由此可见,治疗前对结石成分充分明确可以针对性进行 临床治疗指导,对治疗后预防复发也具有重要的临床意义^[6-8]。单源CT主要以泌尿结石 的CT值变化作为主要参数来分析结石成分,但国内外研究表明仅采用CT对不同结石成 分分析差异较大^[9-10]。随着双源CT (dual-sourceCT,DSCT)的应用和发展,其独有的双 能量成像模式对于尿路结石成分的分析已得到广泛关注^[11]。多项研究表明分析尿路结石 成分采用DSCT双能量成像方法优于单源CT成像,具有更高的准确性和灵敏性^[12]。基于 此,本研究通过对比分析DSCT法与影像组学模型和红外光谱分析法对儿童上尿路结石 成分进行分析,确定不同种类的上尿路结石CT值的变化范围,并区分患儿体内、外不同 成分结石差异,评估DSCT双能量技术的准确性和预测体内结石成分的临床价值。

1 资料与方法

1.1 一般资料 将新疆维吾尔自治区人民医院2021年1月至2022年12月间收治的患有上尿 路结石的53例患儿作为研究对象。其中肾结石39例,输尿管结石10例,4例患者同时在肾 脏和输尿管均有结石。其中男童29例,女童24例,年龄范围8-16岁,平均11.8±2.6岁。 所了患儿家属均已签署本院编制的知情同意书。所有患儿均经超声、X平片、CT或肾盂静 脉造影技术中的任一方法确诊。其中53例患儿中,43例患儿在取出结石之前采用体内的 DSCT扫描,其中24例患儿取出结石后采用体外的DSCT扫描,并采用前期文献构建的影 像组学预测模型和红外光谱法分析其结石成分。共获得结石标本34例,32例肾结石,2例 输尿管结石,同一患者的所有结石均按1例算。 **1.2 方法** 从不同患儿的手术中获取体外结石(结石标木)34例,其 中经皮肾镜取石32例,输精管镜取石2例,开放手术取石2例。术 后立即用清水将其清洗干净,并放置于阴凉干燥处自然晾干。所 有结石均采用DSCT双能量技术进行扫描。本院的CT机是双源64 层螺旋CT机(西门子,德国),后处理工作站是多模式工作站(西门 子,德国),红外光谱分析仪(型号为LIIR-20,中国)。

在对43例患儿进行体内结石扫描时,需采用平卧位,其中 25例患儿先行120kV常规扫描(具体参数如下: 电压为120kV, 电流为210mA,动态曝光剂量调节开启CARE Dose 4D,旋转时 间为0.5s,螺距为0.6,准直为64×0.6mm,间距和层厚均设为 8mm,重建间距为0.7mm,重建层厚为1mm,卷积核为B30f 中级光面),再采用双能量模式扫描(参数如下: A、B管电压分别 为140kV和80kV,电流分别为55mA和300mA,动态曝光剂量调 节开启CARE Dose 4D,旋转时间为0.33s,螺距为0.9,准直为 20×0.6mm, 重建间距为0.7mm, 重建层厚为1mm, 卷积核为 B30f 中级光面); 18例患儿直接采用双能量模式进行扫描。扫描 时均从患儿膈顶到耻骨联合的下缘,并需按医师指令进行屏气。 而34例体外结石扫描前,需购置新鲜的猪肾(表面呈淡褐色,具有 弹性和光泽,且组织较紧实),将其纵面剖开,然后将结石按编号 顺序放入,肾盏内上中下各放一颗,两个肾脏同时扫描。具体如 下:将放入患儿结石的猪肾脏浸入盛有生理盐水的盒中,轻柔挤 压使结石能很好地贴合肾脏组织,并排出气泡。34例体外结石均 先行120kV常规扫描,再采用双能量模式扫描。体内外扫描时各 具体参数需保持一致。

双能量模式扫描后会得到140kV和80kV独立能量的薄层图 像以及重叠图像(DE composition表示70%的140kV图像数据和 30%的80kV图像数据的重叠比例计算所得),调至双能卡,开启 肾结石程序,选择层面并调整分析曲线中蓝色斜线的斜率位置(默 认为1.15),点击计算即可看到结石样本被标记为红色和蓝色,结 石颜色由其斜率所决定。每例体内外结石均需按照以上程序分析 其成分。

扫描之后,需在软组织窗下(窗位L=40HU,窗宽W=260HU) 测定结石在80kV,120kV和140kV的CT平均值(测定三次求平 均),勾选出感兴趣的区域(region of interest)(选取原则为:(1) 选取轴位上最大横径的层面;(2)测量ROI≥70%的区域;(3)若 结石在轴位上呈圆形则ROI选择为圆形区域;(4)若结石在轴位上 呈不规则形,则ROI选择为不包括软组织的不规则区域)。此外, 需计算DSCT的差值和指数值(dual energy index, DEI),公式 如下:差值=80kV的CT平均值-140kV的CT平均值(X80-X140); DEI=(80kV的CT平均值+2000)[即(X80-X140)/(X80+X140+2000)]

影像组学是近来一项有前景的热门技术,通过获取影像学检查的原始图片(CT、MRI、B超等),利用计算机提取高通量的影像组学特征,随后进行充分的分析,进而应用到临床决策系统当中,包括辅助疾病诊断、预测治疗反应及预测预后等。文献中

基于患者的术前CT影像图片,利用结石影像提取得到的影像组 学特征,并结合尿液pH值、尿液产脲酶细菌这两个临床预测因 子,构建了一个影像组学预测模型,用于感染性结石的术前预 测。该模型具有良好的预测效能(AUC=0.898),并得到内部验证 和多中心外部验证(AUC=0.812-0.832),为感染性结石患者提供 了一种无创、可靠的术前预测工具。应用红外光谱分析仪分析结 石成分的详细过程为:将洗净干燥的1mg结石置于玛瑙研钵, 加入约200mg溴化钾粉末,反复研磨搅拌并倒于样品板上,加 压为20kPa的片状,选择样品采集键。上述压片至于仪器卡槽, 工作站即可获取结石的红外光谱曲线,将相关的成分参数记录并 保存。绘制曲线时,横坐标红外光谱波数(cm-1)表示吸收峰的位 置,纵坐标透光率(%)表示光吸收的强度,根据各化学元素在红 外光谱下吸收强度的波数范围不同判断结石的成分。若分析混合 成分的结石时,需根据其各吸收峰强度判定主要及次要成分,其 中主要成分≥70%判定为纯结石,<70%则判定为混合结石。

对辐射剂量进行分析时,扫描容积的平均剂量需采用容积CT剂 量指数(CTDIvol)表示,采用剂量长度乘积(does length product, DLP)反映患儿完成CT扫描的总辐射剂量。有效剂量(effective does,ED)=DLP×K,K值为常数,腹部常数通常为0.015。 **1.3 统计学方法**本次研究所有数据均采用统计学软件SPSS 21.0 进行统计学分析,其中不同结石成分在不同电压条件下的CT值比 较采用单因素方差分析,差异时采用LSD法进行多重比较。DSCT 差值和DEI值比较采用克鲁斯卡尔-沃利斯检验,应用Bonferroni 进行多重比较。DSCT和红外光谱数据比较采用卡方检验。

2 结 果

2.1 结石形状及成分分析 34例体外结石中,草酸钙结石有19 例,呈深褐色,质地致密偏硬;羟基磷灰石5例,呈灰白色,质 地较硬;尿酸结石3例,呈棕黄色,质地松软易碎;胱氨酸结石 1例,呈黄褐色;磷酸铵镁结石1例,暗黄色。部分结石呈粉末 状。采用影像组学模型和红外光谱法分析发现29例纯结石,5例 为混合结石,其中纯结石中草酸钙有19例(65.52%)、羟基磷灰石 5例(17.24%)、尿酸结石3例(10.34%)、胱氨酸结石1例(3.45%)、 磷酸铵镁结石1例(3.45%)。5例混合结石中,有一水合草酸钙、 二水合草酸钙和羟基磷灰石混合结石2例,一水合草酸钙和羟基 磷灰石1例,尿酸和一水合草酸钙混合结石1例,尿酸和羟基磷灰 石混合结石1例。

24例术前采用DSCT扫描发现21例纯结石,2例混合结石, 其中纯结石中草酸钙有14例(66.67%)(图1)、羟基磷灰石3例 (14.29%)(图3)、尿酸结石3例(9.52%)(图4、5)、胱氨酸结石1例 (4.76%)(图2)。混合结石中CT值变化较大,本次研究未将其纳 入。经统计分析,草酸钙结石、尿酸结石、羟基磷灰石、胱氨 酸结石这四种纯结石年龄之间经统计分析,不具有显著性差异 (F=1.122, P=0.336),男女患儿发病情况经统计分析,具有显著 性差异。具体见表1。

结石种类	例数	比例(%)	年龄(岁)	性别			
				男	(%)	女	(%)
草酸钙结石	19	65.52	12.83±3.44	13	68.42	6	31.58
尿酸结石	3	10.34	12.67 ± 4.16	2	66.67	1	33.33
羟基磷灰石	5	17.24	11.00 ± 3.18	3	60.00	2	40.00
胱氨酸结石	1	3.45	10.48±3.03	1	100.00	0	0.00
磷酸铵镁结石	1	3.45	9.00±2.03	1	100.00	0	0.00

表1 29例体外纯结石比例情况

2.2 体内、外结石差异分析 本次研究中,对比体内、外草酸钙 结石扫描的CT值采用单样本t检验,这些样本在80kV、120kV和 140kV下扫描的CT值经统计分析,不具有显著性差异(t值分别为 0.674、1.101和0.240,P值分别为0.501,0.274和0.804,均> 0.05),可见体内、外之间,草酸钙结石扫描CT无明显差异。具 体见表2。

本次研究中,对比体内、外尿酸结石扫描的CT值采用单样本 t检验,这些样本在80kV、120kV和140kV下扫描的CT值经统计分 析,不具有显著性差异(t值分别为0.111、0.070和0.042,P值分 别为0.905,0.927和0.948,均>0.05),可见体内、外之间,尿 酸结石扫描CT无明显差异。具体见表3。

本次研究中,对比体内、外羟基磷灰石结石扫描的CT值采用

CHINESE JOURNAL OF CT AND MRI, JAN. 2025, Vol.23, No.1 Total No.183

0.070

0.927

0.042

0.948

表2 对比体内、外草酸钙结石扫描的CT值 CT值(HU) 例数 120kV 80kV 140kV 体内 14 1941.64 ± 84.01 1408.07±180.62 1305.52±20.61 体外 19 1975.35 ± 120.48 1486.07±213.75 1306.89±77.21 0.674 1.101 0.240

t P

表3 对比体内、外尿酸结石扫描的CT值 CT值(HU) 例数 80kV 120kV 140kV 体内 3 496.30 ± 180.12 390.10 ± 134.85 356.50 ± 88.66 体外 3 508.56±168.36 397.56±135.08 358.22±93.82

0.111

0.905

单样本t检验,这些样本在80kV、120kV和140kV下扫描的CT值经统计分析,不具有显著性差异(t值分别为0.041、0.025和0.136, P值分别为0.848,0.861和0.772,均>0.05),可见体内、外之间,羟基磷灰石结石扫描CT无明显差异。具体见表4。

0.274

0.501

本次研究中,对比体内、外胱氨酸结石扫描的CT值采用单样 本t检验,这些样本在80kV、120kV和140kV下扫描的CT值经统计 分析,不具有显著性差异(t值分别为0.041、0.025和0.136,P值 分别为0.954,0.820和0.812,均>0.05),可见体内、外之间, 胱氨酸结石扫描CT无明显差异。具体见表5。 2.3 不同种类结石采用DSCT法测定的差值和DEI值比较 本次 研究中,不同的结石采用DSCT法(80kV和140kV)时CT值的差值和 DEI值经统计学分析,具有显著性差异(F值分别为23.08和10.70, P值均<0.05),两两比较时发现尿酸结石和胱氨酸结石之间,经 统计分析,不具有显著性差异,而草酸钙结石和羟基磷灰石之 间,经统计分析,具有显著性差异。DEI比较发现,草酸钙结石 和羟基磷灰石之间经统计分析,不具有显著性差异,尿酸结石和 胱氨酸结石之间也无显著性差异,而草酸钙结石和羟基磷灰石之 间经统计分析,具有显著性差异。具体见表6。

表4 对比体内、外羟基磷灰石结石扫描的CT值				表5 对比体内、外胱氨酸结石扫描的CT值					
	例数		CT值(HU)		例数		CT值(HU)		
		80kV	120kV	140kV			80kV	120kV	140kV
体内	3	1450.01±284.35	1073.24±261.50	1003.20±162.27	体内	1	734.22±101.37	678.77±150.60	547.66±175.82
体外	5	1534.25 ± 241.00	1151.10 ± 184.42	1050.56 ± 138.68	体外	1	740.11±101.26	704.33±130.78	580.12±154.78
t		0.041	0.025	0.136	t		0.041	0.025	0.136
Р		0.848	0.861	0.772	Р		0.954	0.820	0.812

t

P

0.804

表6 不同种类结石采用DSCT法测定的差值和DEI值比较

	例数	CT值(HU)		差值	DEI
		80kV	140kV		
草酸钙结石	i 19	1975.35±120.48	1306.89±77.21	650.35±103.00	0.1230±0.03
羟基磷灰石	ī 5	1534.25±241.00	1050.56 ± 138.68	452.70±145.03	0.1008±0.10
尿酸结石	3	508.56 ± 168.36	358.22±93.82	148.50±83.80	0.0378±0.02
胱氨酸结石	i 1	740.11±101.26	580.12±154.78	164.77±127.78	0.0580±0.03
F				23.08	10.70
Р				0.004	0.002



图1A-图1B 惠儿上尿路草酸钙结石及软件局部放大图。1A 体内草酸钙结石图; 1B 斜率调至草酸钙点的局部放大图。 图2A-图2B 惠儿上尿路胱氨酸结石及软件局部放大图。2A 体内胱氨酸结石图; 2B 斜率调至胱氨酸点的局部放大图。 图3A-图3B 惠儿上尿路羟基磷灰石及软件局部放大图。3A 体内羟基磷灰石结石图; 3B 斜率调至羟基磷灰石点的局部放大图。 图4A-图4B 惠儿1上尿路尿酸结石及软件局部放大图。4A 体内尿酸结石图; 4B 斜率调至尿酸结石点的局部放大图。 图5A-图5B 惠儿2上尿路尿酸结石及软件局部放大图。5A 体内尿酸结石图; 5B 斜率调至尿酸结石点的局部放大图。 2.4 DSCT体外结石分析 本次研究中,所有结石均在DSCT软件 中分析,采用DSCT法分析草酸钙结石14例、羟基磷灰石3例、尿 酸结石3例、胱氨酸结石1例、磷酸铵镁结石0例;将红外光谱法 作为"金标准"进行对照,分析草酸钙有19例、羟基磷灰石有5 例、尿酸结石有3例、胱氨酸结石有1例、磷酸铵镁结石有1例。 上述两种方法的分析结果比较采用卡方检验,经统计分析,不具 有显著性差异(P>0.05),且具有明显相关性。此外,DSCT法误诊 2例,将1例磷酸镁铵结石误诊为草酸钙结石,1例羟磷灰石误诊 为草酸钙结石。

2.5 两种扫描方法ED值、CTDIvol值和DLP值比较 本次研究

3 讨 论

尿路结石病是最常见的全球性泌尿外科疾病,多发于男性青壮 年,儿童也具有较高的发病率^[13]。尿路结石通常引发腰痛、尿路感 染或血尿等临床症状,还会诱发泌尿系统肿瘤的发生、发展,或引 起肾功能丧失而切除患肾,给患者带来巨大的身体和精神痛苦,甚 至危及生命^[14]。因此,充分了解上尿路结石的成分才可针对性治疗 及预防复发。本次研究中结石比例与文献报道一致^[15-17]。

临床上常用红外光谱法作为分析结石成分理想的定性和定量 测定方法^[18],本次研究结合影像组学模型可作为标准对照进行研 究。随着CT技术的发展,使得体内尿路结石的成分分析成为可 能。其具有简单易行、准确率高、无痛苦,无需造影剂和肠通准 备等优势,还可对结石快速定位并测量大小等特点^[19-21]。本研究 将常规120kV扫描和DSCT技术(140kV和80kV)在分析体内、外结 石中进行对照,DSCT方法得到两组独立的不同电压的图像以及 融合的图像(merged image,即按照70%的140kV数据和30%的 80kV数据比例关系计算所得)。通过测量29例纯结石在不同电压 下的CT值,发现在80kV时,羟基磷灰石、草酸钙结石与尿酸结 石、胱氨酸结石的CT值范围不重合,而尿酸结石与胱氨酸结石 有重叠。而在120kV时,草酸钙结石和羟基磷灰石的CT值范围部 分重合,但与胱氨酸结石和尿酸结石不重合,而胱氨酸结石与尿 酸结石可重合。在140kV时,草酸钙结石和羟基磷灰石的CT值范 围部分重合,而与尿酸结石和胱氨酸结石不重合,尿酸结石与胱 氨酸结石有重合,且重合范围比120kV小;这与文献结果相似^{[22-} ^{23]}。文献报道中对结石的最佳检测电压是80kV或120kV^[24-25],同 一种结石在不同电压时其CT值经统计分析,具有显著性差异,进 一步两两对比发现草酸钙结石和羟基磷灰石每组CT值均有差异, 且CT值80kV>120kV>140kV。结石的CT值随电压的升高而下降, 与电压越大,图像的衰减值越低是符合的。本次研究表明尿酸结 石与非尿酸结石的CT值具有较大差异,参照文献,可鉴别尿酸结 石与否,具有较高的准确性。随着DSCT的发展,为上尿路结石 成分的分析开辟了新的视角。

此外,本研究对比分析了常规扫描和DSCT法对体内结石的CTDIvol、DTP和ED差异,具有显著性差异,DSCT模式的CTDIvol、DTP和ED均明显高于常规扫描法,但DSCT法比常规扫描法高1.7mSv。DSCT可获取更多的信息。综上所述,通过测量结石的CT值可区分尿酸结石成分,但对非尿酸结石则有限制。结合CT值测量及DSCT分析软件可显著提高诊断的准确性,可在临床上推广应用。

参考文献

- [1] Aydogan TB, Patel M, Digesu A, et al. Innovative training modality for sacral neuromodulation (SNM): patient-specific computerized tomography (CT) reconstructed 3D-printed training system: ICS School of Modern Technology novel training modality[J]. Neurourol Urodyn, 2023; 42 (1): 297-302.
- [2]周嘉明,姜贤,黄汉震,等.能谱CT在上尿路结石成分分析及术后预防复发中的应用 [J].实用临床医学,2023,24(2):30-33.
- [3] Denost Q, Sylla D, Fleming C, et al; GRECCAR group. A phase III randomized trial evaluating the quality of life impact of a tailored versus systematic use of defunctioning ileostomy following total mesorectal excision for rectal cancer-GRECCAR 17 trial protocol[J]. Colorectal Dis, 2023; 25 (3): 443-452.
- [4]魏晨阳,柴燕,王俊卿,等.下尿路病变等离子电切术后活动性出血的介入治疗探讨 [J].中国临床医学影像杂志,2018,29(5):371-372.

中,采用常规扫描方法和DSCT法测定的ED值、CTDIvol值和DLP 值经统计分析,均具有显著性差异(P<0.05),其中DSCT法均高于 常规扫描法。具体见表7。

表7两种扫描方法ED值、CTDIvol值和DLP值比较

扫描方法	ED(mSv)	CTDIvol(mGy)	DLP(mGy×cm)			
常规扫描法	5.503±1.826	10.267±2.006	373.47±129.027			
DSCT法	7.240±2.056	12.782 ± 2.068	490.08±136.701			
t	-3.021	-4.115	-3.005			
Р	0.004	0.001	0.004			

- [5] Griffin MA, Steffey MA, Phillips KL, et al. Case series: pleural effusion caused by urinary ultrafiltrate in two cats without evidence of urinary obstruction, trauma, or simultaneous perinephric pseudocysts[J]. Front Vet Sci, 2022, 9: 1038278.
- [6] Fontanet S, Gallioli A, Baboudjian M, et al. Topical instillation of BCG immunotherapy for biopsy-proven primary upper urinary tract carcinoma in situ: a single institution series and systematic review [J]. Urol Oncol, 2023, 41 (6): 274-283.
- [7]何聪,邱勇钢,韩秋,等.运用CT半自动分割技术分析泌尿系结石患者腹部脂肪分布 特征的初步研究[J].中国临床医学影像杂志,2021,32(2):125-128.
- [8]Kim DY, Tan X, Jeong M, et al. A high-fidelity artificial urological system for the quantitative assessment of endoscopic skills[J]. J Funct Biomater, 2022, 13 (4): 301.
- [9] Campschroer T, Van Balken MR, Deden LN, et al. Effect of preoperative metabolic profiling to reduce the risk of kidney stones after bariatric surgery in patients with a history of stone formation[J]. Surg Obes Relat Dis, 2023, 19 (6): 633-639.
- [10] 韩利平. 输尿管软镜钬激光碎石术治疗上尿路结石效果分析 [J]. 河南外科学杂志, 2021, 27 (2): 78-79.
- [11]Liang F, Zhou R, Wang G, et al. Dual-energy computed tomography in reducing the effective radiation dose of computed tomography urography in patients with urinary calculi[J]. Quant Imaging Med Surg, 2023, 13 (4): 2208-2217.
- [12]Li G, Zhang W, Zhang M, et al. An exploration on retro-construction of plasma drug concentration-time curves from corresponding urine excretion data and single-point plasma concentrations using a simplified and idealized method [J]. Transl Pediatr, 2023, 12 (5): 845-860.
- [13] 李勤祥, 潘爱珍, 徐志锋, 等. CaSR986基因多态性与能谱CT泌尿系结石成分分析及 临床特征的相关性[J]. 中国临床医学影像杂志, 2020, 31 (2): 119-122, 127.
- [14] Fassnacht M, Tsagarakis S, Terzolo M, et al. European Society of Endocrinology clinical practice guidelines on the management of adrenal incidentalomas, in collaboration with the European network for the study of adrenal tumors [J]. Eur J Endocrinol, 2023: lvad066.
- [15]李炜,何林芮,罗雄,等.影响上尿路结石清除效果的相关因素分析[J].河北医学,2021,27(12):2014-2018.
- [16]Ding Q, Cao C, Shi Y, et al. A functional MMP-9-1562C>T polymorphism, MMP-9 serum levels and nephrolithiasis risk in a southern Chinese population[J]. Front Med (Lausanne), 2023, 10: 1175798.
- [17] Zhao Y, Zhang Y, Liu J. Regulatory effect of pseudomonas aeruginosa mannose-sensitive hemagglutinin on inflammation and immune function in percutaneous nephrolithotomy patients with upper urinary tract calculi complicated with infection [J]. Front Immunol, 2023, 14: 1181688.
- [18]Gruen A, Tegel K, Kluge A, et al. PSMA PET-based stereotactic body radiotherapy for locally recurrent prostate cancer after definitive first-line therapy[J]. Prostate, 2023.
- [19] 欧阳永兴, 任家庚, 杨泽新, 等. 多层螺旋CT在上尿路梗阻合并感染中的诊断价值 [J]. 影像研究与医学应用, 2019, 3(11): 146-148.
- [20] 沈雯怡,徐香玖,常飞霞,等. 双源CT双能量技术对区分上尿路含钙结石成分能力的研究[J]. 临床放射学杂志, 2019, 38 (6): 1071-1074.
- [21] Bassetti M, Vena A, Giacobbe DR. The safety of ceftolozane/tazobactam for the treatment of complicated urinary tract infections [J]. Expert Opin Drug Saf, 2023; 1-8.
- [22] Ozawa H, Shibano T, Tanaka I, et al. High prevalence of dysplastic development of sacral vertebral arches in pediatric enuresis[J]. Int Neurourol J, 2023, 27 (2): 124-128.
- [23] 崔守玉,刘奔.上尿路结石CT值预测结石成分在体外冲击波碎石术治疗中的临床应用[J].陕西医学杂志,2019,48(8):997-999,1016.
- [24] Dewes P, Frellesen C, Scholtz JE, et al. Low-dose abdominal computed tomography for detection of urinary stone disease - Impact of additional spectral shaping of the X-ray beam on image quality and dose parameters [J]. Eur J Radiol, 2016, 85 (6): 1058-1062.
- [25] Apfaltrer G, Dutschke A, Baltzer PAT, et al. Substantial radiation dose reduction with consistent image quality using a novel low-dose stone composition protocol[J]. World J Urol, 2020, 38 (11): 2971-2979.

(收稿日期: 2023-12-15) (校对编辑: 江丽华)