·临床研究·

# 超高端计算机断层扫描成像系统尿路成像在泌尿系结石诊断中的应用价值

谷爽　韩冬　赫崇安　岑冬梅　张晓萌　陈京乐

（北京市昌平区中医医院医学影像科，北京 102200）

**【摘要】 目的** 探讨超高端计算机断层扫描成像系统（GE 256排Revolution CT）尿路成像在泌尿系结石诊断中的应用价值。**方法** 本研究对某医院在2021年3月—2024年5月北京市昌平区中医医院收治的156例经手术确诊的泌尿系结石患者的临床资料展开回顾性分析。所有患者均实施了腹部平片、B超以及CT尿路成像检查。对比腹部平片、B超以及CT尿路成像检查方法对于X射线阳性及阴性结石的检出情况，分析Revolution CT尿路成像针对不同泌尿系结石的诊断准确情况。**结果** 相较于腹部平片与B超检查，256排Revolution CT尿路成像在阳性结石及阴性结石的检出率上显著更高（$P<0.05$）。Revolution CT尿路成像在单纯输尿管结石、单纯膀胱结石、单纯肾结石、输尿管结石合并肾结石、膀胱结石合并输尿管结石的诊断准确率上，均高于腹部平片与B超检查（$P<0.05$）。**结论** 相较于腹部平片与B超检查，256排Revolution CT在泌尿系结石诊断中的应用价值更高，助于进一步提高泌尿系结石的诊断水平和治疗效果。

**【关键词】** GE 256排Revolution CT；泌尿系结石；能谱成像；低剂量CT；尿路成像

**【中图分类号】** TH772；R816.7 **【文献标识码】** A **【DOI】** 10.11876/mimt202502014

## The application value of ultra-high-end computed tomography imaging system (GE 256-Slice Revolution CT) urography in the diagnosis of urinary calculi

*Gu Shuang, Han Dong, He Chong'an, Cen Dongmei, Zhang Xiaomeng, Chen Jingle*

*(Department of Medical Imaging, Changping District Hospital of Traditional Chinese Medicine, Beijing 102200, China)*

**【Abstract】 Objective** To explore the application value of ultra-high-end computed tomography (GE 256-slice Revolution CT) urography in the diagnosis of urinary calculi. **Methods** A retrospective analysis was conducted on the clinical data of 156 patients with surgically confirmed urinary calculi admitted to a certain hospital from March 2021 to May 2024. All patients underwent abdominal plain films, B-ultrasound, and CT urography. The detection rates of X-ray positive and negative calculi by abdominal plain films, B-ultrasound, and CT urography were compared, and the diagnostic accuracy of Revolution CT urography for different types of urinary calculi was analyzed. **Results** Compared with abdominal plain films and B-ultrasound, 256-slice Revolution CT urography had significantly higher detection rates of positive and negative calculi, with statistically significant differences ($P<0.05$). The diagnostic accuracy of Revolution CT urography for simple ureteral calculi, simple bladder calculi, simple renal calculi, ureteral calculi combined with renal calculi, and bladder calculi combined with ureteral calculi was higher than that of abdominal plain films and B-ultrasound, with statistically significant differences ($P<0.05$). **Conclusion** Compared with abdominal plain films and B-ultrasound, 256-slice Revolution CT has higher application value in the diagnosis of urinary calculi, which is conducive to further improving the diagnostic level and treatment effect of urinary calculi.

**【Key words】** GE 256-slice Revolution CT; Urinary calculi; Spectral imaging; Low-dose CT; Urography

**第一作者**：谷爽，女，硕士研究生，主治医师，研究方向：腹部影像诊断

据相关研究统计[1]，全球范围内泌尿系结石的发病率呈上升趋势，其对人群健康的影响不容小觑。其发病机制涉及尿液成分的改变、结晶的形成和聚集、结石的增长等复杂环节。泌尿系结石的常见症状包括腰部或腹部疼痛，发作时患者坐卧不宁、辗转反侧，极为痛苦，还常伴有出汗、恶心、呕吐等消化道症状[2]。此外，还可能出现血尿、尿频、尿急、尿痛等膀胱刺激症状，以及排尿困难、无尿等症状。若结石梗阻后并发感染，还会引起高热，严重时可导致感染中毒性休克，危及生命[3,4]。这些症状严重影响患者的生活质量，使患者在身体和心理上都承受着巨大的痛苦。例如，频繁的疼痛发作会干扰患者的日常工作、学习和休息，长期的疾病困扰还可能导致患者出现焦虑、抑郁等心理问题。因此，及时准确地诊断和治疗泌尿系结石对于改善患者的生活质量、维护身体健康具有重要意义。影像学检查在泌尿系结石的诊断、治疗方案制定和疗效评估中占据着举足轻重的地位。在诊断方面，不同的影像学检查方法能够从多个角度提供结石的相关信息。例如，X线平片是一种简单的影像学检查方法，通过使用X射线来获取人体内部的影像，它可以显示出泌尿系结石的位置、大小和形状，但对于较小的结石可能无法准确诊断，对于阴性结石也无法显示[5]。腹部超声是一种无创的检查方法，利用高频声波显示人体内部的影像，能够清晰地显示出泌尿系结石的位置、大小和形状，对于较小的结石也能够准确诊断，然而它的分辨率较低，对于某些情况下的结石无法准确诊断，且受肠道气体干扰较大[6]。因此，临床采用CT作为泌尿系结石的诊断金标准，但传统CT仍存在辐射剂量较高、对小结石检出率有限、无法精准分析成分等不足。GE 256排Revolution CT作为超高端CT，结合宽体探测器、能谱成像及人工智能重建技术，减少呼吸及肠蠕动伪影，提高图像质量[7]。本研究探讨超高端计算机断层扫描成像系统尿路成像在泌尿系结石诊断中的应用价值。

## 1 资料与方法

### 1.1 一般资料

本研究为回顾性分析，分析北京市昌平区中医医院在2021年3月—2024年5月收治的156例泌尿系结石患者的临床资料。其中，男82例，女74例；年龄24～64岁，平均（43.36±6.89）岁；疾病类型：单纯肾结石48例，单纯膀胱结石44例，单纯输尿管结石36例，输尿管结石合并肾结石14例，膀胱结石合并输尿管结石14例。本研究经医学伦理委员会审核批准。

纳入标准：年龄18～65岁；具备完整的临床资料；符合手术适应证；经手术取石/体外碎石治疗证实为泌尿系结石；术前接受腹部平片、B超以及256排Revolution CT尿路成像检查。排除标准：合并泌尿系统畸形；存在活动性尿路感染；在近6个月内接受过泌尿系统手术。

### 1.2 方法

腹部平片：指导患者检查前禁食4～6h，以减少肠气干扰，去除金属物品（腰带、纽扣等），必要时清洁灌肠（如肠气过多者）。检查时，患者仰卧位，双臂上举，中心线对准脐与剑突中点，屏气5s。运用飞利浦数字化X线摄影系统（Philip Digital Diagnost），拍摄范围双肾轮廓、腰大肌、输尿管走行区及膀胱区。扫描电流：6.2mAs，电压：80kV，螺距：2.0mm。

B超：指导患者空腹8h，检查前饮水300～500ml，充盈膀胱，减少肠气干扰。采用迈瑞彩色多普勒超声诊断仪（生产企业：mindray，型号：resona R9），患者取侧卧位或俯卧位，冠状切面显示肾长轴，测量肾大小、皮质厚度，观察肾盂分离（积水）及结石强回声伴声影。沿扩张输尿管追踪至梗阻点（如结石）。患者取仰卧位，横纵切面测量残余尿量，观察占位或结石。线扫探头频率：3.5MHz。

Revolution CT尿路成像检查：检查前，指导患者禁食4～6h，饮水500 mL，保持轻度膀胱充盈，去除金属物品。患者取仰卧位，采用美国GE 256排Revolution CT平扫，范围：膈顶至耻骨联合。扫描参数设置如下：螺距0.993mm，准直宽度128mm×0.625mm，机架转速0.75s，重建矩阵512×512，视野350mm，管电流300mAs，管电压120kV。完成扫描后，将重建图像上传至工作站，重建图像。

### 1.3 观察指标

（1）对比腹部平片、B超以及CT尿路成像检查方法对于X射线阳性（X射线、腹部X射线尿路平片（Kidney Ureter Bladder，KUB）能够发现的结石）的检出情况。（2）分析Revolution CT尿路成像针对单纯输尿管结石、单纯膀胱结石、单纯肾结石、输尿管结石合并肾结石、膀胱结石合并输尿管结石等不同泌尿系结石的诊断准确情况。

### 1.4 统计学方法

采用SPSS 21.0统计学软件对数据进行分析，计数资料以［$n$（%）］表示，行$\chi^2$检验，$P<0.05$表示差异有统计学意义。

## 2 结果

### 2.1 不同检查方法对泌尿系结石检查结果比较

相较于腹部平片与 B 超检查，256排 Revolution CT 尿路成像在阳性结石及阴性结石的检出率上显著更高（$P$<0.05）；腹部平片与B超检查在阳性结石及阴性结石的检出率差异无统计学意义（$P$>0.05），见表1。

**表1** 不同检查方法对泌尿系结石检查结果比较［$n$（%）］

| 检查方法 | 例数 | 阳性结石（$n$=126） | 阴性结石（$n$=30） |
|---|---|---|---|
| 腹部平片 | 156 | 100（79.37） | 22（73.33） |
| B超 | 156 | 110（87.30） | 18（60.00） |
| Revolution CT尿路成像 | 156 | 124（98.41） | 30（100.00） |
| $\chi^2$/$P$ 腹部平片 vs.B 超 | | 2.857/>0.05 | 1.200/>0.05 |
| $\chi^2$/$P$ 腹部平片 vs.Revolution CT尿路成像 | | 23.143/<0.05 | 9.231/<0.05 |
| $\chi^2$/$P$B超 vs.Revolution CT尿路成像 | | 11.727/<0.05 | 15.000/<0.05 |

### 2.2 不同检查方法对不同泌尿系结石诊断效果的比较

Revolution CT尿路成像在单纯输尿管结石、单纯膀胱结石、单纯肾结石、输尿管结石合并肾结石、膀胱结石合并输尿管结石的诊断准确率上，均高于腹部平片与B超检查（$P$<0.05）；腹部平片与B超检查在单纯输尿管结石、单纯膀胱结石、单纯肾结石、输尿管结石合并肾结石、膀胱结石合并输尿管结石的诊断准确率无差异（$P$>0.05），见表2。

**表2** 不同检查方法对不同泌尿系结石诊断效果的比较［$n$（%）］

| 检查方法 | 单纯输尿管结石（$n$=36） | 单纯膀胱结石（$n$=44） | 单纯肾结石（$n$=48） | 输尿管结石合并肾结石（$n$=14） | 膀胱结石合并输尿管结石（$n$=14） |
|---|---|---|---|---|---|
| 腹部平片 | 20（55.56） | 24（54.55） | 34（70.83） | 6（42.86） | 4（28.57） |
| B超 | 24（66.67） | 30（68.18） | 36（75.00） | 4（28.57） | 4（28.57） |
| Revolution CT尿路成像 | 36（100.00） | 42（95.45） | 48（100.00） | 14（100.00） | 12（85.71） |
| $\chi^2$/$P$ 腹部平片 vs.B超 | 0.935/>0.05 | 1.725/>0.05 | 0.211/>0.05 | 0.622/>0.05 | 0（0.00） |
| $\chi^2$/$P$ 腹部平片 vs.Revolution CT尿路成像 | 20.571/<0.05 | 22.091/<0.05 | 16.390/<0.05 | 11.200/<0.05 | 9.333/<0.05 |
| $\chi^2$/$P$B超 vs.Revolution CT尿路成像 | 14.400/<0.05 | 13.257/<0.05 | 13.714/<0.05 | 15.556/<0.05 | 9.333/<0.05 |

### 2.3 泌尿系结石的影像学分析

腹部平片检查：高密度影，位于肾区、输尿管走行区（与腰椎横突重叠处）或膀胱区。肾结石：类圆形或鹿角形（铸型结石）。输尿管结石：卵圆形，长轴与输尿管走行一致。

B超检查：肾结石：强回声团伴后方声影，位于肾盂或肾盏内，可合并肾积水（肾盂分离 >1.5cm）。输尿管结石：扩张输尿管远端见强回声伴声影，梗阻以上输尿管及肾盂扩张。输尿管末端结石需经充盈膀胱探查。膀胱结石：强回声随体位移动，后方声影明显。

256排 Revolution CT尿路成像（CTU）检查：高密度灶（CT值 >200HU），冠状位重建显示结石与尿路关系。输尿管结石周围“软组织边缘征”（水肿的管壁）。见图1 ~ 3。



**图1** 左侧输尿管腹段结石



**图2** 输尿管盆段结石

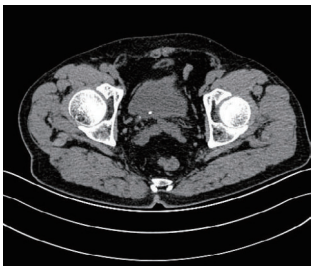


**图3** 输尿管壁内段结石、膀胱结石

## 3 讨论

泌尿系结石是泌尿系统的常见病，可发生在肾脏、输尿管、膀胱和尿道等部位。其危害不仅局限于局部梗阻和疼痛，还可能引发感染、肾功能损害甚至全身性并发症，严重者威胁生命。早期诊断是避免不可逆损害的关键。

256排 Revolution CT作为CT技术领域的先进设备，融合了当今顶尖科技，在诸多方面展现出卓越的性能，具有独特的优势和研究价值。在泌尿系结石诊断中，这种一站式联合扫描技术能够全面地显示泌尿系统的解剖结构和结石情况，为医生提供更丰富的诊断信息。在辐射剂量方面，由于其扫描速度快和宽体探测器技术，大大提升了X线的利用率，患者接受射线照射相应呈倍数下降，在确保图像质量的情况下，使得患者接受的辐射剂量更低，较传统的算法，新算法可降低多达82%的辐射剂量，这对于需要多次检查的患者来说，极大地降低了辐射风险[8-10]。

本研究结果显示，相较于腹部平片与B超检查，256排 Revolution CT尿路成像在阳性结石及阴性结石的检出率上显著更高（$P$ <0.05）。分析原因，256排 Revolution CT采用磁悬浮驱动扫描机架技术，最大旋转速度可达0.28s/圈，用最大转速扫描，完成一个成年人全身扫描仅仅只用3s左右即可完成[11]。这种快速的扫描速度对于减少运动伪影具有重要意义。在泌尿系统检查中，患者的呼吸运动、肠道蠕动、心跳以及输尿管的蠕动等因素都可能导致图像出现运动伪影，从而影响诊断的准确性。尤其在对肾绞痛患者进行急诊检查时，患者往往因疼痛难以保持静止，腹部平片与B超容易因患者的不自主运动而产生伪影，影响结石的观察。而且，256排 Revolution CT配备了16cm的宽体探测器，配合先进的图像重建算法，进一步提高了图像的可视化效果，使得医生能够从多个维度观察结石和泌尿系统的情况，提高了诊断的准确性和可靠性[12,13]。综上所述，256排 Revolution CT凭借其快速的扫描速度和高时间分辨率能够更准确地捕捉输尿管结石的位置和形态，为医生提供更清晰的图像，从而更准确地制定治疗方案。

本研究结果显示，256排 Revolution CT尿路成像在单纯输尿管结石、单纯膀胱结石、单纯肾结石、输尿管结石合并肾结石、膀胱结石合并输尿管结石的诊断准确率上，均高于腹部平片与B超检查（$P$ <0.05）。表明，256排 Revolution CT尿路成像在不同类型泌尿系结石的诊断中展现出了卓越的性能。分析原因，X线平片对较小结石和阴性结石的检出率较低，腹部超声受肠道气体和肥胖等因素影响较大，普通CT扫描在显示结石与周围组织关系的清晰度和全面性上相对不足[14,15]。而256排 Revolution CT还通过多平面重组、曲面重组、容积再现等多种图像后处理技术进一步提高了图像的可视化效果，使得医生能够从多个维度观察结石和泌尿系统的情况，提高了诊断的准确性和可靠性[16,17]。

除此之外，256排 Revolution CT在保障图像质量的同时，有效地降低了辐射剂量，提高了检查的安全性，减少患者在检查过程中的不适和担忧[18]。

综上所述，相较于腹部平片与B超检查，256排 Revolution CT在泌尿系结石诊断中的应用价值更高，助于进一步提高泌尿系结石的诊断水平和治疗效果。

## [ 参 考 文 献 ]


[1] 刘政道.泌尿系结石形成机制及病因研究进展[D].重庆:重庆医科大学,2018.

[2] 闫卫锋,杨华,伍静,等.泌尿系统结石发病机制及影响因素研究[J].河南医学研究,2018,27(19):3513-3515.

[3] 乔逸,肖河,罗涵青,等.泌尿系结石代谢评估的“协和模式”初步成果的评价[J].基础医学与临床,2023,43(5):804-808.

[4] 徐磊,车宪平,古军,等.肾结石患者术后泌尿系感染与结石复发的影响因素及相关性研究[J].中华医院感染学杂志,2018,28(21):3278-3281+3296.

[5] 张巍巍.X线数字断层融合技术在泌尿系结石定位诊断中的应用价值[J].影像技术,2020,32(5):17-19.

[6] 钱志国.X线与超声检查诊断泌尿系结石对比探究[J].中国医疗器械信息,2018,24(14):100-101.

[7] 周欣星,潘曦晖.GE 256排 Revolution CT快速成像技术解析[J].中国卫生产业,2017,14(27): 51-52.

[8] 孙杰,田兆荣,王志军.能谱CT物质分离技术在鉴别泌尿系尿酸与非尿酸结石中的应用[J].中国医学计算机成像杂志,2025,31(1):94-98.

[9] 周聪,王亚洲,吴青霞,等.CT影像组学机器学习模型预测逆行输尿管软镜碎石术后泌尿系结石清石率[J].中国介入影像与治疗学,2025,22(1):52-57.

[10] 唐雷,王仕霞,李武超,等.术前CT影像组学模型预测体内泌尿系结石成分[J].中国医学影像技术,2024,40(8):1216-1220.

[11] 蔡磊,叶冬晖,潘雪琳,等.探讨CT纹理分析在鉴别体内结石亚型中的价值[J].现代预防医学,2021,48(13):2488-2492+2496.

[12] 王思凯,代平,杨琴,等.基于双源CT双能量扫描模式低管电压联合迭代重建诊断泌尿系结石的可行性[J].中国医学影像技术,2021,37(6):933-936.

[13] 傅晓彬,黄洲,崔运能,等.CT能谱成像对在体非单发泌尿系结石的成分与同源性分析[J].中国当代医药,2020,27(24):13-16+253.

[14] 束宏敏,李小虎,胡翀,等.不同ASIR等级和重建层厚对泌尿系结石低剂量CT图像质量的影响[J].安徽医科大学学报,2019,54(9):1489-1492.

[15] 张进,李小虎,余玲,等.能谱CT虚拟平扫成像在尿路造影中替代常规平扫的可行性研究[J].安徽医科大学学报,2018,53(4):595-599.

[16] Zhu Z, Zhao Y, Zhao X, et al. Impact of preset and postset adaptive statistical iterative reconstruction-V on image quality in nonenhanced abdominal-pelvic CT on wide-detector revolution CT[J]. Quant Imaging Med Surg, 2021, 11(1):264-275.

[17] Young HM, Park CKS, Chau OW, et al. Technical Note: Volumetric computed tomography for radiotherapy simulation and treatment planning[J]. J Appl Clin Med Phys, 2021, 22(8):295-302.