

论著·临床研究

Revolution CT 虚拟平扫在直肠癌诊断中的应用价值研究^{*}刘文, 张礼荣, 石 卉[△]

(江苏大学附属医院影像科, 江苏 镇江 212001)

[摘要] **目的** 研究 Revolution CT 虚拟平扫在直肠癌诊断中的应用价值。**方法** 搜集 2017 年 10 月至 2018 年 7 月在该院手术治疗并于术前行 Revolution CT 常规能谱平扫及双期虚拟平扫的 70 例直肠癌患者影像资料。对常规能谱平扫及双期虚拟平扫的图像质量进行主观评分及客观评价[计算对比噪声(CNR)],对直肠癌病灶的诊断准确性(包括对直肠癌肠壁厚度、浆膜面的受累情况、直肠癌周围淋巴结显示情况的评价)及扫描剂量进行评估,并进行对比研究。**结果** 常规能谱平扫及双期虚拟平扫图像质量主观评分比较,差异无统计学意义($P>0.05$)。双期虚拟平扫 CNR 值均高于常规能谱平扫,差异有统计学意义($P<0.05$)。常规能谱平扫及双期虚拟平扫对直肠癌肠壁厚度判断、浆膜面的受累情况、直肠癌周围淋巴结显示情况比较,差异均无统计学意义($P>0.05$)。常规能谱平扫有效剂量值低于双期虚拟平扫,差异有统计学意义($P<0.05$)。双期增强扫描分离出虚拟平扫图像,可以减少约 30% 辐射剂量。**结论** 在直肠癌诊断时,Revolution CT 虚拟平扫代替常规能谱平扫可以在减少辐射剂量的同时满足临床诊断需求。

[关键词] 直肠癌; 虚拟平扫; 能谱 CT; 辐射剂量; 诊断; 应用价值

DOI: 10.3969/j.issn.1009-5519.2023.03.014

中图法分类号: R81; R735.3

文章编号: 1009-5519(2023)03-0429-05

文献标识码: A

Application value of Revolution CT virtual plain scan in rectal cancer^{*}LIU Wen, ZHANG Lirong, SHI Hui[△](Department of Radiology, Affiliated Hospital of Jiangsu University,
Zhenjiang, Jiangsu 212001, China)

[Abstract] **Objective** To study the application value of Revolution computed tomography (CT) virtual plain scan in the diagnosis of rectal cancer. **Methods** The imaging data of 70 cases of rectal cancer patients who underwent surgery in this hospital from October 2017 to July 2018 and underwent conventional energy spectrum Revolution CT plain scan and dual-phase virtual plain scan before operation were collected. The subjective scores and objective evaluation [calculate the contrast noise (CNR)] of image quality of conventional energy spectrum CT plain scan and dual-phase virtual plain scan were performed, and the diagnostic accuracy of rectal cancer lesions (including the evaluation of intestinal wall thickness of rectal cancer, the involvement of serous surface, and lymph node display around rectal cancer) and scanning dose were evaluated and compared. **Results** There was no significant difference in subjective scores of image quality between conventional energy spectrum CT plain scan and dual-phase virtual plain scan ($P>0.05$). The CNR value of dual-phase virtual plain scan was higher than that of conventional energy spectrum plain scan, and the difference was statistically significant ($P<0.05$). There were no significant differences in intestinal wall thickness of rectal cancer, the involvement of serous surface and lymph node display around rectal cancer between conventional energy spectrum plain scan and dual-phase virtual plain scan ($P>0.05$). The effective dose of conventional energy spectrum plain scan was lower than that of dual-phase virtual plain scan, and the difference was statistically significant ($P<0.05$). The radiation dose could be reduced about 30% by separating the virtual plain image from the dual-phase enhanced scan. **Conclusion** In the diagnosis of rectal cancer, Revolution CT virtual plain scan instead of conventional energy spectrum plain scan can reduce the radiation dose and meet the needs of clinical

^{*} 基金项目: 中国博士后科学基金(2018M640446)。

作者简介: 刘文(1974—), 本科, 副主任技师, 主要从事影像技术研究。 [△] 通讯作者, E-mail: shihuia1991@163.com。

diagnosis.

[Key words] Rectal cancer; Virtual plain scan; Energy spectrum computed tomography; Radiation dosage; Diagnosis; Application value

Revolution CT 可以分离出非碘即水的基物质图像,虚拟平扫是指基于能谱扫描的水基图像。Revolution CT 扫描为腹部成像提供了广泛的潜在应用价值,包括减少辐射剂量,改善疾病的诊断性能及图像质量优化等。本研究旨在比较直肠癌患者 Revolution CT 增强双期的虚拟平扫与常规能谱平扫的图像质量之间差异,以及对直肠癌的诊断价值,讨论 Revolution CT 虚拟平扫能否代替常规能谱平扫,减少辐射剂量的同时也能较好地诊断疾病。

1 资料与方法

1.1 一般资料 选取 2017 年 10 月至 2018 年 7 月在本院行手术治疗的 70 例直肠癌患者,均于术前进行常规能谱 CT 平扫及 Revolution CT 双期增强虚拟平扫。70 例患者年龄(64 ± 11)岁,男 41 例(58.6%),女 29 例(41.4%),体重(65.33 ± 10.25)kg,体重指数(23.60 ± 2.37)kg/m²,高血压 19 例(27.1%),糖尿病 8 例(11.4%),抽烟史 12 例(17.1%),便血 70 例(100.0%),大便隐血阳性 70 例(100.0%),大便次数改变 20 例(28.6%),大便性状改变 24 例(34.3%),体重减轻 8 例(11.4%),腹部不适 5 例(7.1%)。

1.2 方法

1.2.1 成像方法及数据处理 采用 256 排 CT 扫描仪(Revolution CT, GE healthcare, Waukesha, WI 美国)行常规能谱平扫和双期增强虚拟扫描,注射器为高频高压注射器。能谱平扫扫描参数:管电压为 120 kVp,管电流为自动 mAs。增强虚拟扫描参数:管电压为 140 kVp 与 80 kVp 之间瞬时切换,管电流设定为自动管电流,最大参考管电流为 600 mA。球管转速为 0.5 r/s。螺距设置为 1.984:1。扫描视野(DFOV)为 25 cm。后处理工作站为 GE ADW4.6,采用 50%前置迭代重建(ASiR-V)算法。利用工作站上的 GSI viewer 软件自动进行碘水物质分离,即分离得到双期增强虚拟平扫图像。

1.2.2 图像分析

1.2.2.1 图像质量主观及客观评分 主观评分由 2 位诊断经验分别为 10 年(评分者 1)及 20 年(评分者 2)的放射科医生对常规能谱平扫及增强虚拟平扫进行图像质量的主观评分,通常使用 5 分制^[1],具体如下表 1。

1.2.2.2 图像质量客观评价 勾画感兴趣区域(ROI)时选择直肠癌病灶的最大层面 ROI1,ROI 选

择时尽量避开肿瘤囊变坏死及钙化血管等区域;并勾画与直肠癌层面一致的邻近正常直肠壁 ROI2。ROI1、ROI2 均测量 3 次,求取平均值。通过计算得到对比噪声(CNR)的数值。计算公式: $CNR = |ROI1 - ROI2| / SD2$ (对于平扫,ROI1 为三处病灶的 CT 值平均值;对于虚拟平扫,ROI1 为三处病灶的水浓度平均值;SD2 为邻近正常直肠壁平均值的标准差)。

表 1 图像质量的主观评分

评分	评分标准
5 分	解剖细节清晰,图像边缘锐利,无伪影,能够简单明了地诊断。
4 分	解剖细节较清晰,图像边缘较锐利,略有伪影,能够诊断。
3 分	解剖细节较清晰,图像有伪影,但大部分解剖结构及细节可以满足诊断。
2 分	图像边缘模糊,伪影较明显,细节不足以诊断。
1 分	图像不清晰,伪影明显,细节不足以诊断。

1.2.3 常规平扫与虚拟平扫对直肠癌病灶诊断准确性评估 直肠癌病灶的评估包括对直肠癌肠壁厚度、浆膜面的受累情况、直肠癌周围淋巴结显示情况的评价。直肠癌肠壁厚度选择含病灶区的最大肠壁厚度测量宽度,单位为 mm。直肠浆膜面受累情况以最大强度投影(MIP)显示周围脂肪密度增高及直肠管壁毛糙作为图像上判定的标准,以术后病理结果作为“金标准”。直肠癌周围淋巴结的测量,以常规平扫图像所显示的病灶周围淋巴结短径值为标准,按照淋巴结短径大小分为 5~9 mm 组(可疑组)和大于 9 mm 组(高度可疑组)。

1.2.4 常规平扫与虚拟平扫对直肠癌患者扫描剂量评估 统计计算机自动记录的患者扫描的 CT 剂量指数(CTDI)和剂量长度乘积(DLP),按照公式计算有效剂量(ED)值。计算公式: $ED = k \times DLP$,其中 k 值约为 0.015^[1]。

1.3 统计学处理 所有数据采用 SPSS22.0 软件进行统计学分析。检验统计数据的正态分布及方差齐性,符合正态分布的数据采用 $\bar{x} \pm s$ 表示。2 种平扫之间的 CNR、主观评分、直肠癌病灶肠壁厚度、周围淋巴结大小均采用单因素方差分析(one way ANOVA),两两比较采用 LSD-t 检验。能谱平扫+双期虚拟平扫与省去能谱平扫后的双期虚拟平扫间的 ED 值、

CTDI 值和 DLP 值差异采用配对 t 检验。直肠浆膜面受累情况采用率表示,进行 χ^2 检验。 $P<0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结 果

2.1 能谱平扫与双期虚拟平扫图像质量主观评分比较 能谱平扫图像主观评分为(4.85±0.35)分,与双期虚拟平扫图像主观评分[分别为(4.82±0.38)、(4.81±0.39)分]比较,差异无统计学意义($F=0.24$, $P>0.05$)。且 2 种对直肠癌平扫图像的主观评分均在 3 分以上,达到了临床诊断的要求,见表 2。

2.2 能谱平扫与双期虚拟平扫 CNR 值比较 双期虚拟平扫 CNR 值分别为(0.85±0.17)和(0.82±0.15),均高于能谱平扫的(0.57±0.18),差异均有统计学差异($F=54.42$, $P<0.05$)。动脉期、门脉期虚

拟平扫图像 CNR 值比较,差异无统计学意义($t=1.107$, $P=0.29$)。

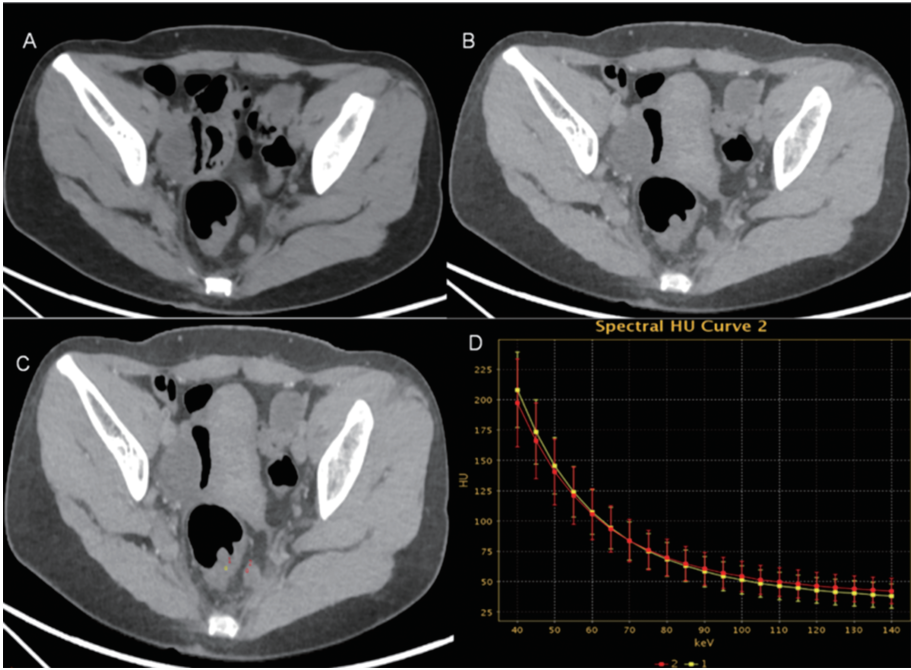
表 2 能谱平扫与双期虚拟平扫主观评分分布(n)

扫描方式	5 分	4 分	3 分	2 分	1 分
能谱平扫	60	10	0	0	0
动脉期虚拟平扫	58	12	0	0	0
门脉期虚拟平扫	56	14	0	0	0

2.3 能谱平扫与双期虚拟平扫诊断直肠癌肠壁厚度及周围淋巴结大小比较 能谱平扫与双期虚拟平扫直肠癌病灶的肠壁厚度比较,差异无统计学意义($P>0.05$)。能谱平扫与双期虚拟平扫直肠癌病灶周围淋巴结大小按可疑组和高度可疑组分组结果比较,差异无统计学意义($P>0.05$)。见表 3、图 1。

表 3 能谱平扫与双期虚拟平扫诊断直肠癌肠壁厚度及周围淋巴结大小比较($\bar{x}\pm s$)

指标	能谱平扫	动脉期虚拟平扫	门脉期虚拟平扫	F	P
肠壁厚度(mm)	21.74±6.69	21.80±6.63	21.50±7.03	0.036	0.965
可疑组(淋巴结短径 5~9 mm)	6.85±1.10	6.84±1.10	6.78±1.08	0.040	0.961
高度可疑组(淋巴结短径大于 9 mm)	10.38±0.95	10.36±0.96	10.36±0.95	0.002	0.998



注:A.直肠癌平扫图像,直肠左旁可见 1 枚肿大淋巴结影,肠壁最厚处约 15.96 mm,淋巴结短径约 12.7 mm;B.动脉期虚拟平扫图像,肠壁最厚处约 15.94 mm,淋巴结短径约 12.7 mm;C.门脉期虚拟平扫图像,肠壁最厚处约 15.95 mm,淋巴结短径约 12.6 mm;D.直肠癌与左侧高度可疑淋巴结的能谱曲线图,能谱曲线显示高度可疑淋巴结与直肠癌病灶具有同源性。

图 1 典型病例 CT 平扫及能谱曲线图(36 岁女患者)

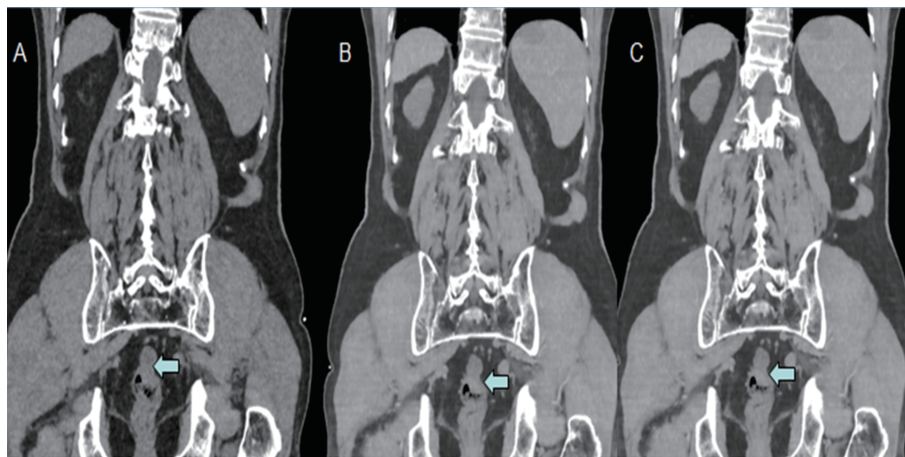
2.4 能谱平扫与双期虚拟平扫诊断直肠癌浆膜面受侵犯程度比较 以术中病理为“金标准”,依据 MIP 的结果评估,能谱平扫与双期虚拟平扫病灶浆膜面清晰情况比较,差异无统计学意义($\chi^2=0.153$, $P=$

0.926),见表 4、图 2。

2.5 能谱平扫与双期虚拟平扫辐射相关参数比较 三期扫描(能谱平扫+双期虚拟平扫)与双期虚拟平扫的 DLP、CTDI 及 ED 值比较,差异均有统计学

意义($P < 0.05$)。见表 5。能谱平扫 ED 值为(7.61 ± 1.68)mSV,与双期虚拟平扫 ED 值[动脉期虚拟平扫:(8.30 ± 2.43)mSV,门脉期虚拟平扫:(8.47 ± 2.56)mSV]比较,差异有统计学意义($F = 4.138, P =$

0.019)。虽然双期虚拟平扫的剂量稍高于能谱平扫,三期扫描省去能谱平扫剂量后,辐射剂量减少约 30%。



注:箭头所指为直肠癌病灶区域。图 A、B、C 分别为能谱平扫、动脉期虚拟平扫、门脉期虚拟平扫的图像。所有图像显示直肠癌浆膜面清晰,周围脂肪间隙密度清晰。

图 2 直肠癌患者 MIP 图像

表 4 能谱平扫与双期虚拟平扫诊断直肠癌浆膜面受侵犯程度比较($n = 70$)

扫描方式	浆膜面侵犯与术中病理对照(n)		准确率 (%)
	一致	不一致	
能谱平扫	66	4	94.3
动脉期虚拟平扫	65	5	92.9
门脉期虚拟平扫	65	5	92.9

表 5 能谱平扫与双期虚拟平扫辐射相关参数比较($\bar{x} \pm s$)

扫描方式	DLP (mGy * cm)	CTDI (mGy)	ED (mSV)
能谱平扫+双期虚拟平扫	1129.5 ± 267.65	35.18 ± 7.42	25.88 ± 6.16
双期虚拟平扫	606.30 ± 158.83	24.62 ± 5.41	18.03 ± 4.47
t	14.065	9.621	8.629
P	< 0.001	< 0.001	< 0.001

3 讨 论

随着 CT 技术的迅速发展,从最初的全身扫描 CT 到最近发展形成的将能谱、宽体、快速扫描、低剂量和超清图像融合的 Revolution 能谱 CT, Revolution 能谱 CT 能够实现单个球管双能量成像。Revolution 能谱 CT 的物质分析是基物质的衰减效应,通过在基物质对组成上通常选择 2 种衰减不同的物质——水与碘^[2],增强图像上碘分离后得到了虚拟平扫图像,一定程度上为减少辐射剂量提供了可能性。而 Revo-

lution CT 前置 ASiR-V 算法,这一重建算法有以下优势:如降噪、消噪、消伪影、降辐射剂量,还可提高低对比度检测性,以运算速度快为特点^[3]。有研究表明,AsiR-V 迭代重建算法百分比随着百分比的增加,图像噪声降低越显著,过高的迭代百分比会形成蜡状伪影,影响病灶显示^[4-6]。在保证质量及减小剂量的需求下,本次研究使用了 50% 权重的 ASiR-V 百分比。

在本研究中,图像质量的评价结果表明,能谱平扫及双期虚拟平扫的主观评分之间无明显差异,且评分均高于 3 分以上,已经达到了临床诊断的要求。通常来说,CNR 值越高图像质量越高。研究结果表明,双期虚拟平扫 CNR 值均高于能谱平扫,说明在对病灶的显示上,虚拟平扫明显优于能谱平扫,而双期虚拟平扫图像之间的 CNR 之间比较,差异无统计学意义($P > 0.05$)。可能原因分析:(1)可能是 Revolution CT 的前置 ASiR-V 迭代重建算法提高了图像的质量^[7-9];(2)可能是由于增强扫描动脉期及静脉期图像进行基物质对分离时,碘未被彻底去除,导致获得的虚拟平扫图像存在轻度强化表现有关^[10-11],本研究同时发现,动脉期图像中,水基图中肝肾、肾实质似见轻度强化,“去碘效果不佳”,可能是在动脉期,对比剂在该脏器中积聚较多,无法完全达到去碘的作用,这与既往研究一致^[12]。能谱平扫及双期虚拟平扫直肠癌肠壁厚度、直肠癌周围淋巴结评估比较,差异均无统计学意义($P > 0.05$)。虚拟平扫对直肠癌周围浸润情况诊断的符合率与能谱平扫相近,表明能谱平扫与双

期虚拟平扫之间对直肠癌周围浆膜层侵犯无明显差异,提示虚拟平扫在直肠癌 TNM 分期诊断中具有一定价值。

由于直肠癌患者在整个治疗过程中需要重复多次的 CT 检查,降低辐射剂量显得尤为重要^[13-15]。本研究表明,在省去能谱平扫后,辐射剂量减少了约 30%。虚拟平扫可替代能谱平扫,节省了时间,且可减少扫描剂量。

综上所述,Revolution CT 在直肠癌增强双期的虚拟平扫中,显示解剖细节清晰,可以满足临床诊断需求,且双期虚拟平扫的 CNR 值高于常规能谱平扫;在对直肠癌诊断的准确性上,能谱平扫及双期虚拟平扫针对直肠癌肠壁厚度、浆膜面的受累情况、直肠癌周围淋巴结显示情况评估无差异。因此,在直肠癌诊断时,虚拟平扫有望代替能谱平扫,在直肠癌患者术前进行分期诊断及术后随访复查过程中发挥潜在价值,且在减少辐射剂量的同时满足临床诊断需求。

参考文献

- [1] BEHRENDT F F, SCHMIDT B, PLUMHANS C, et al. Image fusion in dual energy computed tomography: Effect on contrast enhancement, signal-to-noise ratio and image quality in computed tomography angiography[J]. Invest Radiol, 2009, 44(1): 1-6.
- [2] 张卫萍, 甘泉, 郭化明, 等. Revolution 能谱 CT 技术原理与临床应用[J]. 医疗卫生装备, 2018, 39(3): 99-102.
- [3] 柴亚如, 邢静静, 高剑波, 等. 多模型迭代重建算法对腹部体模 CT 扫描图像质量和辐射剂量的影响[J]. 中国医学影像技术, 2018, 34(1): 118-122.
- [4] 张连宇, 赵心明, 胡龙宾, 等. 自适应统计迭代重组算法提高肿瘤患者腹部增强 CT 图像质量的研究[J]. 医学影像学杂志, 2018, 28(6): 975-978.
- [5] 赵晶, 徐飞, 李晓璐, 等. 不同水平的自适应统计迭代重建(ASiR)算法在能谱 CT 门静脉成像中的图像质量比较[J]. 临床放射学杂志, 2016, 35(2): 282-287.
- [6] 何欣, 张景东, 杨正汉, 等. 前置自适应统计迭代重建技术对超低剂量 CT 图像质量影响的模型研究[J]. 实用放射学杂志, 2019, 35(1): 110-113.
- [7] 刘晓冬, 刘爱连, 刘静红, 等. 基于多模型的迭代重建技术对低剂量 CT 结肠成像图像质量的影响[J]. 中华放射医学与防护杂志, 2018, 38(4): 311-316.
- [8] 黄福灵, 曾燕冲, 周春燚, 等. ASiR-V 迭代重建技术在高危人群肺癌筛查中的应用研究[J]. 影像研究与医学应用, 2019, 3(9): 63-65.
- [9] 常丽阳. 基于多模型的迭代重建(ASiR-V)算法结合双低技术在头颈 CTA 中的应用研究[D]. 郑州: 郑州大学, 2018.
- [10] 田士峰, 刘爱连, 汪禾青, 等. CT 能谱成像虚拟平扫替代常规平扫评估结肠癌的可行性研究[J/CD]. 中华临床医师杂志(电子版), 2013, 7(19): 8597-8601.
- [11] 王勇, 雷静, 韩丹, 等. 双源 CT 双能量虚拟平扫在结直肠病变的应用[J]. 中国医学影像学杂志, 2014, 22(10): 768-771.
- [12] GRASER A, JOHNSON T R, HECHT E M, et al. Dual-energy CT in patients suspected of having renal masses: can virtual nonenhanced images replace true nonenhanced images? [J]. Radiology, 2009, 252(2): 433-440.
- [13] CHEN C Y, HSU J S, JAW T S, et al. Utility of the iodine overlay technique and virtual non-enhanced images for the preoperative staging of colorectal cancer by dual-energy CT with tin filter technology[J]. PLoS One, 2014, 9(12): e113589.
- [14] 柳澄. 重视 CT 临床应用降低辐射剂量的措施[J]. 中国医疗器械信息, 2011, 17(10): 19-23.
- [15] 钟育波, 孙凯, 张晓槟, 等. X 线辐射剂量对结直肠癌细胞 microRNA-221 和 PTEN 表达的影响[J]. 中国普外基础与临床杂志, 2013, 20(10): 1113-1116.

(收稿日期: 2022-07-28 修回日期: 2023-01-10)