

论 著

双能量CT虚拟平扫与Flash CT平扫在儿童腹部的对比研究*

李政远 郝跃文 胡 文
张 鹏*陕西省西安市儿童医院影像科
(陕西 西安 710003)

【摘要】目的 比较双能量CT虚拟平扫(VNC)和真实CT(TNC)平扫在儿童腹部扫描应用的图像质量和辐射剂量。**方法** 回顾性收集2022年1月西安市儿童医院行增强扫描患儿28例,Flash模式采集平扫图像,以双能量模式的方法收集动脉、静脉期影像。并通过syngo.via20处理软件中Liver VNC分析获取动脉、静脉期的虚拟平扫影像(VNCA、VNCV),对每例患儿三期图像中肝脏、肾脏、脾脏、胰腺、竖脊肌的CT值、信噪比(SNR)和SD值进行记录并通过统计学方法进行统计。不同期相的影像效果由三位中年主治医师的主观评定。**结果** VNCA、VNCV两期图像的SNR值高于常规平扫($P<0.05$)。CT值、SD值差异均无统计学意义($P>0.05$);两期图像的主观评分差异无统计学意义($P>0.05$);VNC与TNC有效剂量相比,差异有统计学意义($P<0.05$),虚拟平扫辐射剂量下降42.06%;**结论** 虚拟平扫图像可以满足临床诊断,此项技术对常规CT平扫拥有良好的可替代性,可以有效推广。

【关键词】 双源CT; 虚拟平扫; 真实平扫; 辐射剂量; 腹部; 儿童;

【中图分类号】 R445.2

【文献标识码】 A

【基金项目】 基于多模态影像组学的神经母细胞瘤预后预测模型的研究(2021ms15)

DOI:10.3969/j.issn.1672-5131.2023.06.050

Comparison of Double Source CT Virtual flat sweep and Flash CT flat sweep in Children's Abdomen*

Li Zheng-yuan, HAO Yue-wen, HU Wen, ZHANG Peng.

Department of Imaging, Xi'an Children's Hospital, The Northwest Regional Medical Center, Xi'an 710003, Shan xi Province, China

ABSTRACT

Objective To Compare the image quality and radiation dose applied by dual-energy CT virtual horizontal scanning in pediatric abdominal scanning between Virtual Non-contrast-Enhanced (VNC) and real CT (TNC). **Methods** Retrospectively collected 28 children with enhanced scanning in Xi'an Children's Hospital in January 2022, Plain scan images were collected in Flash mode, and arterial and venous phase images were collected in dual-energy mode. Virtual horizontal scanning images (VNCA, VNCV) were obtained by Liver VNC analysis in syngo.via20 processing software, and the CT values, signal to noise ratio (Signal to Noise Ratio, SNR) and SD values of liver, kidney, spleen, pancreas and vertical spinal muscle in the third stage images of each child were recorded and studied statistically. The imaging effect of the different phases was assessed subjectively by the three middle-aged attending physicians. **Results** The SNR values of the VNCA and VNCV two-phase images were higher than the normal plain sweep ($P<0.05$), CT value and SD value ($P>0.05$); The subjective score difference between the two-stage images had no statistical value ($P>0.05$); the virtual plain sweep radiation dose decreased by 42.06%. **Conclusion** Virtual flat scan image can satisfy the clinical diagnosis, and this technology has a good substitution for routine CT flat scan, and can be effectively promoted.

Keywords: Dual-source CT; Virtual non-contrast-enhanced; Ture non-contrast-enhanced; Radiation dose; Abdomen; Children

我们常说,儿童并不是成人的缩小版,儿童从生理、解剖结构等,都与成人有着明显的差别,所以已经在成人运用成熟的检查,在儿科疾病上,并未能有效的开展。CT检查具有定位准确、低对比度分辨率高等优势,已经普遍为临床所接受,结合增强扫描,可以更有效的显示病变的特征^[1-2];近年来,随着双能量扫描技术的成熟,其扫描模式被更多的运用于临床检查中。已有研究表明,虚拟平扫技术在成人检查中应用较为广泛^[3-4],基本可以代替常规CT平扫。但此项技术在儿童患者的应用较少,本研究就双能量虚拟平扫与Flash模式的对比展开研究,可以有效的减少增强检查前的平扫,降低扫描次数,减低患儿所受的辐射剂量,从而使其运用到常规腹部增强CT检查中。

1 资料与方法

1.1 一般资料 回顾性搜集我院2022年1月行全腹部增强扫描患儿28例,所有受检患儿家属均签署增强同意书。其中男性患儿15名,女性患儿13名。年龄3个月~15岁,所有患儿平均年龄(6.51 ± 4.7)岁。其中肾积水患儿8例、肿瘤患儿15例,其他5例。

1.2 检查方法与参数 患儿接受检查时采用双源CT SOMATOM Drive,增强扫描时应用MEDRAD双筒高压注射器。哭闹患儿,采用镇静后进行扫描。扫描步骤:先采用Flash大螺距模式进行腹部平扫,然后进行增强。扫描条件:A、B球管管电压分别为80kV/Sn140kV;管电流被调制自动(CARE Dose4D);螺距1.2;准直宽度:128x0.6mm;卷积核采用i 30 f。增强时,经右肘静脉注射,以2.0mL/s的流速注入碘海醇(300mg(I)/mL),注射量2.0mL/kg;在膈肌角水平腹主动脉处采用100HU增强阈值自动跟踪技术,随后20、40秒扫描生成动脉、静脉两期图像。

1.3 图像的重建及分析 将双能量采集的增强图像放入syngo.via 20软件中,利用肝脏VNC分析软件,将混合比例调至0%,分别得到动脉期(VNCA)及静脉期(VNCV)两组虚拟平扫的图像。在TNC、VNCA、VNCV这三组图像中在肝脏、肾脏、脾脏、胰腺、竖脊肌随机找取3个感兴趣区(region of interest, ROI),ROI $\approx 0.1\text{cm}^2$,并记录每组数据的平均CT值、平均SD值(standard deviation, SD),并计算出平均SNR值($\text{SNR}=\text{部位平均CT值}/\text{部位平均SD值}$)。由3位6年以上的影像主治医师及以上资历的医师对图像进行主观评分。评价标准为:1分:噪声对图像的影响大,伪影对图像干扰重,且组织结构分辨不清,无法作出诊断;2分:噪声对图像影响较大,伪影干扰较重,但组织结构尚可分辨,诊断难度大;3分:噪声对图像影响较小,存在轻度伪影干扰,组织结构分辨清晰,能够达到诊断要求;4分:噪声对图像的影响小,无明显伪影干扰,组织结构分辨清晰,细节表现较差,可以轻松获得诊断结果;5分:噪声对图像影响小,无伪影干扰,组织结构分辨清晰,细节显示良好,可以明确诊断;图像评分范围在3~5分即可满足临床诊断要求。

1.4 辐射剂量 记录每个病人图像中的CT剂量指数(CT dose index, CTDI)和剂量长度乘积(doselength product, DLP),并根据每个年龄段K值的不同,计算出每个患者的有效剂量(effective dose, ED): $ED(\text{mSv})=K\times DLP$ 。

【第一作者】李政远,男,技师,主要研究方向:儿童影像技术。E-mail: 793833979@qq.com

【通讯作者】张 鹏,男,主治医师,主要研究方向:儿童疾病影像诊断。E-mail: 793833979@qq.com

1.5 统计分析 通过SPSS 21.0软件对上述数据分析,将计数资料用均值±标准差显示,并分别对每例患者的三组图像中肝、肾、脾、胰、竖脊肌等五种组织的CT值、SD值、SNR值,和辐射剂量的CTDI、DLP、ED值进行单因素方差分析,有差异时进行两两比较。 $P<0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 图像客观评价比较

TNC、VNCA、VNCV三组图像5种组织器官的SNR值(肝脏

表1 TNC、VNCA、VNCV三期图像质量比较

部位	项目	TNC	VNCA	VNCV	F值	P值
肝脏	CT值	64.24±1.13	65.37±1.38	65.15±1.09	0.248	0.781
	SNR	8.82±0.41	9.22±0.35	11.55±1.04	4.682	0.012
	SD值	7.67±0.33	7.34±0.28	7.11±0.66	0.371	0.691
肾脏	CT值	36.14±1.57	35.35±1.20	37.63±0.96	0.833	0.439
	SNR	5.13±0.51	5.07±0.21	6.90±0.64	4.45	0.015
	SD值	7.67±0.33	7.13±0.26	7.02±0.68	0.559	0.574
胰腺	CT值	51.25±1.08	49.92±1.11	52.10±0.76	1.196	0.308
	SNR	6.04±0.37	5.97±0.22	8.66±0.83	7.859	0.001
	SD值	9.02±0.40	8.64±0.35	7.75±0.72	1.562	0.216
脾脏	CT值	50.55±1.10	49.48±1.01	51.38±0.66	1.008	0.369
	SNR	7.60±0.59	7.67±0.30	10.09±1.00	4.113	0.02
	SD值	7.17±0.30	6.73±0.32	6.63±0.63	0.406	0.668
竖脊肌	CT值	55.21±1.24	55.30±1.13	56.76±0.99	0.593	0.555
	SNR	8.26±0.60	8.40±0.42	11.49±1.13	5.425	0.006
	SD值	7.23±0.33	6.92±0.29	6.35±0.58	1.111	0.334

$P=0.012$ 、肾脏 $P=0.015$ 、胰腺 $P=0.001$ 、脾脏 $P=0.02$ 、竖脊肌 $P=0.006$)差异有统计学意义。CT值及SD值差异均无统计学意义($P>0.05$);(见表1,表2)

2.2 辐射剂量比较 (见表3,表4)

2.3 图像主观评价

TNC、VNCA、VNCV、三期图像质量评分均 ≥ 3 分,差异无统计学意义($P>0.05$)。TNC检出病变35个、VNCA检出病变34个、VNCV检出病变33个。结果显示三期图像的病变检出率分别为TNC82.1%、VNCA81.5%、VNCV80.6%。差异无统计学意义。

表2 TNC、VNCA、VNCV三期各组织SNR的P值比较

	肝脏SNR	肾脏SNR	胰腺SNR	脾脏SNR	竖脊肌SNR
TNC与VNCA(P值)	0.468	0.91	0.86	0.91	0.85
TNC、VNCV(P值)	0.019	0.037	0.006	0.038	0.015
VNCA、VNCV(P值)	0.04	0.01	0.003	0.026	0.014

表3 TNC、VNCA、VNCV三期图像辐射剂量比较

扫描模式	CTDIvol/mGy	DLP/mGy·cm	ED/mSv
TNC	5.34±2.22	204.62±113.36	4.26
VNCA	4.77±0.41	188.45±21.78	3.89
VNCV	5.34±0.42	204.62±21.42	3.47
F值	0.385	0.151	0.74
P值	0.682	0.86	0.47

表4 TNC、VNCA+VNCV辐射剂量比较

扫描模式	CTDIvol/mGy	DLP/mGy·cm	ED/mSv
TNC	5.34±2.22	204.62±113.36	4.26±2.76
VNC	10.04±5.08	391.23±238.44	7.36±3.97
F值	20.05	13.987	11.537
P值	0.000	0.000	0.001

注: TNC为Flash平扫; VNCA为动脉期虚拟平扫; VNCV为静脉期虚拟平扫; CTDI为容积剂量指数; DLP为剂量长度乘积; ED为有效辐射剂量; VNC为动脉和静脉两期虚拟平扫(VNCA+VNCV)之和

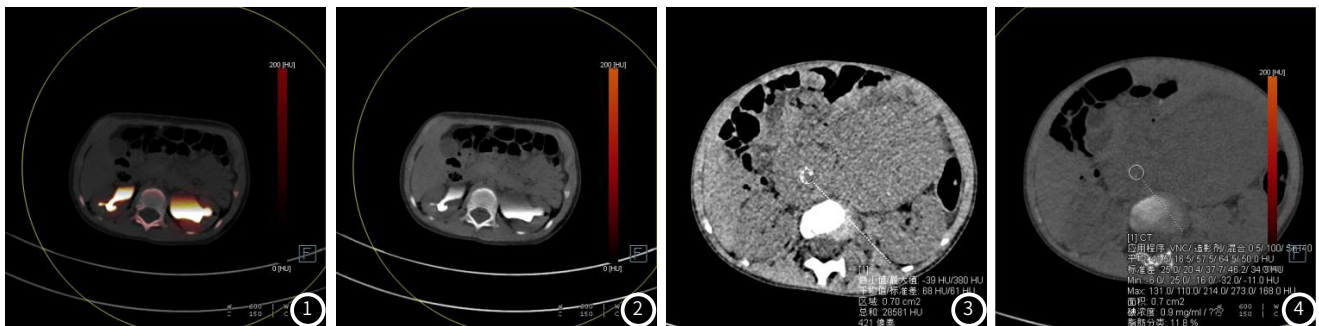


图1 标准碘值图像; 图2 图1的VNC虚拟平扫图像; 图3 常规Flash薄层图像; 图4 图3的VNC虚拟图像。

3 讨论

CT双能量是指在高、低两种能量X射线的条件下,对检查部位进行成像,利用同一组织在不同照射条件下X线的衰减值差异进行成像。随着双能量CT在临床中的广泛的应用^[5],受检者所接受辐射剂量的高低也成为了目前社会所关注的问题;尤其儿童在接受CT诊疗的同时,也增加了患癌症的风险^[6-7];有研究表明,在儿童腹部CT条件KV100也可满足诊断要求^[8],在低剂量方面有着更多的研究潜能。

SNR一直以来都是衡量图像质量的客观标准之一,其与扫描条件、重建算法等有着密不可分的联系。研究结果显示:VNCA、VNCV两组图像的CT值与常规平扫CT值、SD值的差异无统计学意义 $P>0.05$,但TNC与VNCV、VNCA与VNCV的SNR值差别具有统计意义($P<0.05$);与王玉凤^[9]、王慧慧^[10]研究结果有所差异,与黄洁惠^[11]等人研究结果一致。原因在于增强患儿体内造影剂的滞留会使得图像的CT值偏高,以肾积水患儿最为明显,碘去除不完全,仍有较多高密度造影剂残留,影响图像质量(图1、图2);有学者在研究中指出,碘浓度较高的区域会影响到碘的去除效果^[12];其次,与常规采用的“D”卷积核不同,此次实验卷积核采用i 30

f,就其中的“3”有研究表明,当腹部内核值为20与30时,获得的CT图像诊断准确性高^[13]。本次实验中SNR的改善可能与卷积核i 30 f有关,就其中“D”与“i”具体的差异性,还有待后续研究。还有一方面,目前临床应用的双源CT在球管处安装了锡滤过装置,使产生的X线得到了进一步的纯化,其区分碘的能力得到了提高,再采用平滑算法,降低了图像的背景噪声。

本次研究的VNC图像评分均 ≥ 3 分,部分肿瘤患儿,病变内有钙化时,VNC图像对钙化显示效果不佳,有研究表明,VNC图像对钙化 $<3\text{mm}$ 的病变显示效果不佳^[14](图3、图4),这可能是由于VNC技术主要对碘、脂肪以及软组织三物质进行分离,将钙化部分误认为是碘,将其去掉;但是对于一些需要进行多次随访的肿瘤患儿,此现象影响不是很大^[15]。

在辐射剂量方面,TNC、VNCA、VNCV各期剂量相比,差异无统计学意义(表3);VNC与TNC有效剂量相比,差异有统计学意义($P<0.05$)(表4)。利用VNC图像可以使辐射剂量下降了大约42%,与黄洁惠等人的研究大致相同,相比于王玉凤、杨琰昭^[16]等研究者,辐射剂量降低更加明显,符合ALARA原则^[17];同时因为少了一次常规的平扫,也节约了患儿及家长大约1/3的检查时

间；无论在常规增强CT检查或肿瘤患儿的随访中，都值得推广。

此项研究有所不足：(1)收集患儿的样本量不够多，在接下来的研究中，将提高样本数量用来验证此研究；(2)VNC技术目前是以50%的比例进行图像融合，下一步可以采用不同的融合比率来进行验证。

综上所述，对于儿童腹部增强检查，VNC虚拟平扫图像接近于真实平扫，在双能量扫描模式中，具有良好的发展前景；但在面对无法配合的急、危、重症患儿，我们应该侧重于Flash模式，利用更加快速的扫描方式，得到满意的图像。总而言之，在实际工作中，我们还是应该根据每个患儿不同的临床症状，合理的选择扫描模式。

参考文献

[1]叶丽河,沈慧,古杰洪,等.B超引导与CT引导腹腔镜囊肿及脓肿经皮穿刺抽吸治疗的比较[J].影像诊断与介入放射学,2012,21(3):3.

[2]蔡新宇,肖蕾,梁晓平.超声及多层螺旋CT鉴别女性盆腔囊性肿块病变的价值比较[J].中国CT和MRI杂志,2016(2):106-108.

[3]JAVADI SANAZ,ELSHERIF SHERIF,BHOSALE PRIYA,et al.Quantitative attenuation accuracy of virtual non-enhanced imaging compared to that of true non-enhanced imaging on dual-source dual-energy CT[J].Abdominal Radiology,2020,45(4):1100-1109.DOI:10.1007/s00261-020-02415-8.

[4]Graser A,Johnson T R C,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.

[5]Siegel M J,Ramirez-Giraldo J C.Dual-Energy CT in Children: Imaging Algorithms and Clinical Applications[J].Radiology,2019,291(2):182289.

(上接第140页)

性损伤。大多数IC患者经早期治疗后均能治愈，预后良好。然而IC的临床表现多种多样，症状和体征均无特异性，许多患者在发病早期因症状轻微而不被注意导致误诊、漏诊。因此，对于临床医师来说，IC的早期诊断仍是一大挑战。

国学有学者发现^[10]，凝血因子V突变可引起凝血系统功能紊乱，使血液处于高凝状态，诱发肠系膜静脉血栓形成，导致不可逆结肠出血。故推测凝血功能检测在IC患者的诊断中有一定诊断价值。凝血四项中PT主要反映外源性凝血功能，是评估凝血水平的主要指标^[11]；APTT反映内源性凝血功能，其缩短提示血栓前征象、弥散性血管内凝血(DIC)；Fib参与凝血过程，可促进血小板聚集和内皮细胞的生长、繁殖；TT表达缩短提示Fib降解产物增高、有出血抗凝物^[12]。目前有关凝血四项检测与IC关系的报道十分少见，本研究分析PT、APTT、Fib、TT在IC早期诊断中的价值，发现与非IC组相比，IC组PT明显缩短，APTT和TT明显延长，Fib明显降低，提示IC患者普遍存在凝血功能异常表现，PT、APTT、Fib、TT或许参与IC的病程进展。进一步绘制ROC曲线进行分析，结果显示其AUC分别为0.688、0.682、0.631、0.687，特异度均较高，为80.00%~90.00%，提示凝血四项单一检测在IC的早期诊断中具有一定价值，但灵敏度均有待提高。

腹部CT是多种肠道疾病诊断的重要方法，可清楚显示受累肠段病变情况，明确是否存在肠壁增厚、肠管扩张分层、肠道积气积液及肠周间隙积液等病变，有助于医师评估疾病严重程度^[13-14]。本研究结果显示，腹部CT平扫诊断IC的准确率、灵敏度、特异度分别为63.75%、58.33%、80.00%，可见腹部CT在IC的诊断中具有一定价值，但灵敏度较低，考虑其原因可能是：IC患者的CT表现缺乏特异性，如肠壁增厚的CT表现亦可出现于其他炎症性肠病、肠道恶性肿瘤中，从而导致无政、漏诊。CTA在腹部CT平扫的基础上增加了对血管病变的敏感性，可观察病变血管的增厚、钙化情况，对肠系膜血管血栓形成或栓塞有较高的诊断价值^[15]。本研究中，SMA CTA诊断IC的准确率、灵敏度、特异度分别为61.25%、51.67%、90.00%，说明SMA CTA诊断IC的准确率尚可，特意图较高，但灵敏度欠理想，与以往文献报道有很大差异^[16]，这可能与本组病例中较多急性期IC患者由于内脏血供不足和微循环栓塞，不存在明显的血管狭窄或闭塞，因此SMA CTA未见阳性改变有关。此外，本研究分析腹部CT检查+SMA CTA联合凝血四项对IC的早期诊断价值，对比各项单一诊断，发现联合诊断

[6]Gujral D.Cancer risk in 680 000 people exposed to computed tomography scans in childhood or adolescence: data linkage study of 11 million Australians[J].BMJ (online),2013.

[7]Pearce MS,Salotti JA,Little MP,et al.Radiation exposure from CT scans in childhood and subsequent risk of leukaemia and brain tumours:A retrospective cohort study.Lancet,2012,38(6):499-505.

[8]李昊岩,孙记航,段晓岷,等.低浓度对比剂,低辐射剂量婴幼儿腹部CT扫描[J].中国介入影像与治疗学,2018,15(4):4.

[9]王玉凤,石凤祥,杨学东,等.上腹部双能量CT虚拟平扫代替传统平扫的可行性研究[J].中国医疗设备,2021,36(10):4.CNKI:SUN:YLSX.0.2021-12-025.

[10]王慧慧,刘建新,李子元,等.双能量CT虚拟平扫对胰腺的显示:与真实平扫对比[J].中国医学影像技术,2016,32(12):4.

[11]黄洁惠,倪锦,谢铁明,等.双能量盆腔CT虚拟平扫与常规平扫的对比研究[J].中国现代医生,2018,56(26):4.

[12]Borriello A,Caldarelli I,Bencivenga D,et al.p57Kip2 and Cancer: Time for a Critical Appraisal[J].Molecular Cancer Research,2011,9(10):1269-1284.

[13]Keun,Jo,Jang,et al.Retraction Note: Measurement of image quality in CT images reconstructed with different kernels[J].Journal of the Korean Physical Society,2015.

[14]郭兴,丁伟,秦慧娟.双能CT血管成像虚拟平扫对评价蛛网膜下腔出血的应用价值[J].中国医学科学院学报,2010(6):4.

[15]刘妹岑,谢明国,侯中华,等.胸部CT虚拟平扫技术的可行性[J].中国医学影像学杂志,2016,24(2):4.DOI:10.3969/j.issn.1005-5185.2016.02.007

[16]杨琰昭,严福华,韩群,et al.双层光谱探测器CT腹部虚拟平扫代替常规平扫的可行性研究[J].中华放射学杂志,2019,53(1):7.

[17]石明国.CT技术发展进入低剂量成像时代[J].中国医疗设备,2012,27(1):5.

(收稿日期:2022-09-06)

(校对编辑:孙晓晴)

的AUC、灵敏度均明显提升，提示腹部CT检查+SMA CTA联合凝血四项检测能提高IC的早期诊断效能。

综上所述，腹部CT检查+SMA CTA联合凝血四项检测对IC的早期诊断效能高，能指导临床早期治疗从而获取较好疗效，值得广泛推广应用。

参考文献

[1]龙福朴,余阳华,陈霄霄,等.缺血性结肠炎临床特征分析:附101例报告[J].中国普通外科杂志,2020,29(8):979-986.

[2]沈丹平.多层螺旋CT肠道造影在评估溃疡性结肠炎病情程度中的应用价值探讨[J].中国CT和MRI杂志,2021,19(9):128-130.

[3]Xu Y, Xiong L,Li Y,et al.Diagnostic methods and drug therapies in patients with ischemic colitis[J].Int J Colorectal Dis,2021,36(1):47-56.

[4]张咏雪,单华,周金彬.多层螺旋CT小肠造影对炎症性肠病的诊断价值[J].影像科学与光化学,2021,39(2):315-319.

[5]范杰.64层螺旋CT仿真内窥镜在鉴别结、直肠病变中的应用价值研究[J].中国CT和MRI杂志,2022,20(3):141-142,152.

[6]薛旭涛,严涛.二聚体联合腹部CT在缺血性结肠炎患者早期的诊断价值[J].血栓与止血学,2022,28(3):1010-1011,1014.

[7]Ahn Y,Hong GS,Lee JH,et al.Ischemic colitis after enema administration: Incidence,timing, and clinical features[J].World J Gastroenterol,2020,26(41):6442-6454.

[8]琳琳,吴静.缺血性结肠炎患者临床和结肠镜特点分析[J].中国全科医学,2018,21(8):981-984.

[9]Ahmed M. Ischemic bowel disease in 2021[J].World J Gastroenterol,2021,27(29):4746-4762.

[10]Zheng K,Brandt LJ,LeFrancois D.Homozygous Factor V Leiden presenting as irreversible chronic colon ischemia resulting from inferior mesenteric vein thrombosis[J].Clin J Gastroenterol,2021,14(4):1142-1146.

[11]Scarlatescu E,Marchenko SP,Tomescu DR.Lidocaine effects on coagulation assessed by whole blood rotational thromboelastometry[J].Blood Coagul Fibrinolysis,2021,32(2):115-121.

[12]王梅,王梅玉,姬宏莉,等.非小细胞肺癌患者凝血功能指标与肿瘤恶性程度的相关性[J].罕少疾病杂志,2022,29(1):36-38.

[13]张娜,袁玉红.腹部CT增强扫描在结肠癌TNM分期诊断中的应用[J].中国CT和MRI杂志,2021,19(8):141-143.

[14]周凯,孙玉龙,刘沅,等.活动期溃疡性结肠炎CT肠道造影影像分析及与Mayo评分的相关性研究[J].罕少疾病杂志,2022,29(9):69-70.

[15]陈娜娜,郭立,林奕城,等.基于CT平扫的彩色编码图对自发性孤立性肠系膜上动脉夹层初筛的价值[J].临床放射学杂志,2021,40(10):2025-2028.

[16]陈佳莉,步军,吴禹,等.CTA观察右半结肠缺血性结肠炎与肠系膜上动脉钙化斑块的关系[J].中国医学影像技术,2019,35(3):395-399.

(收稿日期:2022-08-25)

(校对编辑:朱丹丹)