

论 著

评估高浓度对比剂联合低管电流在克罗恩病CTE检查的图像质量及辐射剂量

王晓红 郭庆强 宋 曼*
厦门大学附属第一医院放射科
(福建 厦门 361000)

【摘要】目的 这项研究通过比较不同浓度对比剂联合不同管电流在克罗恩病患者的腹部CT血管成像质量及肠壁相对强化值,从而探讨高浓度对比剂联合低管电流扫描方式在克罗恩病患者小肠CT造影的应用价值。方法 52例连续患者随机分为低浓度组(A组)和高浓度组(B组),两组患者均行CTE检查,扫描时应用相同的管电压、注射速率、对比剂用量,将动脉期扫描数据作为研究对象,A组(碘浓度为300mg/mL的碘普罗胺)使用自动mAs,B组(碘浓度为400mg/mL的碘美普尔)使用0.6倍自动mAs;比较A组和B组有效辐射剂量及肠系膜上动脉起始段的图像质量客观评价指标(强化程度、信噪比、对比噪声比)、主观评价指标,病灶区域肠壁强化进行以CT值测量为基础的客观评价。结果 B组较A组有效剂量降低约40%;B组在动脉期肠系膜上动脉起始段的CT值(366.9±56.5)及相对强化值(321.4±56.4)均高于A组在动脉期肠系膜上动脉起始段的CT值(286.1±36.2)及相对强化值(240.9±36.6),差异有统计学意义($P<0.001$);B组在动脉期肠系膜上动脉起始段的CNR(30.4±8.9)及SNR(36.4±10.0)均高于A组在动脉期肠系膜上动脉起始段的CNR(22.0±5.4)及SNR(27.3±6.3),差异有统计学意义($P<0.001$);B组在动脉期病变肠壁的CT值(111.7±13.8)及相对强化值(72.5±12.8)均高于A组在动脉期病变肠壁的CT值(94.1±18.2)及相对强化值(48.2±20.7),并且B组在动脉期病变肠壁的相对强化CT值 $>50\text{HU}$;A、B两组图像质量主观评分分别为(4.04±0.445)、(4.15±0.464),A、B两组图像质量主观评价无统计学意义($P>0.05$)。结论 在克罗恩病患者CTE检查中应用高浓度对比剂注射方案联合低管电流,能大幅度降低了患者接受的辐射剂量,对肠系膜上动脉起始段强化程度更高、图像质量更佳,对病变肠壁强化更明显。

【关键词】高浓度对比剂;低管电流;克罗恩病;小肠CT造影;图像质量;辐射剂量
【中图分类号】R656.7
【文献标识码】A
DOI:10.3969/j.issn.1672-5131.2024.11.046

To Evaluate the Image Quality and Radiation Dose of High Concentration Contrast Agent Combined with Low Tube Current in CTE Examination of Patients with Crohn's Disease

WANG Xiao-hong, GUO Qing-qiang, SONG Man*
Department of Radiology, The First Affiliated Hospital of Xiamen University, Xiamen 361000, Fujian Province, China

ABSTRACT
Objective In this study, the quality of abdominal CT angiography and the relative enhancement value of intestinal wall in patients with Crohn's disease were compared by comparing different concentrations of contrast agent combined with different tube currents, so as to explore the application value of high concentration contrast agent combined with low tube current scanning in small intestine CT angiography of patients with Crohn's disease. **Methods** 52 consecutive patients were randomly divided into low concentration group (group A) and high concentration group (group B). Both groups of patients underwent CTE examination. The same tube voltage, iodine flow rate and contrast agent dosage were used during scanning. The arterial phase scan data were taken as the research object. Group A (iodine concentration of 300mg/mL iopromide) used automatic mAs, and group B (iodine concentration of 400mg/mL iopromide) used 0.6 times automatic mAs; the objective evaluation indexes of image quality (enhancement degree, signal-to-noise ratio, contrast-to-noise ratio), subjective evaluation indexes and effective radiation dose of superior mesenteric artery in group A and group B were compared, The enhancement of intestinal wall in the lesion area was evaluated objectively based on CT value measurement. **Results** Compared with group A, the effective dose of group B was reduced by about 40%. And in group B, the relative enhancement CT value of the intestinal wall in the arterial phase was $>50\text{HU}$; the CT value (366.9±56.5) and relative enhancement value (321.4±56.4) of the initial segment of superior mesenteric artery in arterial phase in group B were higher than the CT value (286.1±36.2) and relative enhancement value (240.9±36.6) of those in group A, and the difference was statistically significant ($P<0.001$).The CNR (30.4±8.9) and SNR (36.4±10.0) of the initial segment of superior mesenteric artery in group B were higher than the CNR (22.0±5.4) and SNR (27.3±6.3) of those in group A, and the difference was statistically significant ($P<0.001$).The CT value (111.7±13.8) and relative enhancement value (72.5±12.8) of the intestinal wall in group B were higher than the CT value (94.1±18.2) and relative enhancement value (48.2±20.7) of those in group A. In group B, the relative enhancement CT value of the intestinal wall in the arterial phase was $>50\text{HU}$.The subjective scores of image quality in group A and group B were (4.04±0.445) and (4.15±0.464), respectively. There was no significant difference in subjective evaluation of image quality between group A and group B ($P>0.05$). **Conclusion** The application of high concentration contrast agent injection scheme combined with low tube current in CTE examination of patients with Crohn's disease can greatly reduce the radiation dose received by patients, enhance the initial segment of superior mesenteric artery, improve image quality, and enhance the intestinal wall of lesions more obviously.
Keywords: High Concentration Contrast Agent; Low Tube Current; Crohn's Disease; Small Bowel Ct Angiography; Image Quality; Radiation Dose

克罗恩病(Crohn's disease, CD)是一种病因不明的慢性肉芽肿性炎症,可伴有溃疡和纤维化,可累及全消化道,多见于回肠末端,病程特点是反复发作与缓解交替发生,无法治愈,严重影响了患者的生活质量^[1];CT小肠造影(computed tomography enterography,CTE)通过口服对比剂充盈肠道,具有操作简单、成像速度快的优点,可以无创清晰地显示肠道情况,在克罗恩病临床诊断、活动度及疗效评估方面均有一定的价值^[2-3],目前已广泛用于临床评估克罗恩病的严重程度和活动度,对于指导临床制定治疗方案、评判疗效及判断预后至关重要^[4];CD的进展和治疗是一个漫长的过程,因此患者在治疗过程中由于病情随访需要多次做CTE检查,为减少患者多次检查所接受的辐射剂量,探讨如何在确保图像质量或者提高图像质量的前提下,降低患者所接受的辐射剂量、减少对比剂用量,成为了如今需要迫切解决的问题。

1 资料与方法

1.1 临床资料 搜集本院2022年4月至2023年8月因克罗恩病行CTE的患者52例,所有患者均符合2018年我国炎症性肠病诊断与治疗的共识意见的纳入标准^[5];排除已知碘对比剂过敏史、妊娠或哺乳期妇女、严重心功能不全、肾功能不全、有明显运动伪影、青光眼、前列腺增生的患者。患者根据对比剂浓度不同将患者分为A、B两组,A组(碘浓度为300mg/mL)纳入26例,其中男17例、女9例,平均年龄34岁,BMI平均约21.0kg/m²;B组(碘浓度为400mg/mL)纳入26例,其中男15例、女11例,平均年龄33岁,BMI平均

【第一作者】王晓红,女,主治医师,主要研究方向:腹部影像。E-mail: 964585869@qq.com
【通讯作者】宋 曼,女,主治医师,主要研究方向:腹部影像。E-mail: songman2001@sina.com

约20.2kg/m²，A组和B组性别、年龄及BMI差异均无统计学意义(P>0.05)。

1.2 CT检查方法 患者检查前1日食用流质饮食并清洁肠道，检查前需禁食4-6小时以上，扫描前60分钟分4次口服总量约2000mL的2.5%等渗甘露醇溶液，每次间隔15分钟，每次约口服500mL；扫描前10~15分钟肌内注射山莨菪碱以减少肠管蠕动产生的运动伪影；扫描前进行一定的呼吸训练以尽量减少呼吸运动伪影；检查时与病人签订知情同意书；扫描时取俯卧位，采用采用Siemens Definition AS 64排128层CT扫描仪，扫描范围自膈顶至耻骨联合下缘，先进行全腹部定位像及平扫，然后采用高压注射器经肘中静脉注入对比剂，进行动脉期(注射对比剂后25~30s)、静脉期(注射对比剂后60~70s)两期图像采集；在注射对比剂前、后，均注入生理盐水30mL。然后传输至PACS进行图像后处理。扫描参数：固定注射速率为3mL/s，固定对比剂用量为80mL，固定管电压为100kv，固定扫描层厚为5mm，层间距为0.6mm；A组(碘浓度为300mg/mL)管电流为自动mAs，参考有关文献^[6]，B组(碘浓度为400mg/mL)设置管电流为0.6倍自动mAs。

1.3 图像分析 客观评价指标：所有患者均在动脉期轴位原始图像上选取肠系膜上动脉首次出现的平面测量感兴趣区(region of interest, ROI)，肠壁选择最厚及强化最明显的层面测量ROI，测量3次ROI取平均值，ROI面积≥5mm²；在同层面肌肉及后腹壁皮下脂肪放置ROI，记录相应的CT值及标准差(SD)，用于计算信噪比(SNR)和对比噪声比(CNR)。SNR=肠系膜上动脉起始段的CT值/皮下脂肪SD值，CNR=(肠系膜上动脉起始段的CT值-同层面肌肉CT值)/皮下脂肪SD值。

主观评价指标：由2名具有5年以上工作经验的腹部影像诊断医师采用双盲法对所有患者影像资料进行评价，结果不统一时由另1名高年资医师共同参与讨论后确定。使用相同的显示器阅片，参考有关文献^[7-8]的5分制评分法对图像质量进行评价：5分(优异)，解剖细节清晰，对比度高，层次感强，锐利度好，无噪声及蜡状伪影；4分(良好)，解剖结构和细节较清楚，对比度较高，锐利度稍降低，噪声及蜡状伪影不明显；3分(中等)，大部分解剖结构较清楚，细节显示欠清，图像噪声及蜡状伪影低但可接受；2分(较差)，解剖细节差，图像噪声明显超过可接受的程度，锐利度低，蜡状伪影相对明显；1分(很差)，解剖结构无法分辨，噪声很明

显，锐利度差，颗粒感及蜡状伪影明显，不能用于诊断。按是否符合诊断要求将图像质量分为两个等级，Ⅱ级为符合诊断要求，平均分在3分以上，Ⅰ级为不符合诊断要求，平均分在3分以下^[7]。

1.4 辐射剂量 采用CT剂量长度乘积(DLP)、CT容积剂量指数(CTDIvol)及有效剂量(ED)来评价患者的辐射剂量。记录每位患者动脉期的CT剂量长度乘积(DLP)、CT容积剂量指数(CTDIvol)值，并根据公式计算有效剂量(ED)，ED = DLP × K(K=0.015 mSv·mGy⁻¹·cm⁻¹)，其中K为换算因子，采用欧洲CT质量标准指南取腹部平均值^[9]。

1.5 统计学方法 采用SPSS 26.0软件进行统计学分析，所有计量资料用平均值±标准差($\bar{x} \pm s$)表示，年龄、身高、体重、BMI、图像质量客观评价指标(肠系膜上动脉起始段动脉期CT值及相对强化CT值、SNR、CNR)比较均采用两独立样本t检验；图像质量主观评价指标采用Mann-Whitney检验；2名医师评价的一致性采用Kappa检验，Kappa值=0.81~1.00，提示两者一致性非常好；Kappa值=0.61~0.80，提示两者一致性好；Kappa值=0.41~0.60，提示两者一致性一般；Kappa值<0.40，提示两者一致性差^[10]。以P<0.05表示差异有统计学意义。

2 结果

2.1 辐射剂量 A组(碘浓度为300mg/mL)和B组(碘浓度为400mg/mL)CTDIvol分别为(8.24±0.02)mGy、(4.960±0.01)mGy，差异有统计学意义(P<0.001)，ED分别为(6.14±0.33)mSv、(3.69±0.18)mSv，差异有统计学意义(P<0.001)；B组较A组有效剂量降低约40%。

2.2 图像质量客观评价 B组肠系膜上动脉起始段在动脉期的CT值及相对强化值均高于A组，差异有统计学意义(P<0.001)；B组在肠系膜上动脉起始段的CNR、SNR均高于A组，差异有统计学意义(P<0.05)(详见表1，图1-2)；B组病变肠壁在动脉期的CT值及相对强化值均高于A组，并且B组在动脉期病变肠壁的相对强化CT值>50HU。另外肠系膜上动脉起始段在静脉期的CT值及相对强化值均高于A组，差异有统计学意义(P<0.05)

2.3 图像质量主观评价 研究结果显示，两名医师对A、B两组图像质量主观评分一致性非常好，Kappa值为0.882；A、B两组图像质量主观评价无统计学意义(P>0.05)(详见表2)。

表1 A、B两组图像质量客观评价指标比较

分组(单位)	A组	B组	P值
SMA起始段动脉期CT值(HU)	286.1±36.2	366.9±56.5	P<0.001
SMA起始段动脉期相对强化值(HU)	240.9±36.6	321.4±56.4	P<0.001
SMA起始段的CNR	22.0±5.4	30.4±8.9	P<0.001
SMA起始段的SNR	27.3±6.3	36.4±10.0	P<0.001
最厚处病变肠壁动脉期CT值(HU)	94.1±18.2	111.7±13.8	P<0.001
最厚处病变肠壁动脉期相对强化值(HU)	48.2±20.7	72.5±12.8	P<0.001
SMA起始段静脉期CT值(HU)	154.5±18.0	172.1±21.4	P<0.05
SMA起始段静脉期相对强化值(HU)	109.2±17.7	126.5±22.1	P<0.05

SMA：肠系膜上动脉

表2 A、B两组图像质量主观评价指标比较

分组	例数	图像质量评分					P值
		5	4	3	2	1	
A组(碘浓度为300mg/mL)	26	3	21	2	0	0	0.504
B组(碘浓度为400mg/mL)	26	5	20	1	0	0	

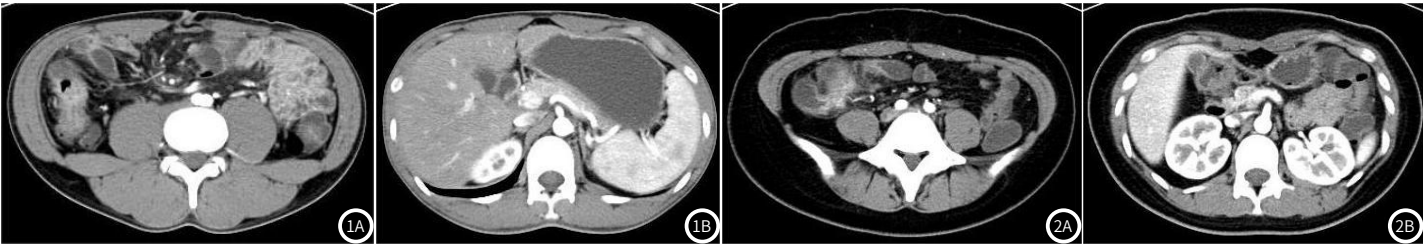


图1A-图1B(A组)，男，24岁，确诊克罗恩病患者，动脉期横断位图像，图1A 病变肠壁平均CT值约103.3HU；图1B 肠系膜上动脉起始段平均CT值约298.8HU。
图2A-图2B(B组)，女，20岁，确诊克罗恩病患者，动脉期横断位图像，图2A 病变肠壁平均CT值约121.6HU；图2B 肠系膜上动脉起始段平均CT值约416.5HU。

3 讨论

克罗恩病是炎症性肠病的主要类型之一,是一种以缓解与复发、急性炎症与慢性炎症并存的慢性非特异性的透壁性炎症,因其炎症难以控制、迁延不愈并可不断进展的特性,严重影响患者的生活^[11]。CT小肠成像(CTE)因能观察到肠壁以及肠管周围的病变情况,已成为克罗恩病患者的常规腹部影像检查^[12],CTE可以提供小肠克罗恩病的关键影像信息(包括病变部位、严重程度及其并发症等)来帮助临床决策^[13],1992年CTE就被用于怀疑小肠克罗恩病患者的检测与分期^[14];CTE的图像质量受到一些相关因素的影响,包括辐射剂量、对比剂浓度、对比剂用量、注射速率、患者因素及重建算法等;在固定注射速率下,碘浓度越高,碘流率越高,血管增强越好;在固定对比剂用量下,碘浓度越高,碘总量越高,实质脏器增强越好;本研究采用固定的注射速率、对比剂用量、注射速率及管电压,将B组(碘浓度为400mg/mL)的管电流降为A(碘浓度为300mg/mL)组的0.6倍^[6],通过降低管电流来降低辐射剂量,结果B组较A组有效剂量降低约40%,符合放射学检查中应遵循的辐射合理及最低化(as low as reasonably achievable, ALARA)^[15]原则,强调在不影响图像质量的前提下,辐射剂量应合理的保持在尽可能低的水平^[16]。

本研究结果显示,B组在降低辐射剂量的情况下,动脉期肠系膜上动脉起始段的CT值、相对强化值、信噪比、对比噪声比均高于A组,说明B组肠系膜上动脉的图像质量客观评价指标高于A组,差异有统计学意义($P<0.05$),强化程度较A组更高、显影更佳;B组对病变肠壁强化更明显,并且B组动脉期相对强化CT值 $>50\text{HU}$ 。B组病变肠壁在动脉期的CT值及相对强化值均高于A组;A、B两组图像质量主观评分分别为 (4.04 ± 0.445) 、 (4.15 ± 0.464) ,均能满足诊断要求,结果无统计学意义($P>0.05$)。

本研究的局限性:第一,符合要求的样本量不大;第二,分组仅根据以往的研究结果^[6]直接设置0.6倍自动管电流;第三,本研究设置固定对比剂用量,以后可以尝试研究固定碘总量以后的图像质量比较。二是仅对比了碘普罗胺与碘美普尔两种对比剂增强的CT图像。

综上所述,在克罗恩病患者CTE检查中应用高浓度对比剂注射方案联合低管电流,不仅能够降低患者所接受的辐射剂量,还能保证并提高图像质量。

参考文献

- [1] Kararizou E, Davaki P, Spaggos K. Rare association of polyneuropathy and Crohn's disease: a clinicopathological study[J]. Polish Journal of Pathology, 2012, 63(2): 261-266.
- [2] 赵琳枚, 刘剑羽. CT小肠成像在克罗恩病的研究进展[J]. 临床放射学杂志, 2019, 38(04): 182-185.
- [3] Chen Yueying, Li Hanyang, Feng Jing. A novel radiomics nomogram for the prediction of secondary loss of response to infliximab in Crohn's disease[J]. Journal of inflammation research, 2021, 14: 2731-2740.
- [4] 王春龙, 韩丹, 黄益龙, 等. 双能CT能谱曲线评价结肠克罗恩病活动度的可行性研究[J]. 临床放射学杂志, 2019, 38(08): 93-98.
- [5] 吴开春, 梁洁, 冉志华. 炎症性肠病诊断与治疗的共识意见(2018年·北京)[J]. 中国实用内科杂志, 2018, 38(09): 26-43.
- [6] Sun Yibo, Hua Yanqing, Wang Mingpeng, et al. Evaluation of a high concentrated contrast media injection protocol in combination with low tube current for dose reduction in coronary computed tomography angiography[J]. Elsevier BV, (12): 1482-1490.
- [7] 胡敏霞. 64层螺旋CT腹部扫描参数优化的研究[D]. 北京协和医学院, 2011.
- [8] 王诗瑜, 刘义军, 李贝贝, 等. Karl- DL重建算法对上腹部CT图像质量和辐射剂量的影响[J]. 放射学实践, 2023, 38(05): 100-104.
- [9] Oda S, Weissman G, Vembar M. Iterative model reconstruction: improved image quality of low-tube-voltage prospective ECG-gated coronary CT angiography images at 256-slice CT[J]. European Journal of Radiology, 2014, 83(8): 1408-1415.
- [10] 杜华阳, 隋昕, 宋兰, 等. 双层探测器CT重建算法对胸部低剂量CT图像质量的影响[J]. 临床放射学杂志, 2021, 40(06): 84-89.
- [11] Gajendran M, Loganathan P, Catinella AP. A comprehensive review and update on Crohn's disease[J]. Disease A Month, 2018, 64(2): 20-57.
- [12] C. Saade, L. Nas, A. Sharara. Crohn's disease: a retrospective analysis between computed tomography enterography, colonoscopy, and histopathology[J]. Radiography, 2019, 25(4): 349-358.
- [13] 骆逸凡, 范一宏, 许茂盛. RSNA/AGA/SAR克罗恩病CT/MR小肠成像评估、解释和应用专家共识(2018)解读[J]. 临床放射学杂志, 2020, 39(5): 105-108.
- [14] Kloppel R, Thiele J, Bosse J. The sellink CT method[J]. Rofo, 1992, 156: 291-292.
- [15] E J Hal, D J Brenner. Cancer risks from diagnostic radiology: the impact of new epidemiological data[J]. The British Journal of Radiology, 2012, 85(1020): 1525-e1317.
- [16] Mail N, Moseley DJ, Siewerdsen JH. The influence of bowtie filtration on cone-beam CT image quality[J]. Med Phys, 2009, 36(1): 22-32.

(收稿日期: 2023-11-12)

(校对编辑: 姚丽娜)