

MDCT 低剂量扫描诊断消化道出血 最优扫描参数的实验研究

于 鹏 翟 宁 宫凤玲 訾 媛 马春梅 王星稳

摘 要 **目的** 比较不同管电压、管电流及扫描层厚对 MDCT 诊断消化道出血的图像质量的影响,以期在保证图像质量的基础上获得最优扫描方案,为 MDCT 双低技术应用于消化道出血的诊断提供研究基础。**方法** 搜集 30 例于笔者医院行 MDCT 常规增强检查、手术证实的消化道出血的患者,测量其出血点 CT 值,计算平均值 $212.13 \pm 64.54\text{HU}$ 。以此平均值为参考值配比碘溶液: 6.4mgI/ml , 120kV 对应 CT 值: $214.73 \pm 1.63\text{HU}$ 。对消化道出血模型行 MDCT 扫描。常规组: 120kV 、 300mAs 、扫描层厚 0.9mm ; 实验组: (A 组: 100kV 、 400mAs ; B 组: 80kV 、 400mAs), 扫描层厚 1.0 、 1.5 、 2.0 、 2.5 、 3.0mm 。对比剂浓度 6.4mgI/ml 。由两位放射医师采用双盲法读片,比较常规组与实验各组 CT 容积剂量指数 (CTDIvol)、剂量长度乘积 (DLP)、有效剂量 (ED)、图像噪声、计算信噪比,并记录 MDCT 对模型模拟出血的检出情况,测量出血点 CT 值。**结果** 常规组 DLP、ED 与实验各组比较,差异有统计学意义 ($P < 0.05$); 实验 A 组 1.0 、 1.5 、 2.0 、 2.5mm 图像噪声与常规组比较,差异无统计学意义 ($P > 0.05$); 实验 A 组 1.5 、 2.0mm 图像信噪比与常规组比较,差异无统计学意义 ($P > 0.05$); 实验 A 组 1.0 、 1.5 、 2.0 、 2.5 、 3.0mm 图像质量主观评分与常规组比较,差异无统计学意义 ($P > 0.05$); 实验 A 组 1.0 、 1.5 、 2.0mm 对模型出血的检出率与常规组比较,差异无统计学意义 ($P > 0.05$)。**结论** MDCT 低剂量扫描诊断消化道活动性出血可行,最优扫描参数为 100kV 、 400mAs 、 1.5mm , 其中扫描层厚 2.0mm 为最厚临界扫描层厚。

关键词 体层摄影术 辐射剂量 扫描层厚 消化道 活动性出血

中图分类号 R572;R814.42

文献标识码 A

DOI 10.11969/j.issn.1673-548X.2019.04.016

Experimental Study on Optimal Scanning Parameters of Gastrointestinal Bleeding with Low Dose MDCT Yu Peng, Zhai Ning, Gong Fengling, et al. Department of Nuclear Medicine, North China University of Science and Technology Affiliated Hospital, Hebei 063000, China

Abstract **Objective** To compare the effect of different tube voltage, tube current and scanning layer thickness on the image quality of MDCT to diagnose gastrointestinal bleeding, so as to obtain the optimal scanning scheme on the basis of ensuring image quality. For application of MDCT double low technique in the diagnosis of gastrointestinal bleeding provides research foundation. **Methods** A total of 30 patients with gastrointestinal hemorrhage confirmed by MDCT routine enhancement examination and surgery were collected to measure the CT value of the bleeding point, average $212.13 \pm 64.54\text{HU}$. The mean value was the reference value of iodine solution: 6.4mgI/ml . 120kV corresponds to CT value: $214.73 \pm 1.63\text{HU}$. Different dose CT enhancement scanned for animal models. Conventional group: 120kV , 300mAs , scanning layer thickness 0.9mm ; Experimental group: (group A: 100kV , 400mAs ; Group B: 80kV , 400mAs), scanning layer thickness 1.0 , 1.5 , 2.0 , 2.5 , 3mm . The contrast agent concentration was 6.4mgI/ml , and the injection rate was 0.5ml/min . The two radiologists used double blind reading tablets, comparing to conventional group and experimental group volume CT dose index (CTDIvol), product of dose length (DLP), effective dose (ED), image noise, SNR calculation, and records the MDCT bleeding detection, the model measurement bleeder CT value. **Results** There was statistically significant difference between the conventional group DLP, ED and experiment group ($P < 0.05$). For 1.0 , 1.5 , 2.0 , 2.5mm image noise in the experimental group A, there was no statistically significant difference compared with the conventional dose group ($P > 0.05$). For 1.5 , 2mm reconstruction image SNR in experimental group A, there was no statistically significant difference compared with normal group ($P > 0.05$). For 1.0 , 1.5 , 2.0 , 2.5 , 3mm reconstructed image quality subjective score in the experimental group A, there was no statistically significant difference compared with normal group ($P > 0.05$). For 1.0mm , 1.5mm , 2.0mm on the model of bleeding detection rate in the experimental group A, there was no statistically significant difference compared with normal group ($P > 0.05$). **Conclusion** The optimal scanning parameters of MDCT were 100kV , 400mAs and 1.5mm . The thickness of the scanning layer was 2.0mm thick.

Key words Tomography; Radiation dosage; Slice thickness of scanning; Gastrointestinal; Active hemorrhage

基金项目:河北省科技厅科技支撑计划项目(162777172)

作者单位:063000 唐山,华北理工大学附属医院核医学科(于鹏);063000 唐山,华北理工大学附属医院 CT 室(宫凤玲、马春梅、王星稳);063210 唐山,华北理工大学研究生院(翟宁、訾媛)

通讯作者:宫凤玲,电子信箱:gongfengl@163.com

消化道活动性出血是临床常见病,如不能及时确定出血部位、进行外科手术治疗则有可能危及生命。多层螺旋 CT (multi - detector computed tomography, MDCT) 因其简便、快捷,已被广泛应用于消化道出血定位及定性的诊断^[1,2]。但 MDCT 在诊断不明部位和病因的消化道出血时,扫描时间长、范围广、对比剂剂量需求大,这一直是临床关注的问题^[3,4]。本实验将低剂量扫描技术应用于消化道活动性出血的诊断中,寻找在保证图像质量的基础上,不同扫描条件下的最优层厚,为 MDCT 双低技术应用于消化道出血的诊断及临床应用提供研究基础。

材料与方法

1. 配制对比剂:搜集笔者医院 30 例经 MDCT 常规增强检查、手术证实的消化道出血的患者,测量该 30 例患者出血点 CT 值,计算平均值为 $212.13 \pm 64.54\text{HU}$ 。以平均值为参考值,将碘佛醇 (320mgI/ml) 用 0.9% 生理盐水稀释为 6.4mgI/ml 碘溶液, 120kV 对应 CT 值为 $214.73 \pm 1.63\text{HU}$ 。

2. 制作消化道出血模型:2 块新鲜猪肋板之间填以新鲜动物脂肪、肾脏及充入适量气体的小肠,将静脉留置针 (20G) 置入肠管内,并与微量注射泵连接。

3. 实验方法:对消化道出血模型行 Philips Brilliance 256 ICT 增强扫描,每次扫描范围一致。常规组: 120kV 、 300mAs ,扫描层厚 0.9mm ,间距 0.45mm ,螺距 0.16 ,矩阵: 512×512 ,对比剂注射速率 0.5ml/min ,浓度 6.4mgI/ml 。实验组: (A 组: 100kV 、 400mAs ; B 组: 80kV 、 400mAs),扫描层厚 1.0 、 1.5 、 2.0 、 2.5 、 3.0mm ,每组扫描 13 次,其他参数同常规组参数。以导管末端可见溢出的线状、喷射状或椭圆形的对比剂影为检出,否则为未检出^[5]。

4. 计算辐射剂量:CT 容积剂量指数 (CTDIvol)、剂量长度乘积 (DLP) 由计算机自动生成,有效剂量 (ED) = $\text{DLP} \times k$,根据国际放射防护委员会公布的标准, $k = 0.015$ 。

5. 图像质量客观评价:将每次扫描所得原始图像传至 EBW 工作站行图像后处理,窗宽窗位设置为 $300/40$ 。在模型肌肉内选取感兴趣区域 (region of interest, ROI) 测量 CT 值及标准差,用 CT 值的标准差表示背景噪声 (SD),ROI 面积 $50 \sim 55\text{mm}^2$ 。图像噪声信噪比 (SNR): $\text{SNR} = \text{CT}/\text{SD}$ 。

6. 图像质量主观评分:采用双盲法进行评分。评分标准:5 分:解剖结构边界非常锐利,图像无或仅有少许颗粒;4 分:解剖结构边界较为清楚;3 分:图像能

够显示解剖结构,边界稍模糊,有轻度的颗粒感;2 分:亚标准;1 分:图像不能接受评分^[6]。

7. 统计学方法:使用 SPSS 17.0 统计学软件对数据进行统计分析。计量资料以均数 $\pm$ 标准差 ($\bar{x} \pm s$) 表示。运用单因素方差分析对辐射剂量、图像噪声、信噪比、图像质量主观评分、出血点 CT 值进行比较;运用四格表 χ^2 检验及 Fisher 确切概率法对模型出血检出率进行比较,以 $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

结 果

1. 辐射剂量的比较:常规组 DLP、ED 与实验各组比较差异有统计学意义 ($P < 0.05$),详见表 1。

表 1 常规组与实验各组辐射剂量比较 ($\bar{x} \pm s$)

组别	CTDIvol (mGy)	DLP (mGy · cm)	ED (mSv)
常规组	19.63	692.17 ± 12.58	10.38 ± 0.19
实验 A 组	16.49	$586.83 \pm 22.96^*$	$8.80 \pm 0.34^*$
实验 B 组	8.19	$285.57 \pm 15.12^*$	$4.28 \pm 0.23^*$
F	-	646.656	646.656
P	-	0.000	0.000

与常规组比较, * $P < 0.05$

2. 图像质量评估:实验 A 组 1.0 、 1.5 、 2.0 、 2.5mm 图像噪声与常规组比较,差异无统计学意义 ($P > 0.05$);实验 A 组 1.5 、 2.0mm 扫描图像信噪比与常规组比较,差异无统计学意义 ($P > 0.05$);实验 A 组 1.0 、 1.5 、 2.0 、 2.5 、 3.0mm 扫描图像的图像质量主观评分与常规组比较,差异无统计学意义 ($P > 0.05$);实验 B 组各扫描层厚图像质量均无法满足要求,详见表 2、表 3 及图 1。

3. 不同 kV、mAs、扫描层厚下,MDCT 对模型出血的检出情况及出血点 CT 值的测量:MDCT 对模型出血点检出率随着层厚的增加而降低。出血点 CT 值均值随着层厚的增加而减小,详见表 2、表 3 及图 2。

4. 常规组与实验 A 组各层厚对模型出血检出率的比较:实验 A 组 1.0 、 1.5 、 2.0mm 对模型出血的检出率与常规组比较,差异无统计学意义 ($P > 0.05$);实验 A 组 2.5 、 3.0mm 对模型出血的检出率与常规组比较差异有统计学意义 ($P < 0.05$),详见表 4。

讨 论

MDCT 能够进行无创、快速的扫描,在消化道活动性出血定位、定性的诊断中起到了非常重要的作用^[7-9]。它能够观察黏膜下的病变,了解病灶与周围组织脏器的关系,且具有较高的诊断效能。但 MDCT 诊断消化道出血常用方法为多期扫描,对比剂的应用

表 2 常规组与实验 A 组图像质量评分、模型出血检出数、出血点平均 CT 值比较 ($\bar{x} \pm s$)

组别	层厚 (mm)	噪声	信噪比	图像质量主观评分	出血点 CT 值 (HU)	检出次数
常规组	0.9	14.40 ± 0.74	3.17 ± 0.19	4.67 ± 0.58	119.33 ± 8.82	11
实验 A 组	1.0	17.72 ± 1.30	2.60 ± 0.41 *	4.07 ± 1.03	153.71 ± 23.13 *	13
实验 A 组	1.5	14.66 ± 0.86	3.15 ± 0.14	4.61 ± 0.50	150.71 ± 16.52 *	12
实验 A 组	2.0	13.60 ± 1.33	3.45 ± 0.45	4.70 ± 0.47	144.00 ± 24.21 *	10
实验 A 组	2.5	11.46 ± 1.50	4.24 ± 0.78 *	4.74 ± 0.45	136.50 ± 16.38	4
实验 A 组	3.0	10.66 ± 0.97 *	4.79 ± 0.58 *	4.77 ± 0.43	117.50 ± 6.36	3
F	—	24.077	14.025	3.303	3.609	—
P	—	0.000	0.000	0.008	0.013	—

与常规组比较, * $P < 0.05$

表 3 常规组与实验 B 组图像质量评分、模型出血检出数、出血点平均 CT 值比较 ($\bar{x} \pm s$)

组别	层厚 (mm)	噪声	信噪比	图像质量主观评分	出血点 CT 值 (HU)	检出次数
常规组	0.9	14.40 ± 0.74	3.17 ± 0.19	4.67 ± 0.58	119.33 ± 8.82	11
实验 B 组	1.0	41.84 ± 4.27 *	0.96 ± 0.14 *	2.20 ± 0.68 *	196.14 ± 16.54 *	13
实验 B 组	1.5	35.48 ± 4.56 *	0.97 ± 0.16 *	2.87 ± 0.74 *	197.00 ± 18.51 *	13
实验 B 组	2.0	29.70 ± 3.62 *	1.04 ± 0.08 *	2.93 ± 0.59 *	171.71 ± 17.53 *	10
实验 B 组	2.5	25.24 ± 5.77 *	1.24 ± 0.24 *	3.00 ± 0.76 *	160.43 ± 16.67 *	7
实验 B 组	3.0	20.84 ± 1.55 *	1.43 ± 0.23 *	3.53 ± 0.52 *	153.33 ± 9.50 *	6
F	—	33.743	115.423	10.288	20.754	—
P	—	0.000	0.000	0.000	0.000	—

与常规组比较, * $P < 0.05$

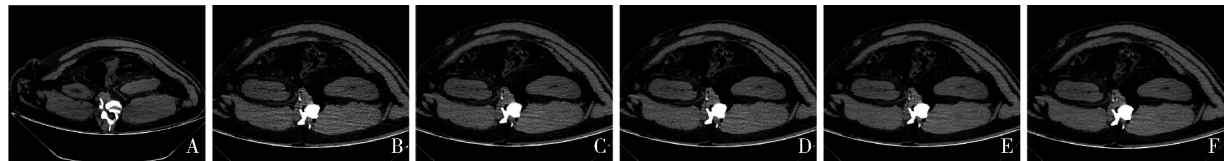


图 1 常规组与实验 B 组各层厚图像质量的比较

A. 常规组 (120kV, 300mAs), 扫描层厚 0.9mm; B. 实验 A 组 (100kV, 400mAs), 扫描层厚 1.0mm; C. 实验 A 组 (100kV, 400mAs), 扫描层厚 1.5mm; D. 实验 A 组 (100kV, 400mAs), 扫描层厚 2.0mm; E. 实验 A 组 (100kV, 400mAs), 扫描层厚 2.5mm; F. 实验 A 组 (100kV, 400mAs), 扫描层厚 3.0mm

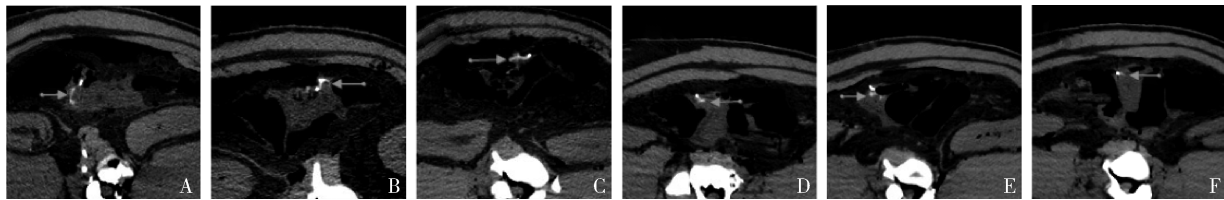


图 2 常规组与实验 B 组各层厚对出血点的检出情况 (箭头指示出血点)

A. 常规组 (120kV, 300mAs), 扫描层厚 0.9mm; B. 实验 B 组 (100kV, 400mAs), 扫描层厚 1.0mm; C. 实验 B 组 (100kV, 400mAs), 扫描层厚 1.5mm; D. 实验 B 组 (100kV, 400mAs), 扫描层厚 2.0mm; E. 实验 B 组 (100kV, 400mAs), 扫描层厚 2.5mm; F. 实验 B 组 (100kV, 400mAs), 扫描层厚 3.0mm

表 4 常规组与实验 A 组各层厚对模型出血的检出率比较

组别	常规组	实验 A 组各层厚 (mm)				
		1.0	1.5	2.0	2.5	3.0
检出数 ($n = 13$)	11 (84.6)	13 (100)	12 (92.3)	10 (76.9)	4 (30.8)	3 (23.1)
χ^2	—	2.167	0.377	0.248	7.721	9.905
P	—	0.480	1.000	1.000	0.005	0.002

增加了对比剂肾病的发生,大辐射剂量会导致致癌率的升高,而降低辐射剂量的同时往往会对图像质量造成影响^[10,11]。因此,如何满足临床诊断要求,同时减少对比剂剂量、降低辐射剂量是医务工作者及患者共同关注的问题。

降低管电压是降低辐射剂量最有效的方法。有研究表明,当管电压从 120kV 降至 100kV、或从 100kV 降至 80kV 时,辐射剂量分别降低 41%、70%^[12],但会使图像噪声增加。噪声是 CT 图像性能参数之一,与层厚及探测器发射的光子数呈反比。有文献指出,增加 3 倍 X 线剂量能够使噪声减半,层厚增加 1 倍,噪声值降低 23.8%~40.1%^[13,14]。以往在 MDCT 扫描层厚、重建间隔及多平面重建相关性的研究中发现,2.0mm 扫描层厚可满足图像质量及对微小病灶的观察,为 1.0~6.5mm 中的最佳选择^[15]。在本研究中,随着扫描层厚的增加,图像噪声下降,信噪比增加,图像质量提高,实验 A 组(100kV、400mAs)层厚 1.5mm 及以上均能够满足诊断对图像质量的要求,层厚低于之前研究的 2.0mm,可能与本实验同时增加了管电流有关。而层厚的增加能够减少图像数量,提高工作效率。但层厚越厚、图像锐利度或平滑度越低,会因容积效应而遗漏小病灶。李丽超等^[16]研究显示,层厚增加到 2.0mm 会影响小结石数量的检出。本实验中,>2.0mm 的层厚对模型出血的检出率与常规组比较,差异有统计学意义,与前者研究结果相近;通过对出血点 CT 值的测量,研究发现扫描层厚越厚,所测出血点 CT 值均值越低,这可能与层厚的增加产生的部分容积效应有关。

非离子型对比剂现在广泛应用于临床,短时间、大剂量的注射会引起血管内皮的损伤,且对比剂的广泛使用会造成对比剂肾病的发生率升高^[17]。因此,能够保证临床诊断,同时又能减少对比剂对患者肾功能的伤害、减少对比剂不良反应的发生非常重要。MDCT 双低扫描技术在头颈、冠脉 CTA(CT angiography,CTA)中的研究与运用日趋成熟,但在腹部消化道出血上还鲜有提及。本研究通过对出血点 CT 值的测量发现,模型出血点 CT 值均值随着管电压的降低而增加,说明降低对比剂浓度联合低管电压有可能获得相同 CT 值,使双低扫描技术在 MDCT 诊断消化道活动性出血中成为可能,在今后的研究中可设置多种低浓度进行进一步研究。

本研究的局限性在于采用的重建方法为滤波反投影法,实验 B 组(80kV/400mAs)各扫描层厚的图

像均无法达到常规图像质量标准,今后可尝试迭代算法,进一步提高图像质量或降低辐射剂量;本研究每个组别各扫描 13 次,得到的数据数量较少,仍需积累实验次数,深化研究。

综上所述,MDCT 低剂量诊断消化道最优扫描参数为 100kV、400mAs、1.5mm,辐射剂量较常规剂量组降低约 15.2%,扫描层厚 2.0mm 为最厚临界扫描层厚。

参考文献

- 梁朝辉. CT 小肠造影对不明原因消化道出血的诊断价值[J]. 中国现代医学杂志, 2014, 24(11): 90-93
- 张桂丽, 石磊, 王翔宇. MSCT 对下消化道出血诊断价值的研究进展[J]. 中国老年保健医学, 2014, 12(2): 67-68
- Brenner DJ, Hall EJ. Computed tomography - an increasing source of radiation exposure[J]. N Engl J Med, 2007, 357(22): 77-84
- 王忠敏, 傅维安, 陆志俊, 等. CT 引导下经皮射频消融治疗肾上腺转移性肿瘤的初步疗效[J]. 介入放射学杂志, 2009, 18(5): 340-343
- Jaekle T, Stuber G, Hoffmann MH, et al. Acute gastrointestinal bleeding: value of MDCT[J]. Abdom Imaging, 2008, 33(3): 285-293
- Chang KJ, Caovan DB, Grand DJ, et al. Reducing radiation dose at CT colonography; decreasing tube voltage to 100 kVp[J]. Radiology, 2013, 266(3): 791-800
- 叶文宏, 张龚威, 汪苍, 等. 64 排螺旋 CT 扫描及其重建技术在儿童上消化道出血中的诊断价值[J]. 现代消化及介入诊疗, 2016, 21(3): 484-486
- 陈至操. CT 小肠成像与胶囊内镜对小肠疾病诊断的对比研究[D]. 广州: 南方医科大学, 2015
- Sun H, Xue HD, Wang YH, et al. Dual - source dual - energy computed tomography angiography for active gastrointestinal bleeding: a preliminary study[J]. Clin Radiol, 2013, 68(2): 139-147
- Jost G, Lengsfeld P, Lenhard DC, et al. Viscosity of iodinated contrast agents during renal excretion[J]. Eur J Radiol, 2011, 80(2): 373-377
- Mettler FA, Bhargavan M, Faulkner K, et al. Radiologic and nuclear medicine studies in the United States and worldwide: frequency, radiation dose, and comparison with other radiation sources—1950-2007[J]. Radiology, 2009, 253(2): 520-531
- 耿丽莉, 李海波. 低管电压联合低剂量、低流速对比剂扫描方法在 256 层 CT 冠状动脉成像中的应用[J]. 中国临床研究, 2016, 29(2): 217-220
- 赵勇, 李品江. CT 噪声和伪影对成像质量的影响及控制[J]. 中华放射学杂志, 1997, 31(1): 56-58
- 胡永胜. CT 扫描层厚改变对图像质量的影响及控制[J]. 中华放射学杂志, 1998, 32(4): 279-280
- 沈小健, 龚建平, 李平, 等. 多层螺旋 CT 扫描层厚、重建间隔和多平面重建图像质量相关性的实验研究[J]. 实用放射学杂志, 2007, 23(7): 971-975
- 李丽超, 宫凤玲, 周立娟, 等. 输尿管结石 CT 低剂量扫描中迭代算法最优 iDose 等级及重建层厚的探讨[J]. 山东医药, 2016, 56(11): 88-90
- Golshahi J, Nasri H, Gharipour M. Contrast - induced nephropathy: a literature review[J]. Nephropathology, 2014, 3(2): 51-56

(收稿日期: 2018-01-22)

(修回日期: 2018-07-14)