

论 著

MSCT双低剂量扫描技术用于CTPA对成像质量的影响及安全性分析*

谢万金¹ 雷 蕾^{2,*} 林 斌¹
李静秋¹1.江油市九〇三医院放射科
(四川 江油 621700)2.成都市第六人民医院肿瘤科
(四川 成都 610051)

【摘要】目的 研究多层螺旋CT(MSCT)双低剂量扫描技术用于肺动脉CT血管成像(CTPA)对成像质量及安全性的影响。**方法** 将2019年11月至2022年11月我院142例开展CTPA检查的疑似PE患者采用随机数字表法均分为低剂量组和常规组各71例,两组管电压分别为100 kV和120 kV,对比剂用量为碘海醇35 mL和60 mL,其余参数均保持一致,比较两组诊断准确率、成像质量、辐射剂量和不良反应发生率。**结果** 低剂量组和常规组敏感度分别为94.64%和96.23%、特异度分别为100.00%和94.44%、准确率均为95.77%、一致性Kappa值分别为0.882和0.890;低剂量组背景噪声、肺动脉干CT值、信噪比(SNR)以及对比噪声比(CNR)低于常规组,差异有统计学意义($P<0.05$),两组成像质量主观评价优良率分别为95.77%和98.59%($P>0.05$);低剂量组CT容积剂量指数(CTDIvol)、剂量长度乘积(DLP)和有效剂量(ED)低于常规组,差异有统计学意义($P<0.05$);低剂量组未见不良反应发生,常规组出现发热2例,心慌1例,合计为3例(4.23%)。**结论** 双低剂量CTPA通过降低管电压和对比剂用量,在保障成像质量的同时还可降低辐射剂量,预防对比剂对机体潜在损伤,用于PE筛查和诊断具有良好价值和安全性。

【关键词】 多层螺旋CT; 体层摄影术; 肺动脉CT血管成像; 双低剂量; 成像质量; 辐射剂量

【中图分类号】R445.3

【文献标识码】A

【基金项目】2021年成都市医学科研课题
(2021110)

DOI:10.3969/j.issn.1672-5131.2023.07.033

Effects of MSCT Double Low Dose Scanning Technique on CTPA Imaging Quality and Analysis of Safety*

XIE Wan-jin¹, LEI Lei^{2,*}, LIN Bin¹, LI Jing-qiu¹.

1.Department of Radiology, Jiangyou 903 Hospital, Jiangyou 621700, Sichuan Province, China

2.Department of Oncology, Chengdu Sixth People's Hospital, Chengdu 610051, Sichuan Province, China

ABSTRACT

Objective To study the effects of multi-slice spiral CT (MSCT) double low dose scanning technique in CT pulmonary angiography (CTPA) on image quality and safety. **Methods** 142 patients with suspected PE who underwent CTPA in the hospital from November 2019 to November 2022 were divided into low-dose group and conventional group by the random number table method, with 71 cases in each group. The tube voltages of the two groups were 100 kV and 120 kV, and the contrast agent dosages were 35 mL and 60 mL of iohexol respectively, and the remaining parameters are consistent. The diagnostic accuracy rate, imaging quality, radiation dose and incidence rate of adverse reactions were compared between the two groups. **Results** The sensitivity, specificity, accuracy rate and consistency Kappa value were 94.64%, 100.00%, 95.77% and 0.882 in low-dose group and those in conventional group were 96.23%, 94.44%, 95.77% and 0.890 respectively. The background noise, CT value of pulmonary artery trunk, signal-to-noise ratio (SNR) and contrast-to-noise ratio (CNR) in low-dose group were significantly lower than those in conventional group ($P<0.05$). The excellent and good rates of subjective evaluation of image quality in the two groups were 95.77% and 98.59% respectively ($P>0.05$). The volume CT dose index (CTDIvol), dose length product (DLP) and effective dose (ED) were lower in low-dose group than those in conventional group ($P<0.05$). No adverse reactions were found in low-dose group, but 2 cases of fever and 1 case of palpitation occurred in conventional group with a total of 3 cases (4.23%). **Conclusion** By reducing the tube voltage and contrast agent dosage, double low dose CTPA can not only ensure the image quality, but also reduce the radiation dose, and prevent the potential damage of contrast agent to the body. It has good value and safety for the screening and diagnosis of PE.

Keywords: Multi-Slice Spiral CT; Tomography; CT Pulmonary Angiography; Double Low Dose; Image Quality; Radiation Dose

肺动脉CT血管成像(CT pulmonary angiography, CTPA)是诊断肺动脉栓塞(pulmonary embolism, PE)等肺血管疾病常用影像学手段,不仅敏感度和特异度获得广泛认可,与肺动脉造影术(digital subtraction angiography, DSA)相比还具有安全无创和可重复性良好等优势^[1-3]。X线辐射和对比剂危害是现阶段CTPA面临的重要问题,其中辐射暴露可能导致周围正常组织损伤和恶性肿瘤患病风险升高,对比剂大量应用则对肾功能造成损害,对患者健康安全造成严重威胁^[4-5]。随着迭代重建(iterative reconstruction, IR)技术普遍应用,有研究在CTPA中尝试应用低辐射剂量和对比剂用量的双低扫描技术,结果显示具有良好效果^[6]。罗立峰等^[7]报道显示采用低剂量对比剂CTPA进行PE检查具有较高可行性,图像质量与常规剂量相比无明显差异,可准确区分肺动脉和肺静脉。为进一步明确双低剂量扫描技术用于CTPA对成像质量和安全性的影响,本研究以我院142例疑似PE患者为样本开展前瞻性随机对照试验,为促进CTPA检查技术不断进步提供循证医学证据。

1 资料与方法

1.1 一般资料 选取2019年11月至2022年11月我院行CTPA检查的疑似PE患者142例为样本,采用随机数字表法均分为低剂量组和常规组各71例,其中低剂量组男女比36/35,年龄34~78岁,平均(56.91±10.48)岁,体质指数(body mass index, BMI)19.2~30.6 kg/m²,平均(23.04±2.57)kg/m²;常规组男女比39/32,年龄38~75岁,平均(57.42±10.13)岁, BMI 19.4~30.2 kg/m²,平均(23.18±2.45)kg/m²;两组基线资料比较差异无统计学意义($P>0.05$)。

纳入标准: 根据患者病史和症状体征等怀疑为PE患者;患者意识清醒且具有正常沟通能力;患者和家属知晓本研究详情并签署同意书。**排除标准:** 合并肺炎、肺气肿或肺纤维化等弥漫性肺部疾病;合并免疫、血液或内分泌等系统性疾病;合并严重心、肝、肾等器官功能不全;合并气胸、低氧血症或哮喘等CTPA禁忌证;合并碘对比剂过敏史;妊娠期或哺乳期患者;合并精神疾病或无法配合完成检查。

1.2 检查方法 两组均采用荷兰Philips公司Brilliance 64排MSCT进行扫描,嘱患者取仰卧位并将双臂上举置于头顶,深吸气后屏气,扫描范围为主动脉弓以上2 cm至肺底。常规扫描后经肘静脉以5 mL/s速率注射对比剂碘海醇注射液(通用电气药业有限公司,国药准字H20000599, 100 mL:35g),其中低剂量组和常规组对比剂用量分别为35 mL和

【第一作者】谢万金,男,主管技师,主要研究方向:医学影像技术。E-mail: XWJ1060351877@163.com

【通讯作者】雷 蕾,女,副主任医师,主要研究方向:肿瘤学。E-mail: 215359546@qq.com

60 mL, 完成后均采用0.9%生理盐水30 mL冲洗, 然后选择锁骨下缘上腔静脉为感兴趣区域(region of interest, ROI)采用对比剂智能跟踪技术进行动态扫描, 触发阈值为100 HU。低剂量组参数设置为管电压100 kV, 管电流为100~300 mas自动调制, 层厚1 mm, 层间距0.5 mm, 常规组管电压为120 kV, 其余参数与低剂量组保持一致。两组扫描完成后均将所得数据导入Brilliance Workspace工作站并采用IR技术进行重建, 重建方法包括多平面重建(multiplanar, MPR)、最大密度投影(maximal intensity projection, MIP)以及容积再现(volume rendering, VR)等, 分析两组诊断准确率、成像质量、辐射剂量和不良反应等指标。

1.3 观察指标 (1)诊断价值: 按照《肺血栓栓塞症诊治与预防指南》^[8]相关内容, 结合患者症状体征、危险因素和辅助检查结果进行确诊, 并以此为基础分析低剂量组和常规剂量组诊断准确率。(2)成像质量: 于肺动脉主干手动勾画为ROI计算CT值、信噪比(signal-to-noise ratio, SNR)和对比噪声比(contrast noise ratio, CNR)等参数, 同时由2名具有5年以上工作经验的影像科医师对成像质量进行评估, 根据图像噪声、伪影情况以及是否能完成诊断分为优、良、差三级, 其中优为无伪影, 可明确诊断; 良为存在少量噪声或伪影, 但不影响诊断; 差为存在明显噪声或伪影, 诊断价值有限; 优良率=(优+良)/n×100%, 两人意见不同时共同讨论决定。(3)辐射剂量: 记录两组患者CT容积剂量指数(volume CT dose index, CTDIvol)以及剂量长度乘积(dose length product, DLP), 按照公式 $E=k \times DLP$ 计算有效剂量(effective dose, ED), 其中常数k在胸部取值为0.014^[9]。(4)不良反应: 记录两组发热、心慌、恶心呕吐及皮疹等不良反应发生率并评估严重程度。

1.4 统计学方法 数据分析采用SPSS 23.0软件, 计数资料采用[n(%)]形式表示, 组间对比进行 χ^2 或Fisher精确检验; 满足正

态分布的计量资料采用($\bar{x} \pm s$)形式表示, 两组间比较采用独立样本t检验, 采用一致性Kappa检验分析CTPA对PE诊断价值, 以 $P<0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 两组CTPA对PE诊断价值比较 低剂量组和常规组敏感度分别为94.64%和96.23%、特异度分别为100.00%和94.44%、准确率均为95.77%、一致性Kappa值分别为0.882和0.890。

2.2 两组CTPA成像质量客观指标比较 低剂量组背景噪声、肺动脉干CT值、SNR和CNR均低于常规组, 差异有统计学意义($P<0.05$)。

2.3 两组CTPA成像质量主观评价比较 低剂量组和常规组CTPA成像质量主观评价优良率分别为95.77%和98.59%, 差异无统计学意义($P>0.05$)。

2.4 两组CTPA辐射剂量比较 低剂量组CTDIvol、DLP和ED均低于常规组, 差异有统计学意义($P<0.05$)。

2.5 两组CTPA不良反应比较 低剂量组未见不良反应发生, 常规组出现发热2例, 心慌1例, 合计为3例(4.23%), 均为轻度不适, 未给予特殊干预, 在观察一段时间后自行缓解。

表1 双低剂量和常规剂量CTPA对PE诊断价值比较

检查方法		临床诊断		合计
		+	-	
低剂量组	+	53	0	53
	-	3	15	18
	合计	56	15	71
常规组	+	51	1	52
	-	2	17	19
	合计	53	18	71

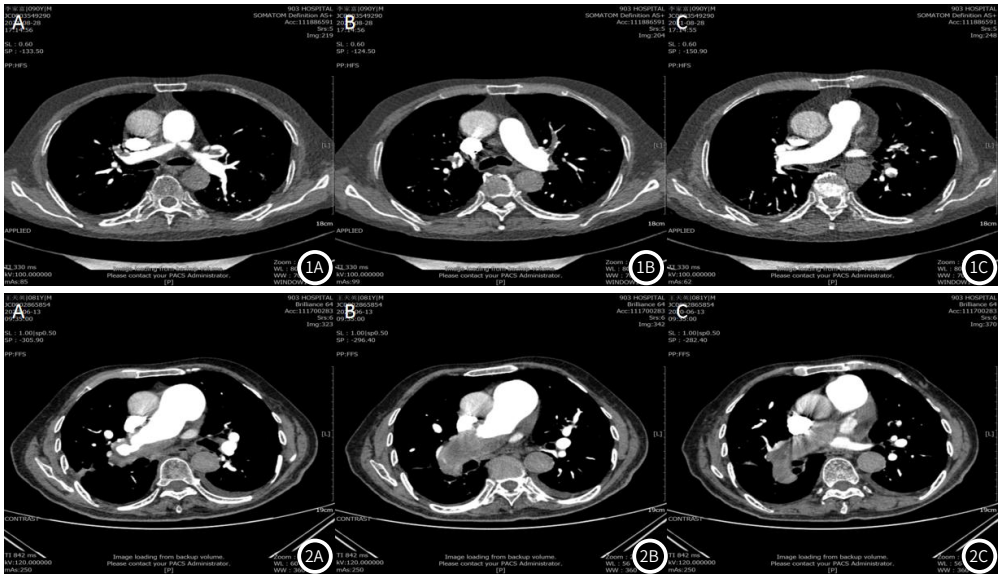


图1 男性, 90岁, 临床诊断为冠状动脉粥样硬化性心脏病。双低剂量CTPA扫描显示左肺动脉远端及左肺上叶动脉前段、右肺上叶动脉后段呈条状、结节状充盈缺损(图1A); 右肺中叶动脉内侧面、左肺上叶动脉前段条片状充盈缺损(图1B); 右肺动脉远端、左肺舌段动脉小结节状充盈缺损(图1C); 充盈缺损CT值30 Hu左右, 充盈缺损为肺栓塞。**图2** 男性, 81岁, 临床诊断为慢性肺源性心脏病。双低剂量CTPA扫描显示右肺动脉主干及右下肺动脉主干及分支斑片状充盈缺损(图2A); 右肺动脉主干重度狭窄(图2B); 右下肺动脉闭塞(图2C); 充盈缺损CT值30Hu, 充盈缺损为肺栓塞。

表2 两组CTPA成像质量客观指标比较

分组	n	背景噪声(HU)	肺动脉干CT值(HU)	SNR	CNR
低剂量组	71	10.58±2.37	497.23±52.16	24.71±5.39	23.05±4.83
常规组	71	15.46±2.63	520.48±53.94	26.82±5.96	25.19±5.27
t		11.615	2.611	2.213	2.523
P		<0.001	0.010	0.029	0.013

表3 两组CTPA成像质量主观评价比较[n(%)]

分组	n	成像质量			优良率
		优	良	差	
低剂量组	71	56(78.87)	12(16.90)	3(4.23)	68(95.77)
常规组	71	62(87.32)	8(11.27)	1(1.41)	70(98.59)
Z/ χ^2		1.370			-*
P		0.171			0.620

注: *为Fisher精确检验。

表4 双低剂量和常规剂量CTPA辐射剂量比较

分组	n	CTDIvol(mGy)	DLP(mGy·cm)	ED(mSv)
低剂量组	71	1.97±0.45	24.39±5.86	0.74±0.12
常规组	71	3.02±0.69	41.70±9.43	1.28±0.38
t		10.740	13.137	11.418
P		<0.001	<0.001	<0.001

3 讨论

近年来PE发病率呈明显上升趋势,已成为高居全球第3位的心血管疾病死亡原因,既往研究显示其住院死亡率可达25%,但若在早期明确诊断并积极干预,死亡率可降至1%~5%^[10]。CTPA在PE筛查和确诊中占有重要地位,通过CTPA不仅有利于发现心腔和肺动脉血栓,还可评估肺灌注水平和心功能状态等信息,为临床治疗提供详细参考依据,因此如何提升CTPA成像质量和安全性成为现阶段研究热点^[11]。

双低剂量CTPA指低辐射剂量和低对比剂用量两个方面,钱会绒等^[7]报道显示小剂量团注测试法用于双低剂量CTPA可保证图像质量和检查成功率,同时可降低辐射剂量和对比剂用量,在保障图像质量的同时还能进一步提升MSCT扫描安全性。本研究中低剂量组和常规组分别选取管电压100 kV和120 kV进行扫描,同时对比剂用量分别取35 mL和60 mL,结果显示以临床诊断结果作为“金标准”时,低剂量组和常规组诊断PE敏感度分别为94.64%和96.23%,特异度分别为100.00%和94.44%,准确率均为95.77%,一致性Kappa值分别为0.882和0.890,表明两者诊断价值基本一致。既往研究认为MSCT降低管电压虽然可导致图像噪声增加,但同时也有利于提升肺动脉CT值,增强肺动脉尤其是小分支与邻近组织对比效果^[12]。本研究结果显示低剂量组肺动脉干CT值明显低于常规组,与吕蓉等^[13]报道结果存在差异,其原因与本研究同时降低对比剂用量有关,但仍完全满足PE诊断要求,且对比剂用量降低还可减少上腔静脉等部位对比剂硬化伪影,提升肺动脉血栓显示效果,故而本研究中双低剂量CTPA对PE诊断具有良好准确率。CTPA诊断效果与成像质量存在密切联系,现阶段通常采用SNR和CNR对成像质量进行评估,本研究结果显示低剂量组SNR和CNR较常规组明显降低,可能导致肺动脉边缘锐度降低,但对强化血管和周围软组织区分的影响较小,因此整体图像质量较常规剂量未明显下降。本研究主观评价结果显示两组成像质量优良率分别为95.77%和98.59%,其中低剂量组3例和常规组1例成像质量较差,其原因为本研究选取上腔静脉为ROI采用对比剂智能跟踪技术启动扫描,患者呼吸配合较差导致错过最佳扫描时机,图像质量无法达到诊断要求,与CTPA参数和对比剂用量均无明显关系,表明双低剂量CTPA仍可保持良好成像质量。

目前降低MSCT辐射剂量的方法包括降低管电压、管电流或扫描时间,以及增加层厚或螺距等,且由于管电压与X线强度具有负相关性,所以降低管电压对减少辐射剂量的效果最为稳定。本研究结果显示低剂量组CTDIvol、DLP以及ED均显著低于常规组,表明CTPA采用120 kV管电压较120 kV有利于降低辐射剂量,对预防辐射损伤具有重要意义,与杜晓峰等^[14]报道结果相近。

此外本研究低剂量组将对比剂用量从60 mL减少至35 mL,不仅有利于减少上腔静脉对比剂硬化伪影,还能减少对对比剂对肾脏等器官潜在损伤,并可降低患者医疗开支。本研究结果显示低剂量组未见不良反应发生,常规组虽然仅出现3例轻度发热或心慌等不适症状,但若重复检查,可能导致不良反应发生风险和严重程度进一步升高,而降低管电压和对比剂用量则有利于提升CTPA安全性,但具体结果还有待后续研究进行分析。此外本研究还存在两点局限性,一是肥胖可导致X线强度和血管内对比剂浓度降低,图像噪声增加,可能对诊断效果造成影响,但本研究未对患者BMI进行筛选和控制,因此结果可能存在偏倚,后续需要对不同BMI患者分别进行研究,以对CTPA管电压和对比剂用量进行精确化和个体化控制,不断提升诊断效果和安全性;另外辐射剂量随管电压降低而减少,两者间存在线性关系,但本研究仅分析了100 kV与120 kV应用情况,后续将进一步尝试探讨其它管电压对CTPA成像质量和辐射剂量的影响。

综上所述,双低剂量CTPA通过降低管电压和对比剂用量,在保障成像质量的同时还可降低辐射剂量,预防对比剂对机体潜在损伤,用于PE筛查和诊断具有良好价值和安全性。

参考文献

- [1] 丁玉姣,石容容,张启杰,等.螺旋CT血管成像在不同类型急性肺动脉栓塞患者的应用及影像学表现[J].医学影像学杂志,2022,32(3):419-423.
- [2] Lambert L,Michalek P,Burgetova A.The diagnostic performance of CT pulmonary angiography in the detection of chronic thromboembolic pulmonary hypertension-systematic review and meta-analysis[J].Eur Radiol,2022,32(11):7927-7935.
- [3] Petritsch B,Pannenbecker P,Weng AM,et al.Split-filter dual-energy CT pulmonary angiography for the diagnosis of acute pulmonary embolism: a study on image quality and radiation dose[J].Quant Imaging Med Surg,2021,11(5):1817-1827.
- [4] Meulepas JM,Ronckers CM,Smets AMJB,et al.Radiation Exposure From Pediatric CT Scans and Subsequent Cancer Risk in the Netherlands[J].J Natl Cancer Inst,2019,111(3):256-263.
- [5] 徐忆纯,刘琛,沈江华,等.增强CT扫描后对比剂急性肾损伤的风险评估模型[J].药物不良反应杂志,2022,24(3):139-143.
- [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):110-113,125.
- [7] 罗立峰,田丰,王俊鹏,等.应用低剂量对比剂肺动脉CTA成像检查肺动脉栓塞的可行性研究[J].中国CT和MRI杂志,2022,20(1):79-81.
- [8] 中华医学会呼吸病学分会肺栓塞与肺血管病学组,中国医师协会呼吸医师分会肺栓塞与肺血管病工作委员会,全国肺栓塞与肺血管病防治协作组.肺血栓栓塞症诊疗与预防指南[J].中华医学杂志,2018,98(14):1060-1087.
- [9] 王强,付强,林琳,等.双源CT诊断有效剂量的估算[J].中国辐射卫生,2017,26(1):41-44.
- [10] Essien EO,Rali P,Mathai SC.Pulmonary Embolism[J].Med Clin North Am,2019,103(3):549-564.
- [11] 虎义科,赵蓉,张广浩,等.256层螺旋CT肺动脉造影对肺动脉栓塞患者右心功能的评价[J].罕少疾病杂志,2022,29(3):46-47,53.
- [12] 董晓军,聂婷,陈宗桂,等.MSCT轴向分辨率和图像噪声影响因素分析[J].中国医学物理学杂志,2020,37(5):604-607.
- [13] 吕蓉,陈晨,胡维娟,等.CT值与管电流、管电压的关系以及图像噪声与辐射剂量的相关性研究[J].实用放射学杂志,2020,36(1):123-127.
- [14] 杜晓峰,林观生,付文兵,等.双低剂量联合iDose4迭代重建在CTPA中的应用研究[J].医学影像学杂志,2019,29(6):941-944,948.

(收稿日期:2023-02-25)

(校对编辑:朱丹丹)