

低管电压联合低对比剂量 CT 扫描在肺动脉成像中的应用价值

李胜华, 欧宁锋, 马海锋, 梁宇峰, 陈欣健

南方医科大学附属何贤纪念医院放射科, 广东 广州 511400

【摘要】 目的 探讨低管电压联合低对比剂量 CT 扫描技术在 CT 肺动脉血管成像中的应用价值。方法 将南方医科大学附属何贤纪念医院 2016 年 9 月至 2018 年 10 月收治的 50 例行 CT 肺动脉血管成像检查的患者按随机数表法分为对照组和观察组各 25 例, 对照组患者使用低渗高浓度对比剂欧乃派克(350 mgI/mL)、管电压 120 kV、采用 FBP 重建; 观察组患者使用等渗低浓度对比剂碘克沙醇(270 mgI/mL)、管电压 80 kV、采用迭代重建。精确测量两组患者肺动脉干和各级分支血管的 CT 值, 并计算 CT 图像信噪比(SNR)和对比信噪比(CNR); 详细记录两组患者容积 CT 剂量指数(CTDIvol)及剂量长度乘积(DLP), 计算两组患者的有效辐射剂量(ED); 对两组患者的图像质量进行评分。结果 两组患者肺动脉干及各分支血管 CT 值比较差异均无统计学意义($P>0.05$); 观察组患者的图像质量总分为 111 分, 与对照组患者的 110 分比较差异无统计学意义($P>0.05$); 观察组患者的 SNR、CNR 分别为(6.8±0.5)、(10.7±0.9), 与对照组的(6.5±0.5)、11.3±0.9 比较差异无统计学意义($P>0.05$); 观察组患者的 DLP、CTDIvol、ED 分别为(138.0±22.0) mGy·cm、(6.9±0.7) mGy、(1.9±0.2) mSv, 均明显低于对照组的(257.8±30.1) mGy·cm、(13.6±1.6) mGy、(3.7±0.4) mSv, 差异均有统计学意义($P<0.05$); 观察组患者的总碘量为 16.2 g, 明显低于对照组的 28 g, 降低 42.1%, 差异有统计学意义($P<0.05$)。结论 使用低管电压联合低对比剂量扫描, 结合迭代重建技术进行 CT 肺动脉血管成像检查, 可以显著减少患者的辐射剂量及碘摄入量, 而不影响 CT 图像质量。

【关键词】 肺动脉; 对比剂; CT 血管成像; 辐射剂量; 迭代重建

【中图分类号】 R445 **【文献标识码】** A **【文章编号】** 1003-6350(2019)24-3227-04

Application value of CT scanning with low tube voltage combined with low contrast dose in pulmonary angiography. LI Sheng-hua, OU Ning-feng, MA Hai-feng, LIANG Yu-feng, CHEN Xin-jian. Department of Radiology, Hexian Memorial Hospital Affiliated to Southern Medical University, Guangzhou 511400, Guangdong, CHINA

【Abstract】 Objective To investigate the application value of low tube voltage combined with low contrast dose in CT pulmonary angiography. **Methods** From September 2016 to October 2018, 50 patients examined by CT pulmonary angiography in Hexian Memorial Hospital Affiliated to Southern Medical University were divided into a control group and an experimental group according to random number table, with 25 patients in each group. The patients in the control group were scanned with low osmotic and high concentration contrast agent Omnipaque (350 mgI/mL), at 120 kV tube voltage and FBP reconstruction. The patients in the experimental group were scanned with isosmotic low concentration contrast agent Iodixanol (270 mgI/mL), at 80 kV tube voltage and iterative reconstruction. The CT values of the branches and the trunk of the pulmonary artery were measured accurately in each patient. The image signal to noise ratio (SNR) and contrast to noise ratio (CNR) were calculated. The CT dose index (CTDIvol) and dose length product (DLP) of the patients were recorded. The effective radiation dose (ED) was calculated. The image quality scores in two groups were evaluated. **Results** No significant difference was found between the two groups in the CT values of pulmonary artery trunk and its branches ($P>0.05$). There was no significant difference in the total image quality score between the experimental group (111 points) and the control group (110 points), $P>0.05$. The SNR and CNR of the experimental group were 6.8±0.5 and 10.7±0.9, respectively, significantly lower than 6.5±0.5 and 11.3±0.9 in the control group ($P>0.05$). The DLP, CTDIvol, and ED of the experimental group were (138.0±22.0) mGy·cm, (6.9±0.7) mGy, (1.9±0.2) mSv respectively, significantly lower than (257.8±30.1) mGy·cm, (13.6±1.6) mGy, (3.7±0.4) mSv in the control group ($P<0.05$). The mean total iodine intake (16.2 g) in the experimental group was significantly lower than that in control group (28 g; $P<0.05$), which was reduced by 42.1%. **Conclusion** Low tube voltage and low contrast dose combined with iterative reconstruction technique for CT pulmonary angiography can significantly reduce the radiation dose and iodine intake of the patients, but does not reduce the image quality.

【Key words】 Pulmonary artery; Contrast; CT angiography; Radiation dose; Iterative reconstruction

肺动脉栓塞(pulmonary embolism, PE)是临床较常见的急危重疾病,早期快速诊断对临床有效治疗具有重要意义。多层螺旋CT肺动脉血管成像(CT pulmonary angiography, CTPA)具备快速、简便、无创等优点,同时有较高的特异度及敏感度,目前已成为临床诊断肺动脉栓塞的首选检查方法。常规CTPA具有辐射量较大及碘摄入量较多等不足,因此减少辐射对患者产生的损伤及碘对比剂对肾功能的潜在危害引起广泛重视。本研究旨在探讨使用低管电压、低对比剂量结合迭代重建(iterative reconstruction, IR)技术行CTPA检查的可行性。

1 资料与方法

1.1 一般资料 前瞻性收集2016年9月至2018年10月南方医科大学附属何贤纪念医院收治的50例临床疑似急性肺动脉栓塞患者。排除标准:(1)重症肝功能及肾功能不全者;(2)重症心、脑血管疾病患者;(3)甲状腺功能亢进者;(4)碘过敏试验阳性者;(5)体质指数(body mass index, BMI) $>30 \text{ kg/m}^2$ 患者。本研究经医院医学伦理委员会批准,检查前取得患者同意,并签订知情同意书。将入组患者按随机数表法分成对照组(常规剂量)和观察组(双低剂量),每组25例,对照组中男性14例,女性11例;年龄39~82岁,平均(64.0 \pm 10.9)岁;BMI(23.7 \pm 2.0) kg/m^2 。观察组中男性16例,女性9例;年龄41~79岁,平均(62.8 \pm 10.0)岁;BMI(24.0 \pm 1.5) kg/m^2 。两组患者的年龄、性别、BMI等基本资料比较差异均无统计学意义($P>0.05$),具有可比性。

1.2 检查方法 CTPA使用GE Optima CT680 64排128层螺旋CT。对照组管电压120 kV,管电流300 mA,高浓度低渗对比剂欧乃派克(350 mgI/mL) 80 mL,使用FBP重建;观察组管电压80 kV,自动毫安量,低浓度等渗对比剂碘克沙醇(270 mgI/mL) 60 mL,使用Asir2.0迭代重建;其余参数两组一致:球管转速0.35 s/r,螺距1.0,层厚0.625 mm。患者采用仰卧、足先进体位,双上肢上举抱头。扫描范围包括双肺尖至双侧后肋膈角平面,平静吸气后屏气扫描。首先进行CT平扫,然后进行增强扫描,增强扫描使用双筒高压注射器,采用3~5 mL/s流速,先经右侧手背静脉或肘静脉注入生理盐水20 mL,接着注射碘对比剂,再注射生理盐水30 mL,充分利用导管内对比剂,避免上腔静脉内高浓度对比剂产生伪影。CT扫描采用智能跟踪自动触发技术,感兴趣区(region of interest, ROI)放在肺动脉干,扫描触发阈值为150 HU,肺动脉干CT值达到触发阈值后延迟4 s自动启动扫描。

1.3 辐射剂量和总碘量 从CT操控台调用每位患者的扫描参数,包括容积CT剂量指数(CT dose index volume, CTDI_{vol})、剂量长度乘积(dose length product, DLP)。计算每位患者有效辐射剂量(effective

dose, ED),计算公式:ED=DLP \times K(转换系数),K=0.014 mSv/(mGy \cdot cm)^[1]。计算两组患者所用对比剂的总碘量,总碘量(g)=对比剂浓度(mg/mL) \times 对比剂用量(mL)/1000。

1.4 图像分析 图像后处理、分析在GE公司AW4.6工作站完成。图像后处理包括双侧肺动脉及其分支血管的最大密度投影(MIP)、曲面重建(CPR)、多平面重建(MPR)、容积重建(VR)。图像分析由两名副高以上影像诊断医生完成,采取双盲法对图像质量进行主观评分和客观评价。

1.4.1 主观评分 采用5分法对患者的CT图像进行评分,评分标准如下:1分,肺动脉干及其各级分支未见明显强化;2分,肺动脉干和左右肺动脉轻微强化,其远端分支血管未见明显强化;3分,肺段动脉以近血管强化能满足诊断要求,其远端分支强化不良;4分,亚段肺动脉以近血管强化良好,其远端分支强化不良;5分,亚段肺动脉以远分支亦强化良好。评分为3~5分表示检查符合诊断要求,1~2分表示检查不符合诊断要求。

1.4.2 客观评价 对患者CT图像进行CT值测量,测量部位包括增强扫描图像的肺动脉干、双侧肺动脉、双侧上叶肺动脉、双侧下叶肺动脉、双侧下叶后基底段肺动脉及双侧下叶后基底段亚段肺动脉。测量时每次放置ROI的大小和位置尽可能一致,ROI的直径尽量接近被测血管的管径。双侧肺动脉和其远端肺动脉分支的测量取双侧CT值的平均值。测量双侧肺动脉及右肺动脉层面双侧前胸壁肌组织的CT值,求双侧平均值,以双侧肺动脉平均CT值的标准差作为图像噪声,以双侧前胸壁肌组织平均CT值的标准差作为背景噪声。计算信噪比(signal to noise ratios, SNR)、对比噪声比(contrast to noise ratios, CNR),SNR=双侧肺动脉平均CT值/图像噪声,CNR=(双侧肺动脉平均CT值-双侧前胸壁肌组织平均CT值)/背景噪声。

1.5 统计学方法 采用IBM SPSS Statistics 22软件进行统计学处理,计量资料符合正态分布,以均数 \pm 标准差($\bar{x}\pm s$)表示,组间比较采用两独立样本 t 检验,组间计数资料比较采用 χ^2 检验,以 $P<0.05$ 为差异有统计学意义。采用Kappa检验评判两名医生对CT图像质量判断的一致性。Kappa ≥ 0.75 时,表示一致性较高;0.75 $>$ Kappa ≥ 0.4 时,表示一致性一般;Kappa < 0.4 时,表示一致性较差。

2 结果

2.1 两组患者CT图像质量的主观评价 两组患者的CT图像质量的主观评分比较差异无统计学意义($P>0.05$),见表1。两名医生对患者CT图像评分的一致性较高(Kappa值为0.846, $P<0.05$),见图1和图2。

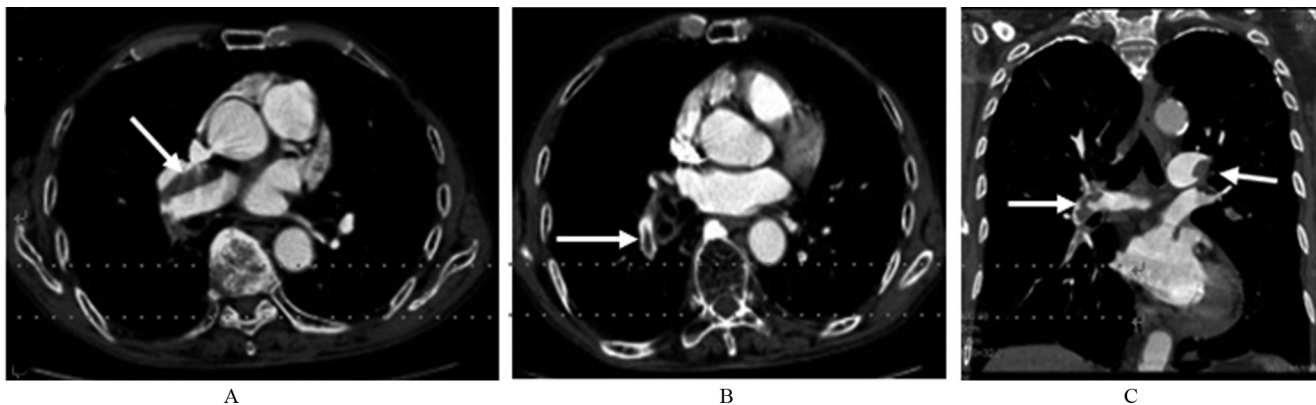


图1 对照组患者,男,78岁,双侧肺动脉栓塞,CTA图像

注:A,肺动脉干、右肺动脉及左肺下叶基底段动脉显示良好,右肺动脉血栓显示清晰(白箭);B,右下叶动脉血栓显示清晰(白箭);C,右下肺动脉及其分支、左下肺动脉血栓显示清晰(白箭)。

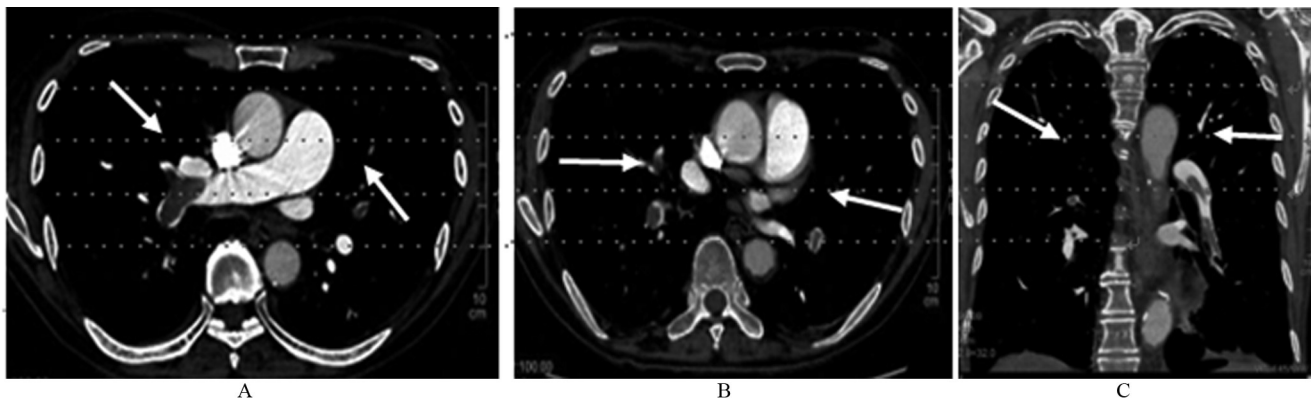


图2 试验组患者,男,65岁,双侧肺动脉多发栓塞,CTA图像

注:A,肺动脉干、右肺动脉及左肺下叶基底段动脉显示良好,右肺动脉远端、右下肺动脉及左肺下叶前内基底段肺动脉血栓显示清晰(白箭);B,右下肺动脉及左肺下叶基底段肺动脉血栓显示清晰(白箭);C,右肺中叶肺动脉分支、左下肺动脉及其分支血栓显示清晰(白箭)。

表1 两组患者图像质量主观评价比较(例)

组别	例数	5分	4分	3分	总分
对照组	25	11	13	1	110
观察组	25	13	10	2	111
χ^2 值					0.899
P值					0.638

2.2 两组患者CT图像质量的客观评价 两组患者增强CT图像肺动脉干、双侧肺动脉及各分支肺动脉

表2 两组患者图像质量客观评价比较($\bar{x} \pm s$, HU)

组别	例数	肺动脉干	双侧肺动脉	双侧上叶肺动脉	双侧下叶肺动脉	双侧下叶后基底段肺动脉	双侧下叶后基底段亚段肺动脉
对照组	25	445.8±33.8	430.6±29.9	418.7±29.3	404.5±31.3	393.6±31.6	376.4±27.8
观察组	25	438.2±30.2	423.4±32.3	412.0±32.3	396.8±32.7	385.6±32.7	368.1±29.6
t值		0.847	0.808	0.769	0.844	0.879	1.014
P值		0.401	0.423	0.445	0.403	0.384	0.316

表3 两组患者辐射剂量、碘摄入量及SNR、CNR比较($\bar{x} \pm s$)

组别	例数	CTDIvol (mGy)	DLP (mGy·cm)	ED (mSv)	SNR	CNR
对照组	25	13.6±1.6	257.8±30.1	3.7±0.4	6.5±0.5	11.3±0.9
观察组	25	6.9±0.7	138.0±22.0	1.9±0.2	6.8±0.5	10.7±0.9
t值		19.049	16.07	22.165	-1.592	-1.634
P值		<0.05	<0.05	<0.05	0.118	0.109

3 讨论

随着多排螺旋CT的广泛应用,CTPA以无创、快速、准确等优点成为临床诊断肺动脉栓塞的首选影像

的CT值比较,差异均无统计学意义($P>0.05$),见表2。

2.3 辐射剂量及碘摄入量评价 观察组患者的CTDIvol、DLP、ED均明显低于对照组,差异均有统计学意义($P<0.05$),但SNR、CNR比较差异均无统计学意义($P>0.05$),见表3。观察组患者接受的总碘量为16.2 g,较对照组(28 g)降低42.1%,差异具有统计学意义($P<0.05$)。

学检查方法^[2]。常规CTPA使用高千伏(120KV)、固定管电流及大剂量、高浓度对比剂获得高质量的CT图像,导致患者不同程度的辐射损伤和对比剂肾病的风险。随着人们健康意识的增强及迭代重建技术的应用,减少辐射和对比剂引起的损害已引起临床医生和医学影像工作者的重视。双低螺旋CT扫描血管成像具有同时减少辐射量及对比剂用量的优点,因而成为临床研究的热点。

X线辐射量与管电压的平方成正比,降低管电压可有效降低辐射剂量^[3]。王素雅等^[4]研究表明,使用自动管电流技术,管电压从120 kV降到80 kV,可减少辐射剂量82.8%;孙国臣等^[5]认为,管电压由100 kV降到80 kV可显著降低辐射量。本观察组管电压由120 kV降至80 kV,ED降低46.5%,与上述文献报道相仿。降低管电压能够减少辐射量,但不可避免会增加图像噪声,影响图像质量,这是FBP难以解决的弊端^[6]。Asir2.0迭代重建技术能有效克服FBP的缺点,可通过显著降低图像噪声来提高CT图像质量。肺部组织本身具有良好的高对比性,对比剂会进一步增加肺部动静脉血管内外的密度差,显著提高血管内病变的分辨率。综上所述,应用迭代重建技术的低千伏CT扫描不会影响肺动脉栓子的观察。本研究显示对照组和观察组CT图像的SNR及CNR差异无统计学意义,提示降低管电压不会影响图像质量。

CT值是物质在一定扫描条件下得到的相对值,同一物体的CT值随着射线能量降低而增加。研究表明^[7],降低管电压进行CT检查能够增加单位碘对比剂的CT值,进一步为使用低浓度对比剂进行CT血管成像(CT angiography, CTA)提供了依据。适当的低管电压和低浓度对比剂联合使用,血管的CT值不会出现显著下降。潘昌杰等研究表明^[8],应用低浓度对比剂进行冠状动脉CTA检查完全可以达到临床诊断需求。本实验结果显示:尽管使用低管电压联合低对比剂量扫描,观察组增强CT图像肺动脉干、双侧肺动脉及各分支肺动脉的CT值与对照组比较无差别,图像质量差异无统计学意义,两组检查均获得明确诊断的满意图像。

碘对比剂使用过程中的常见危害为对比剂过敏反应,更严重者是碘对比剂对肾功能的潜在危害,肾功能不全或受损的患者在注射大量对比剂后可能导致对比剂肾病(contrast-induced nephropathy, CIN)^[9]。CIN与碘对比剂的种类、渗透压、用量等因素密切相关。张保翠等^[10]认为,低渗对比剂可增加CIN的发病风险,低渗对比剂的CIN发病率显著高于等渗对比剂。研究表明,静脉注射常规用量等渗对比剂碘克沙醇(270 mgI/mL)对肾功能没有影响^[11]。常规CTPA使用大剂量低渗含碘350 mg/mL或以上的高浓度对比剂,碘摄入量多,易引发、加重肾功能损害,严重时

诱发对比剂肾病。本研究使用等渗低浓度对比剂,保证图像质量不受影响的同时,较大程度降低了患者的碘摄入量,观察组碘摄入量(16.2 g)较对照组(28 g)减少约42.1%,与VITERI-RAMIREZ等^[12]报道相一致。因此,合理使用等渗低浓度对比剂,保证图像质量的同时,可减轻肾脏代谢负荷,降低CIN的发病率。

综上所述,使用低管电压、低对比剂量结合IR技术进行CTPA检查,可显著减少患者辐射剂量和碘摄入量,不影响图像质量,值得临床推广。

参考文献

- [1] LEIPSIC J, LABOUNTY TM, HEILBRON B, et al. Adaptive statistical iterative reconstruction: assessment of image noise and image quality in coronary CT angiography [J]. AJR Am J Roentgenol, 2010, 195(3): 649-654.
- [2] YUAN R, SHUMAN WP, EARLS JP, et al. Reduced iodine load at CT pulmonary angiography with dual-energy monochromatic imaging: comparison with standard CT pulmonary angiography—a prospective randomized trial [J]. Radiology, 2012, 262(1): 290-297.
- [3] 李磊, 赵飞, 蒲钰镁, 等. 低浓度对比剂结合双低剂量在CT肺动脉血管成像中的临床应用[J]. 四川大学学报(医学版), 2018, 49(2): 239-242.
- [4] 王素雅, 高剑波, 刘杰, 等. 迭代模型重建技术在肺动脉“双低”成像中的应用研究[J]. 实用放射学, 2016, 32(12): 1940-1944.
- [5] 孙国臣, 王忠, 李萌. 二代双源CT大螺距肺动脉成像低剂量与低对比剂用量的应用研究[J]. 放射学实践, 2015, 30(3): 250-254.
- [6] 浦仁旺, 刘义军, 刘静红. 低管电压结合ASIR重建对腹部CT图像质量的影响:体模研究[J]. 实用放射学, 2015, 31(2): 296-299.
- [7] SCHINDERA ST, NELSON RC, MUKUNDAN S JR, et al. Hypervascular liver tumors: low tube voltage, high tube current multi-detector row CT for enhanced detection: phantom study [J]. Radiology, 2008, 246(1): 125-132.
- [8] 潘昌杰, 王涛, 钱农, 等. 等渗低浓度对比剂冠状动脉CT低剂量成像的初步研究[J]. 中华放射性杂志, 2014, 48(10): 800-804.
- [9] MEIER A, HIGASHIGAITO K, MARTINI K, et al. Dual energy CT pulmonary angiography with 6g iodine-Apropensity score-matched study [J]. PLoS One, 2016, 11(12): e0167214.
- [10] 张保翠, 张玉东, 赵凯, 等. 静脉注射碘对比剂对不同人群肾功能的影响[J]. 中华放射学杂志, 2013, 47(4): 335-339.
- [11] 张保翠, 罗晶晶, 王霄英, 等. 静脉注射碘克沙醇(270 mgI/mL)全身不良反应的临床观察[J]. 放射学实践, 2014, 29(3): 242-244.
- [12] VITERI-RAMÍREZ G, GARCÍA-LALLANA A, SIMÓN-YARZA I, et al. Low radiation and low-contrastdose pulmonary CT angiography: Comparison of 80 kVp/60 mL and 100 kVp/80 mL protocols [J]. Clin Radiol, 2012, 67(9): 833-839.

(收稿日期:2019-03-29)