

小剂量低辐射手动触发技术在CT肺动脉血管成像中的应用价值

李立强,张振明,董险峰,尹晓霞,曾凡学,杜小蕊,王海滨
滦州市人民医院影像科,河北 滦州 063700

【摘要】目的:探讨小剂量低辐射手动触发技术在CT肺动脉血管成像(CTPA)中的应用价值。**方法:**90例疑似肺栓塞(PE)患者随机分为常规组($n=45$)和小剂量组($n=45$),常规组行常规模式(120 kV, 50 mL对比剂)的CTPA扫描,小剂量组行低管电压小剂量对比剂(80 kV或100 kV, 30 mL对比剂)的CTPA扫描。比较两组图像质量及辐射剂量。**结果:**CT值和SNR在两组肺动脉主干和右肺S10段肺动脉中比较均无统计学意义($P>0.05$),而CNR在两组肺动脉主干和右肺S10段肺动脉中比较均无统计学意义($P>0.05$),在右肺S1段肺动脉中,常规组的CNR则显著高于对照组,差异具有统计学意义($P<0.05$)。两位观察者对图像质量分析有着极好的一致性(Kappa=0.865, $P<0.001$)。常规组CTDI_{vol}、DLP、ED值分别为(8.89±1.96) mGy、(296.5±78.4) mGy·cm、(4.45±1.76) mSv,均明显高于小剂量组的(3.12±0.68) mGy、(99.6±17.3) mGy·cm、(1.09±0.27) mSv($P<0.05$),小剂量组的ED值相比常规组降低约76%。**结论:**小剂量低辐射手动触发技术应用于CTPA中是可行的,在获取满足诊断需求图像质量的同时,能够有效减少辐射剂量及对比剂用量,提高检查安全性。

【关键词】肺栓塞;CT肺动脉血管成像;低管电压;对比剂;辐射剂量

【中图分类号】R811.1

【文献标志码】A

【文章编号】1005-202X(2020)12-1490-04

Application value of low-dose low-radiation manual trigger technique in CT pulmonary artery angiography

LI Liqiang, ZHANG Zhenming, DONG Xianfeng, YIN Xiaoxia, ZENG Fanxue, DU Xiaoxui, WANG Haibin
Department of Medical Imaging, Luanzhou City People's Hospital, Luanzhou 063700, China

Abstract: Objective To investigate the application value of low-dose low-radiation manual trigger technique in CT pulmonary artery angiography (CTPA). **Methods** 90 patients with suspected pulmonary embolism (PE) were randomly divided into regular group ($n=45$) and low-dose group ($n=45$). The regular group underwent conventional mode CTPA scanning (120 kV, 50 mL contrast agent), while the low dose group underwent low tube voltage and low dose CTPA scanning (80 kV or 100 kV, 30 mL contrast agent). The image quality and radiation dose of the two groups were compared. **Results** The CT value, SNR and CNR had no statistically significant differences between the two groups in pulmonary artery trunk and right lung S10 segment pulmonary artery ($P>0.05$). In the S1 pulmonary artery of the right lung, the CNR in regular group was significantly higher than that in the control group, and the difference has statistical significances ($P<0.05$). The two observers had excellent consistency on image quality analysis (Kappa=0.865, $P<0.001$). The values of CTDI_{vol}, DLP and ED in regular group were (8.89±1.96) mGy, (296.5±78.4) mGy·cm and (4.45±1.76) mSv respectively, which were significantly higher than those low-dose group with (3.12±0.68) mGy, (99.6±17.3) mGy·cm and (1.09±0.27) mSv ($P<0.05$), and the ED value in low-dose group was reduced by about 76% compared with that in conventional group. **Conclusion** It is feasible to apply low dose and low radiation manual trigger technology to CTPA, for it can effectively reduce radiation dose and contrast agent dosage and improve examination safety while obtaining image quality meeting diagnostic requirements.

Keywords: pulmonary embolism; CT pulmonary artery angiography; low-tube voltage; contrast agent; radiation dose

前言

肺栓塞(PE)是由肺动脉血管受栓子阻塞而引起的以心功能不全及呼吸生理改变为主要表现的临床综合征,发病率及死亡率均较高^[1]。CT肺动脉血管成像(CTPA)以其无创、快速、可靠等优势,已成为PE诊断的

【收稿日期】2020-06-13

【基金项目】河北省医学科学研究重点课题(20181378)

【作者简介】李立强,研究方向:医学影像,E-mail: 531947042@qq.com

【通信作者】张振明,副主任医师,研究方向:医学影像,E-mail: 21682-367@qq.com

首选检查方法^[2-3]。然而,随着CTPA检查的应用逐渐广泛,其存在的辐射伤害及对比剂的肾毒性问题也日益引起人们广泛关注。如何在确保诊断需要的同时,选择安全有效的低辐射低剂量的扫描方法,以减少患者检查过程中受到的危害,是放射科医师的追求及职责。研究证实,低管电压大螺距模式能够减少辐射剂量及对比剂剂量,并获取良好的图像质量^[4]。本研究旨在探讨小剂量低辐射手动触发技术在CTPA应用中的可行性,为临床应用提供一定参考。

1 资料与方法

1.1 研究对象

选取2016年1月~2018年5月就诊于滦州市人民医院疑似PE且拟行CTPA检查的患者90例,其中,男48例,女42例,年龄28~78岁,平均年龄(58.4±12.4)岁。应用简单随机方法分为常规组($n=45$)和小剂量组($n=45$)。常规组:男26例,女19例;年龄(56.32±11.84)岁;体质量指数(24.36±3.72) kg/m²。小剂量组:男22例,女23例;年龄(56.24±11.72)岁;体质量指数(24.25±3.68) kg/m²。两组一般资料比较无统计学差异($P>0.05$)。均排除严重的心肺肾功能不全、碘对比剂过敏及妊娠期哺乳期女性。本研究征得医院伦理委员会批准,所有患者均签署检查知情同意书。

1.2 扫描方法

采用Philips 64排螺旋CT机,扫描范围由肺底至肺尖。扫描参数:常规组电压为120 kV,自动管电流150~400 mA,螺距0.923,准直器64×0.625 mm,球管旋转0.5 s/r。小剂量组电压为80 kV(或100 kV),其余参数同常规组。对比剂注射方案:均以碘普罗胺(370 mgI/mL)作为对比剂,采用双筒高压注射器经肘前静脉团注;常规组以5 mL/s的速率注入对比剂50 mL,小剂量组以3 mL/s的速率注入对比剂30 mL,对比剂注射完成后,均追加等量生理盐水。扫描延迟时间:常规组采用对比剂实时监控自动触发扫描技术,当监测点阈值达到150 HU时自动触发扫描;小剂量组将监测位置置于胸廓入口水平,当发现头臂静脉内有造影剂填充,立即手动启动扫描。

1.3 图像处理

将扫描薄层重建数据上传至后处理工作站,利用容积重建(VRT)、最大密度投影(MIP)及多平面重建(MPR)等后处理技术对图像进行处理,进行PE病变分析。

1.4 图像质量分析

(1)客观图像质量:由1名工作经验≥5年的放射科医师进行评估,对肺动脉主干、右肺下叶S10段肺动脉、右肺上叶S1段肺动脉的管腔内及背部肌肉CT值进行

测量,感兴趣区(ROI)勾画应尽可能避开栓塞部位且面积在血管管腔面积的1/2,测量3次,取平均值。并取胸廓正前方空气区(直径约1 cm),测量标准差,作为背景噪声。根据公司计算图像信噪比(SNR)=管腔内CT值/背景噪声,对比噪声比(CNR)=(管腔内平均CT值-背部肌肉平均值)/背景噪声。(2)主观图像质量:采用5分法进行图像质量主观评估:肺动脉管腔充盈好,血管边缘平滑锐利,栓子得以清晰显示,诊断信心充分,计为5分;肺动脉管腔充盈较好,血管边缘比较平滑锐利,可显示栓子,计为4分;肺动脉管腔充盈较好,血管边缘比较平滑锐利,血管远端显示欠佳,但图像可满足诊断要求,计为3分;肺动脉主干得以较好显示,但血管远端及分支显示较差,难以进行诊断,计为2分;图像质量很差,无法进行诊断,计为1分。

1.5 辐射剂量

查看CT机系统剂量报告,剂量CT容积指数(CTDI_{vol})、剂量长度乘积(DLP)等。计算患者在该次检查中所接受的有效吸收剂量(ED)=DLP× k , $k=0.014$ mSv/(mGy·cm),为胸部权重系数。参照文献[5],对胸廓左右最大径进行测量,作为横径(LAT),并对相应层面上前胸壁与背部间胸廓前后最大径,即为前后径(AP),并通过计算获得反映患者体型大小的有效直径。

1.6 统计学方法

应用SPSS 20.0软件进行数据处理。计量资料用均数±标准差表示,比较用独立样本 t 检验;计数资料用率或百分比表示,比较用 χ^2 检验;不同观察者对图像质量评分的一致性分析采用Kappa检验,Kappa值为0.81~1.00表示一致性极好,0.61~0.80表示一致性较好,0.41~0.60表示一致性一般,<0.4表示一致性较差;以双侧 $P<0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 PE发生率

常规组PE 24例,发生率为53.3%(24/45);小剂量组PE 20例,发生率为44.4%(20/45);两组PE发生率比较无统计学差异($\chi^2=0.712$, $P=0.399>0.05$)。

2.2 客观图像质量

CT值和SNR在两组肺动脉主干和右肺S10段肺动脉中比较均无统计学意义($P>0.05$),而CNR在两组肺动脉主干和右肺S10段肺动脉中比较均无统计学意义($P>0.05$),在右肺S1段肺动脉中,常规组的CNR则显著高于小剂量组,差异有统计学意义($P<0.05$),见表1。两组图像对比无明显差异,见图1。

2.3 主观图像质量

小剂量组图像主观质量评分[(4.86±0.26)分]与

表1 两组客观图像质量比较($\bar{x} \pm s$)

Tab.1 Comparison of objective images quality between the two groups (Mean±SD)

组别	n	肺动脉主干			右肺S1段肺动脉			右肺S10段肺动脉		
		CT值	SNR/db	CNR	CT值	SNR/db	CNR	CT值	SNR/db	CNR
常规组	45	306.5±76.3	22.5±4.9	17.9±5.2	356.2±81.4	25.9±6.1	23.2±5.8	354.6±81.3	25.9±6.1	22.4±6.5
小剂量组	45	325.6±68.4	24.2±7.5	19.7±7.3	328.6±90.2	24.1±6.2	20.1±6.9	322.5±85.4	23.7±5.8	20.3±6.4
t值		1.250	1.273	1.347	1.524	1.388	2.307	1.826	1.753	1.544
P值		0.215	0.206	0.181	0.131	0.169	0.023	0.071	0.083	0.126

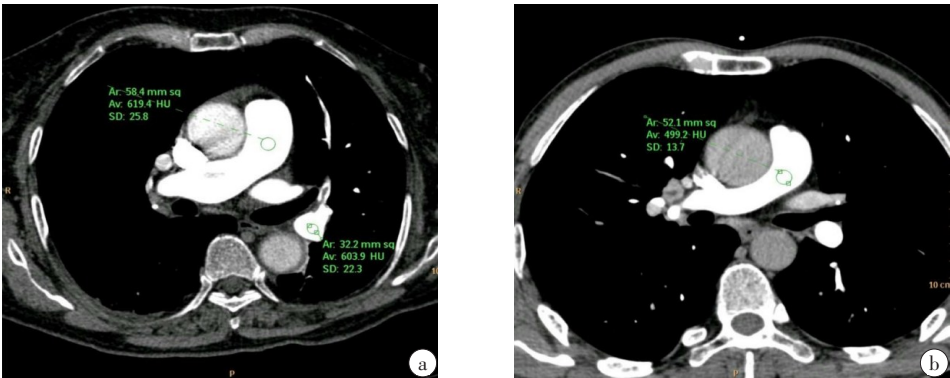


图1 采用常规扫描模式和小剂量低辐射模式获得的CTPA图像

Fig.1 CTPA images obtained by routine scan mode and low-dose low-radiation mode

a: 常规模式获得的CT轴位图像,显示双肺动脉多发充盈缺损;b: 采用80 kV管电压30 mL对比剂模式获得CT轴位图像,与图a为同一患者,是抗凝治疗后复查所得

对照组的评分[(4.75±0.31)分]比较无统计学差异($t=1.824, P=0.072$)。两位观察者对图像质量分析有着极好的一致性(Kappa=0.865, $P<0.001$)。

2.4 辐射剂量

两组患者在胸廓LAT、AP及有效直径比较上无统计学差异($P>0.05$);而小剂量组CTDI_{vol}、DLP、ED值均明显低于常规组($P<0.05$),小剂量组ED值相比常规组降低了约76%。见表2。

表2 两组辐射剂量比较($\bar{x} \pm s$)

Tab.2 Comparison of radiation dose between the two groups (Mean±SD)

组别	n	胸廓LAT/mm	AP/mm	有效直径/mm	CTDI _{vol} /mGy	DLP/mGy·cm	ED/mSv
常规组	45	316.5±16.8	234.62±20.6	271.8±18.4	8.89±1.96	296.5±78.4	4.45±1.76
小剂量组	45	316.2±19.4	237.5±18.9	273.6±20.5	3.12±0.68	99.6±17.3	1.09±0.27
t值		0.079	0.691	0.438	18.657	16.452	12.658
P值		0.938	0.491	0.662	0.000	0.000	0.000

3 讨论

CT检查作为临床诊断的常用手段,是医源性辐射的重要来源,对比剂肾病是第三大的医院获得性肾病^[6-7]。在确保图像质量的同时,如何降低CT扫描时的辐射剂量和对比剂剂量以减少受检者受到的危害,已成为放射科领域研究热点。研究表明,在64层螺旋CT肺动脉检查中应用30 mL对比剂是可行的^[8]。本研究显示,与常规扫描模式相比,80 kV管电

压联合30 mL对比剂模式应用于疑似PE患者CTPA检查中是可行的,不仅能够获得理想的图像质量,还能够明显降低辐射剂量及对比剂用量,提高安全性。近年来,多种降低辐射剂量的方法相继提出,包括降低管电压、自动管电流调制技术、大螺距应用技术等^[9-10]。其中降低管电压是最有效的手段,研究表明^[11],辐射剂量与管电压的平方成正比,故通过降低管电压能够有效减少辐射剂量。Björkdahl等^[12]研究发现,采用100 kV管电压进行CTPA扫描,相比于120 kV管电

压下辐射剂量减少约50%。本研究中小剂量组管电压为80 kV,相比常规组(120 kV)患者所受辐射剂量(ED值)减少约76%。但管电压的降低可导致X线穿透力下降,影像噪声增加,而适当加大管电流有助于减少影像噪声^[13-14]。本研究小剂量组采用自动管电压,电流最高可达400 mA,从而可确保低管电压状况下图像噪声不会明显增加。本研究显示,肺动脉主干、右肺S1段肺动脉、右肺S10段肺动脉的SNR、CNR及图像主观质量评分比较均无统计学差异,提示低剂量低辐射的扫描模式不会明显影响诊断。

非离子型对比剂在CT诊断中的应用,虽有效减少或减轻了对比剂相关不良反应。但对比剂的大剂量团注始终难免对受检者心肾器官造成负担,进而增加过敏风险^[15]。在注重人文关怀的现代医学模式下,要求放射科医师在能够满足诊断需求的前提下,尽量减少对比剂用量以减少其造成的副作用伤害。64层螺旋CT有着扫描迅速、时间及空间分辨率高的特点,故无需大量对比剂,应用较少的对比剂即可满足诊断需求,由于扫描迅速,故能够在肺动脉强化时间窗内完成扫描,无需过多对比剂来延迟时间窗,如此可减少对比剂剂量。通过注入30 mL对比剂,并加注等量生理盐水,由足侧向头侧进行扫描,不但有利于图像显示,还能够减少上腔静脉伪影。

降低管电压不仅能够减少辐射剂量,还有助于增大靶血管强化值,原因在于随着管电压降低,X线光谱能力也会随之降低,与碘的K边缘值更为接近,故光电效应增强,强化效果更好,CT值增大^[16]。故采用80 kV管电压进行CTPA,能够增大光电作用,进而提高含碘组织结构的CT值,进一步减少含碘对比剂用量。本研究显示,小剂量组不仅辐射剂量减少,肺主动脉CT值也出现一定程度增高,这与既往报道类似。

综上所述,采用80 kV管电压联合30 mL对比剂模式在CTPA检查中是可行的,在获得满足诊断需求图像质量的同时,能够有效减少辐射剂量及对比剂用量,对提高CT检查的安全性有重要意义,值得临床参考。

【参考文献】

- [1] 房延凤,金发光,傅恩清,等. 103例肺栓塞预后影响因素分析[J]. 临床肺科杂志, 2017, 22(6): 1092-1095.
FANG Y F, JIN F G, FU E Q, et al. Prognostic factors of 103 cases of pulmonary embolism[J]. Journal of Clinical Pulmonary Medicine, 2017, 22(6): 1092-1095.
- [2] 赵艳玲,肖大星,张丽红,等. 宝石CT低剂量对比剂能谱成像联合CTPA在肺栓塞诊断中的应用[J]. 医学影像学杂志, 2016, 26(12): 2221-2223.
ZHAO Y L, XIAO T X, ZHANG L H, et al. Application of spectral imaging combined with CTPA with low dose contrast medium in the diagnosis of pulmonary artery embolism[J]. Journal of Medical Imaging, 2016, 26(12): 2221-2223.
- [3] 马军锋,张龙江. CT肺动脉成像结合D-二聚体对急诊肺栓塞病人的诊断价值[J]. 国际医学放射学杂志, 2017, 40(6): 666-669.
MA J F, ZHANG L J. Clinical value of combined CT pulmonary angiography and D-dimer in patients with acute pulmonary embolism in emergency department[J]. International Journal of Medical Radiology, 2017, 40(6): 666-669.
- [4] 雍敏,毕纯龙,万霞,等. 双源CT低管电压大螺距(Flash)模式联合迭代重组在主动脉CTA中的应用研究[J]. 临床放射学杂志, 2015, 34(9): 1505-1509.
YONG M, BI C L, WANG X, et al. The application of both low-kV high-pitch(Flash) and SAFIRE on dual-source CT aorta angiography[J]. Journal of Clinical Radiology, 2015, 34(9): 1505-1509.
- [5] IKUTA I, WARDEN G I, ANDRIOLE K P, et al. Estimating patient dose from x-ray tube output metrics: automated measurement of patient size from CT images enables large-scale size-specific dose estimates[J]. Radiology, 2014, 270(2): 472-480.
- [6] LAW M, MA W K, LAU D, et al. Cumulative radiation exposure and associated cancer risk estimates for scoliosis patients: impact of repetitive full spine radiography[J]. Eur J Radiol, 2016, 85(3): 625-628.
- [7] STACUL F, MOLEN A J, REIMER P, et al. Contrast induced nephropathy: updated ESUR contrast media safety committee guidelines[J]. Eur Radiol, 2011, 21(12): 2527-2541.
- [8] 陈晶,李香营,陈建强,等. 降低下肢深静脉及肺动脉CT血管成像辐射剂量的CARE DOSE 4D及CARE kV技术探讨[J]. 临床放射学杂志, 2015, 34(6): 997-1000.
CHEN J, LI X Y, CHEN J Q, et al. Reduce radiation dose of deep venous and pulmonary CT angiography by CARE DOSE 4D and CARE kV technology[J]. Journal of Clinical Radiology, 2015, 34(6): 997-1000.
- [9] 成满平,牛娟琴,杜林芝,等. 低辐射剂量低对比剂浓度在320排CT冠脉成像中的应用[J]. 中国临床医学影像杂志, 2014, 25(7): 486-488.
CHENG M P, NIU J Q, DU L Z, et al. Application of low radiation dose and low concentration of contrast agent in 320-CT coronary angiography[J]. Journal of China Clinic Medical Imaging, 2014, 25(7): 486-488.
- [10] 梁坚豪,朱新进,杨侃荣,等. 低辐射剂量联合低剂量对比剂在甲状腺CT增强扫描中的应用[J]. 中国医学影像学杂志, 2017, 25(2): 105-108.
LIANG J H, ZHU X J, YANG K R, et al. Application of low radiation dose combined with low-dose contrast agent in thyroid CT enhanced scan[J]. Chinese Journal of Medical Imaging, 2017, 25(2): 105-108.
- [11] 曹国全. 低管电压联合迭代重建算法对胸部CT血管造影图像质量及辐射剂量的影响[J]. 中华放射医学与防护杂志, 2015, 35(5): 393-396.
CAO G Q. Influence of low tube voltage in combination with simultaneous iterative reconstruction algorithm on image quality and radiation dose in thoracic CT angiography: a chest phantom study[J]. Chinese Journal of Radiological Medicine and Protection, 2015, 35(5): 393-396.
- [12] BJÖRKDAHL P, NYMAN U. Using 100-instead of 120-kVp computed tomography to diagnose pulmonary embolism almost halves the radiation dose with preserved diagnostic quality[J]. Acta Radiol, 2010, 51(3): 260-270.
- [13] 刘丹丹,崔莹,赵波,等. 自动管电流模式下管电压对CT辐射剂量和影像质量影响的模体研究[J]. 中华放射医学与防护杂志, 2018, 38(9): 710-714.
LIU D D, CUI Y, ZHAO B, et al. The phantom study of the effect of tube voltage on radiation dose and image quality of CT with automatic tube current modulation mode[J]. Chinese Journal of Radiological Medicine and Protection, 2018, 38(9): 710-714.
- [14] 王晓华,张艳,袁慧书. 自动管电压调制技术参考毫安秒对胸部CT平扫图像质量和辐射剂量的影响[J]. 中华放射学杂志, 2015, 49(3): 179-182.
WANG X H, ZHANG Y, YUAN H S. Effect of reference mAs in CARE kV technique on image quality and radiation dose in unenhanced chest CT[J]. Chinese Journal of Radiology, 2015, 49(3): 179-182.
- [15] 付功,李克,朱家樑,等. 非离子型对比剂在子宫输卵管造影中的应用及不良反应分析[J]. 中国医学计算机成像杂志, 2017, 23(5): 65-68.
FU L, LI K, ZHU J D, et al. The application of non-ionic contrast medium in hysterosalpingography[J]. Chinese Computed Medical Imaging, 2017, 23(5): 65-68.
- [16] HUDA W, SCALZETTI E M, LEVIN G. Technique factors and image quality as functions of patient weight at abdominal CT[J]. Radiology, 2000, 217(2): 430-435.

(编辑:陈丽霞)