

· 心血管影像学 ·

16cm 宽体探测器全胸轴扫模式在胸痛三联征检查中的可行性研究

陈玉环, 贺太平, 贾永军, 于楠, 杨祺, 刘振堂

【摘要】 目的:探讨使用 16cm 宽体探测器进行两个连续轴位扫描一次完成胸痛三联征检查的可行性。**方法:**前瞻性将连续 40 例胸痛三联征患者随机均分为两组:A 组采用两个连续心脏轴扫模式一次完成肺动脉、冠状动脉及胸主动脉成像;B 组采用三次扫描方案,首先行肺动脉容积扫描,扫描结束 8~9s 后分别采用心脏轴扫模式和螺旋扫描模式完成冠状动脉和胸主动脉扫描;两组均使用对比剂追踪和阈值触发技术。比较两组图像的图像质量(主观和客观评估)及有效辐射剂量。**结果:**两种扫描模式图像质量的主观评分和客观评价指标(肺动脉、冠状动脉和主动脉的 CT 值和对比噪声比)间的差异均无统计学意义($P>0.05$)。两个连续轴位单次扫描组的有效辐射剂量为 $(3.3\pm 1.2)\text{mSv}$,较常规三次扫描组 $[(5.6\pm 0.7)\text{mSv}]$ 降低 40.3%,两组间的差异有统计学意义($t=-3.665, P=0.003$)。**结论:**在胸痛三联征检查中采用 16cm 宽体探测器 CT 进行两个连续轴位扫描的单次扫描方案在保障图像质量的条件下,能够有效降低辐射剂量。

【关键词】 体层摄影术;X 线计算机;胸痛三联征;辐射剂量;血管成像;冠状动脉;肺动脉

【中图分类号】 R814.4; R543.2; R543.2; R543.1 **【文献标识码】** A **【文章编号】** 1000-0313 (2018)04-0373-05

DOI:10.13609/j.cnki.1000-0313.2018.04.010

Feasibility study of thoracic axial scans with 16cm wide-detector scanner in triple-rule-out CT angiography

CHEN Yu-huan, HE Tai-ping, JIA Yong-jun, et al. Department of Radiology, Shaanxi University of Traditional Chinese Medicine, Shaanxi 712000, China

【Abstract】 Objective: To investigate the feasibility of using two consecutive axial scans in the triple-rule-out (TRO) examination for chest pain on a 16cm wide-detector CT system. **Methods:** Forty patients with acute chest pain underwent TRO scan and were assigned to study group (Group A, $n=20$) and control group (Group B, $n=20$). Bolus tracking in both groups were used. For Group A, the pulmonary artery, coronary artery and aorta were scanned in succession in axial mode. For Group B, pulmonary artery was scan by helical mode, then the coronary artery was scanned after 7 seconds delay, followed immediately by scanning of aorta in an helical mode. The subjective and objective evaluation of image quality [including CT value and contrast noise ratio (CNR) of the thoracic aorta, pulmonary artery and coronary artery] and effective radiation dose (ED) in the two groups were compared. **Results:** There was no statistical difference in the subjective and objective image quality between the two groups (all $P>0.05$). However, there was significant difference ($t=-3.132, P=0.003$) in total ED between group A and group B [(3.3 ± 1.20) vs $(5.6\pm 0.7)\text{mSv}$], there was 40.3% effective dose reduction when using the two-consecutive axial scanning mode. **Conclusion:** Using two consecutive axial scans in triple-rule-out (TRO) CTA at a 16cm wide-detector CT scanner can reduce radiation dose while maintaining image quality compared with the conventional TRO scanning protocol.

【Key words】 Tomography; X-ray computed; Triple-rule-out; Radiation dose; Angiography; Coronary artery; Pulmonary artery

作者单位:712000 陕西,陕西中医药大学医学技术学院(陈玉环),陕西中医药大学附属医院影像科(贺太平,贾永军,于楠,杨祺);710016 西安,西安长安医院影像科(刘振堂)
作者简介:陈玉环(1989-),女,陕西安康人,硕士研究生,住院医师,主要从事胸部及神经系统影像研究工作。
通讯作者:贺太平, E-mail:htp89956@163.com

胸痛三联征(triple-rule-out, TRO)是指临床上表现为急性胸痛发作的包括急性冠状动脉综合征、肺动脉栓塞和主动脉夹层三种疾病及各种并发症的一类疾病,常发病急骤且严重威胁患者的生命^[1]。胸痛三联

CTA 检查是指一次检查 CT 即能完成肺动脉、冠状动脉及主动脉扫描并显示各种相关病变^[2]。64 排和 128 排 CT 或者双源 CT 应用于胸痛三联检查在临床上已逐步成熟,不管是哪种类型的 CT 机,扫描技术的共同点是采用心电门控全胸部螺旋扫描,由于探测器宽度仅为 4 或者 8 cm、而且时间分辨率较低,故多采用大范围、小螺距扫描方案,扫描的辐射剂量较大^[3-6]。有研究证实,CT 辐射剂量每增加 1 Sv 致癌风险将增加 4.1%^[7]。而且,胸痛三联征具有致死率极高及发病急骤的特点,因此如何在保证图像质量基础上尽可能有效地减低射线剂量,已经成为业内关注的焦点。与窄体探测器 CT 机相比,16 cm 宽探测器 CT 机显著增加了单次旋转扫描的覆盖范围。本研究旨在探讨使用 16 cm 宽探测器 CT 机连续两个心脏轴扫模式在胸痛三联检查中减少辐射剂量的可行性。

材料与方法

1. 一般资料

将 2016 年 11 月—2017 年 2 月本院因急性胸痛就诊并拟行胸痛三联检查的患者纳入研究。病例纳入标准:无碘对比剂过敏;体重指数(body mass index, BMI) < 28.0 kg/m²。排除标准:严重肝肾功能不全者;不能配合检查者。按纳入和排除标准最终共 40 例患者纳入本研究。将所有患者分为 2 组,每组 20 例。A 组中男 11 例、女 9 例;年龄 41~74 岁,平均(56.6±8.2)岁;B 组中男 12 例,女 8 例;年龄 50~91 岁,平均(60.5±13.0)岁。所有患者在 CTA 检查前知情同意并签署知情同意书。

2. 检查方法

使用 GE Revolution 256 层 CT 机和德国 Ulrich 双筒高压注射器。对比剂为碘帕醇(370 mg I/mL),使用对比剂追踪和阈值触发技术。扫描参数:100 kVp, 320~600 mA(智能 mAs 技术),噪声指数(noise index, NI)为 25,重建层厚和间隔为 0.625 mm,转速 0.28 r/s,自动匹配前置多模型迭代重建算法(adaptive statistical iterative reconstruction-VEO, ASIR-V),后置 ASIR-V 权重为 50%。

A 组扫描方案:气管分叉下 1 cm 层面监测降主动脉的 CT 值,阈值设为 220 HU,延迟 1.6~2.2 s 开始扫描,采用 smart coverage 心脏轴扫模式,根据患者的心影大小选择探测器宽度为 12 cm 叠加 16 cm 或者 8 cm 叠加 16 cm,准直器宽度 256i×0.625 mm,一次扫描完成肺动脉、冠状动脉及主动脉成像,两次轴位扫描之间移床时间为 1.4~1.6 s,总扫描时间平均约 3.5 s。扫描范围为胸廓入口处至膈顶水平。对比剂分两期注射:第一期对比剂剂量为 300 mg I/kg,注射时间 12 s;

第二期采用 3.0 mL/s 的流率注射 20 mL 对比剂(图 1)。

B 组扫描方案:气管分叉下 1 cm 监测肺动脉干,阈值设为 100 HU,延迟 2.2~2.5 s 开始扫描,常规三次扫描完成,分别为螺旋扫描肺动脉(范围包括胸廓入口处至膈顶水平、扫描时间 0.8~1.2 s)、心脏轴扫模式扫描冠状动脉(范围包括气管分叉下 1 cm 至心底、扫描时间 0.4~0.7 s)、螺旋扫模式扫描主动脉(范围包括主动脉弓上至膈顶水平、扫描时间 0.7~1.0 s)。其中肺动脉扫描结束,延迟 8~9 s 后开始扫描冠状动脉,冠脉扫描结束后,以最短延迟时间(一般约 2.0 s)开始扫描主动脉,总平均扫描时间 13.0~15.0 s。肺动脉及主动脉螺旋扫描时,探测器宽度为 8 cm,准直器宽度为 128×0.625 mm,螺距为 0.992:1;冠状动脉轴扫选用 cardical 模式探测器宽度依据患者心影大小不同选择 12 cm、14 cm 或 16 mm,转速 0.28 s/r。对比剂剂量 350 mgI/kg,注射时间 14 s(图 1、2)。

3. 图像处理和分析

由专业影像医师分别对两组图像的冠状动脉(选择最佳期相)、肺动脉及主动脉扫描原始数据进行薄层重建,层厚 0.625 mm。将所有重建后数据传入 ADW4.6 工作站。分别采用多平面重组(multi-planar reformation, MPR)、最大密度投影(maximum intensity projection, MIP)、血管树的提取及容积再现(volume rendering, VR)等技术进行图像后处理。

对图像质量的主观和客观评价均由两位有 8 年以上工作经验的 CT 医师共同完成。

客观评价:测量胸主动脉(升主动脉、主动脉弓及降主动脉)、肺动脉(主肺动脉和左、右肺动脉近段)、冠状动脉(右冠状动脉主干、左冠脉前降支及左回旋支近段)、各支冠状动脉所在层面的邻近脂肪以及竖脊肌的 CT 值,计算脂肪和竖脊肌 CT 值的标准差(standard deviation, SD)。测量时尽量避开血管壁、钙化斑块,不同患者之间测量位置相对一致,兴趣区的大小为接近管腔直径的最大径,每个部位测量 3 次取平均值。按照以下公式计算各支血管的对比噪声比(contrast noise ratio, CNR):

$$\text{胸主动脉 CNR} = \frac{\text{胸主动脉 CT 值} - \text{竖脊肌 CT 值}}{\text{竖脊肌 SD}} \quad (1)$$

$$\text{冠状动脉 CNR} = \frac{\text{冠状动脉 CT 值} - \text{脂肪 CT 值}}{\text{脂肪 SD}} \quad (2)$$

$$\text{肺动脉 CNR} = \frac{\text{肺动脉 CT 值} - \text{竖脊肌 CT 值}}{\text{竖脊肌 SD}} \quad (3)$$

主观评价:参考美国心脏病协会(American Heart Association, AHA)制定的 15 节段冠状动脉分段标准对冠状动脉血管进行分段^[8],并采用 5 分法分别对冠状动脉及肺动脉图像质量进行主观评价^[9]。5 分:几

乎无伪影,血管显示清楚,边缘清晰、光滑,与周围软组织对比良好;4分:伪影很少,血管显示基本清楚,边缘基本清晰、光滑,与周围软组织对比基本良好;3分:有少许伪影,血管显示尚可,边缘局部稍模糊,与周围软组织对比尚良好;2分:伪影稍多,血管显示不佳,边缘模糊,与周围软组织对比不佳,较难进行血管评价和诊断;1分:伪影严重,血管显示差,无法进行血管评价和诊断。以得分 ≥ 3 分为满足诊断要求,当观点不同时,两位医师经过协商达成一致意见。其中冠状动脉评分以各节段血管的最低评分作为最终评分,并对各分支血管评分取平均值。

辐射剂量评估:只计算增强扫描过程中的剂量长度乘积(dose length product,DLP)和有效剂量(effective dose,ED),其中 k 值采用欧盟委员会的推荐值 $0.014\text{mSv} \cdot \text{mGy}^{-1} \cdot \text{cm}^{-1}$ [10]。

4. 统计学方法

使用 SPSS 21.0 统计软件进行统计学分析,所得数据结果均采用平均值 $\pm$ 标准差的形式表示。采用独立样本 *t* 检验比较两组的辐射剂量、图像质量客观评价指标及对对比剂用量,采用 Mann-Whitney 秩和检验比较两组图像的主观质量评分。 $P<0.05$ 为差异有统计学意义。

结 果

1. 两组的一般资料

两组受试者的基本临床资料、CT 扫描的辐射剂量和对比剂用量及统计分析结果见表 1。两组间年龄、体重、体重指数和心率的差异均无统计学意义($P>0.05$)。A 组的有效辐射剂量较 B 组降低 40.3%,两组间差异有统计学意义($P<0.01$)。A 组的对比剂用量较 B 组明显减少,两组间对比剂用量的差异有统计学意义($P<0.05$)。

2. 两组的图像质量

两组图像质量的客观评价结果见表 2。两组中主

异均无统计学意义($P>0.05$)。

两组图像质量的主观评分见表 3。A、B 组冠状动脉图像质量的主观评分分别为 3.95 ± 0.50 和 4.20 ± 0.70 ,A 组的图像质量较 B 组略有下降(图 3、4),但两组间差异无统计学意义($P>0.05$)。

表 1 两组患者的临床资料及辐射剂量

指标	A 组	B 组	<i>t</i> 值	<i>P</i> 值
年龄(岁)	56.6 $\pm$ 8.2	60.5 $\pm$ 13.0	-1.087	0.284
体重(kg)	68.8 $\pm$ 8.1	67.1 $\pm$ 11.5	0.539	0.593
体重指数(kg/m ²)	24.16 $\pm$ 3.70	23.54 $\pm$ 2.81	1.025	0.312
心率(次/分)	80.9 $\pm$ 27.4	70.4 $\pm$ 16.7	1.430	0.161
DLP(mGy·cm)	236.9 $\pm$ 83.8	396.8 $\pm$ 47.5	-7.420	<0.001
ED(mSv)	3.30 $\pm$ 1.20	5.56 $\pm$ 0.67	-3.132	<0.001
对比剂用量(mL)	75.8 $\pm$ 6.6	66.8 $\pm$ 10.6	3.665	<0.001

表 2 两组中各支血管的 CT 值和 CNR

指标	A 组	B 组	<i>t</i> 值	<i>P</i> 值
CT 值(HU)				
升主动脉	440.42 $\pm$ 58.25	456.04 $\pm$ 56.20	0.863	0.394
降主动脉	415.90 $\pm$ 77.29	425.00 $\pm$ 52.04	0.481	0.634
主动脉弓	445.73 $\pm$ 47.51	472.46 $\pm$ 50.94	1.716	0.094
RCA 近段	391.88 $\pm$ 58.74	416.49 $\pm$ 63.20	1.276	0.210
LCA 近段	396.31 $\pm$ 62.25	421.91 $\pm$ 59.16	1.333	0.190
主肺动脉	423.85 $\pm$ 95.43	434.30 $\pm$ 46.79	0.440	0.663
左肺动脉	435.51 $\pm$ 93.42	439.98 $\pm$ 37.60	0.199	0.844
右肺动脉	414.21 $\pm$ 62.28	430.93 $\pm$ 40.28	1.009	0.319
CNR				
升主动脉	29.44 $\pm$ 6.11	31.01 $\pm$ 8.21	-0.683	0.498
降主动脉	27.50 $\pm$ 7.30	29.32 $\pm$ 9.57	-0.076	0.503
主动脉弓	30.73 $\pm$ 6.61	31.49 $\pm$ 7.71	-0.332	0.742
RCA 近段	39.51 $\pm$ 12.93	32.73 $\pm$ 11.75	1.737	0.091
LCA 近段	39.34 $\pm$ 15.68	31.43 $\pm$ 12.61	1.758	0.087
主肺动脉	31.46 $\pm$ 9.10	29.86 $\pm$ 10.33	0.519	0.607
左肺动脉	32.17 $\pm$ 9.99	30.37 $\pm$ 9.35	0.588	0.560
右肺动脉	31.28 $\pm$ 9.24	28.43 $\pm$ 6.84	0.607	0.275

表 3 冠状动脉及肺动脉的主观评分结果

血管分支	A 组	B 组	<i>Z</i> 值	<i>P</i> 值
右冠状动脉	4.20 $\pm$ 0.60	4.20 $\pm$ 0.70	-0.314	0.753
左冠状动脉	3.70 $\pm$ 0.40	4.20 $\pm$ 0.70	-1.086	0.278
主肺动脉	3.90 $\pm$ 0.60	4.10 $\pm$ 0.64	-1.215	0.224
左肺动脉	3.90 $\pm$ 0.60	4.06 $\pm$ 0.61	-1.014	0.397
右肺动脉	3.87 $\pm$ 0.66	4.0 $\pm$ 0.45	-0.991	0.298

讨 论

胸痛三联征指以胸痛、呼吸困难和咯血三个临床表现为主的临床综合征,起病急骤,症状缺乏特异性。在急诊患者中约占 5%~20% [11],尤其是以胸痛为主要临床表现的严重致死性疾病,如急性心肌梗死、肺动脉栓塞和主动脉夹层等,为明确诊断,必要的辅助检查不可忽视。随着 CT 设备的不断发展,TRO“一站式”检查为无创性血管成像技术,能较好地同时显示肺动脉、主动脉及冠状动脉的各种病变,逐渐广泛应用于临床,但传统窄体探测器 CT

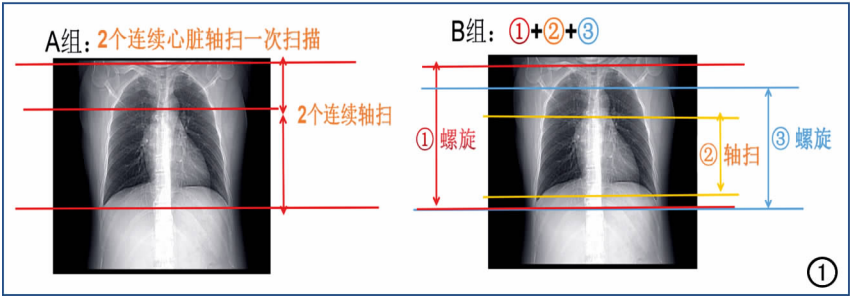


图 1 a) 实验组扫描方案示意图,通过两个连续轴位扫描一次完成胸痛三联扫描的图像;b) 对照组扫描方案示意图,胸痛三联常规扫描方案,即 3 次扫描:肺动脉螺旋扫描+心脏轴扫+主动脉螺旋扫描的图像。

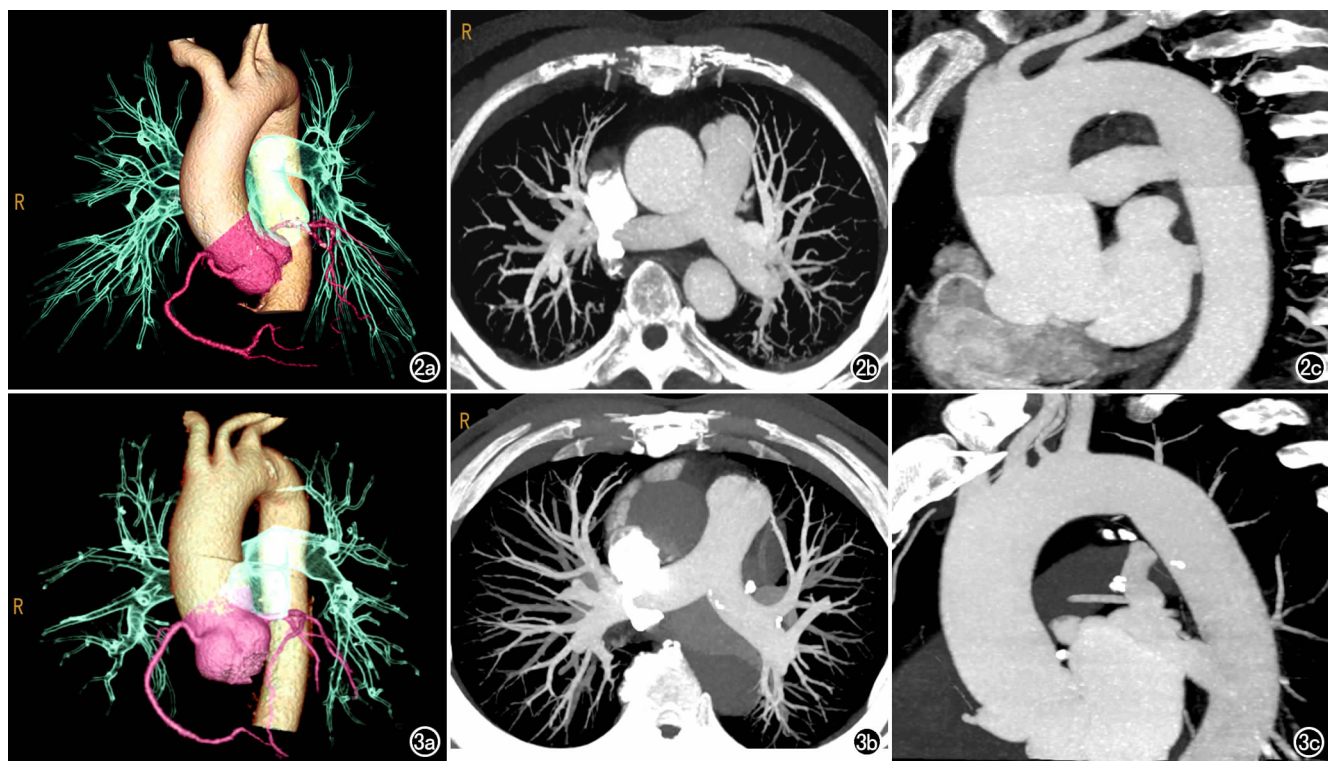


图2 患者,男,59岁,胸痛三联常规扫描方案,肺动脉及左、右冠状动脉评分分别为5分、5分和4分。a) VR图像; b) 轴位 MIP 图像; c) 矢状位 MIP 图像。 图3 患者,男,63岁,扫描方案为连续两次轴扫法,肺动脉及左、右冠状动脉评分分别为4分、4分和4分。a) VR 图像; b) 轴位 MIP 图像; c) 矢状位 MIP 图像。

机在完成TRO检查时,通常采用全门控螺旋扫描模式,具有扫描时间较长、辐射剂量较大等缺点,限制了其临床应用^[12-13]。

本研究中采用的256层CT机具有16cm超宽探测器,可以实现一个在心动周期内扫描范围覆盖整个心脏^[14]。同时采用最新的迭代重建算法ASIR-V,可以显著降低辐射剂量^[15]。本研究中采用全轴扫模式,并通过持续低流率注射对比剂来保证肺动脉内维持较高CT值,一次扫描即可完成肺动脉、冠状动脉及主动脉成像。

本研究中的对照组(B组)采用常规扫描方案,即分三次扫描来完成肺动脉、冠状动脉及主动脉成像。相比于传统的窄体探测器,因16cm宽体探测器CT机的时间分辨率较高,可以在14.0s左右完成TRO扫描,从而显著降低了辐射剂量和缩短了扫描时间。本研究中对照组的平均辐射剂量为 (5.56 ± 0.67) mSv,显著低于目前大多数文献报道的TRO检查的辐射剂量(约9.1 mSv)^[16]。

本研究中实验组(A组)采用连续两次心脏轴位扫描的模式,平均时间仅约3.5s即能完成扫描,且能得到与常规扫描方案(B组)相似的肺动脉、冠状动脉及主动脉成像效果,各支血管的CT值、CNR及图像质量主观评分结果均无明显差异,而辐射剂量却从

5.56 mSv进一步降低至3.30 mSv,降低程度达到了约40.3%。笔者认为,达到这种效果的主要原因有以下两个方面:首先是两组曝光范围的差异,A组中两次扫描的范围相对于解剖结构是连续的,没有重复扫描的部分;而B组中分三次扫描,肺动脉扫描时同时也覆盖了冠状动脉及主动脉,主动脉扫描时也覆盖了冠状动脉。另外,虽然本研究中B组三次扫描的总辐射剂量较其它的窄体探测器CT扫描显著减低,但相对于A组的全轴扫模式,由于其肺动脉及主动脉采用螺旋扫描,而螺旋扫描的成像方式决定了扫描过程中存在同一解剖部位重复曝光(over-scan)的问题,所以辐射剂量较A组增加。

本研究中实验组的对比剂注射方案中,第二期采用3.0 mL/s的低流率持续注射对比剂的方法来取代注射生理盐水的传统方法,以确保主动脉及肺动脉在扫描全程中能持续显影,对比剂总量为 (75.78 ± 6.58) mL,高于B组的对比剂用量 $[(63.45 \pm 11.01)$ mL],但相对于以往传统TRO扫描方案,其对比剂用量还是明显减少的。在Haidary等^[17]及Johnson等^[18]采用64排和双源CT机的类似研究中,对比剂分别用量为130~164 mL。于淑靖等^[19]使用320排640层动态容积CT进行胸痛三联检查时对比剂用量也达到了80~90 mL。

本研究存在一定的局限性:首先,病例数较少,且未纳入过低和过高体重者;其次,两种检查方法对冠状动脉病变的诊断敏感性和特异性未与 DSA 检查结果进行对照分析;此外,A 组扫描方案中因扫描过程中肺循环内含有一定量的对比剂而导致肺静脉显影,考虑到完全减少肺静脉的影像在技术上存在一定困难^[20],且其对肺栓塞的诊断影响较小,在能明显减少受检者辐射剂量这一优势下仍值得临床推广。

在 TRO 检查中,本研究所提出的采用 16 cm 宽体探测器 CT 进行连续两个轴位扫描的方案与需三次扫描的常规方案相比,在图像质量有保障的情况下可以显著降低辐射剂量,临床可行性高,值得推广。

参考文献:

- [1] Ghersin E, Litmanovich D, Dragu R, et al. 16-MDCT coronary angiography versus invasive coronary angiography in acute chest pain syndrome: a blinded prospective study[J]. AJR, 2006, 186(1): 177-184.
- [2] Johnson TR, Nikolaou K, Becker A, et al. Dual-source CT for chest pain assessment[J]. Eur Radiol, 2008, 18(4): 773-780.
- [3] 赵磊, 包丽丽, 王泽锋, 等. 64 层螺旋 CT 胸痛三联排查扫描的新扫描协议设计与可行性研究: 全主动脉、冠状动脉与肺动脉一站式成像[J]. 放射学实践, 2016, 31(11): 1066-1070.
- [4] Gallagher MJ, Raff GL. Use of multislice CT for the evaluation of emergency room patients with chest pain: the so-called "triple rule-out"[J]. Catheterizat Cardiovasc Intervent, 2010, 71(1): 92-99.
- [5] Haidary A, Bis K, Vrachliotis T, et al. Enhancement performance of a 64-slice triple rule-out protocol vs. 16-slice and 10-slice multidetector CT-angiography protocols for evaluation of aortic and pulmonary vasculature[J]. J Comput Assist Tomogr, 2007, 31(6): 917-923.
- [6] Fernández DVA, Delgado SC, Oca PR, et al. High pitch CT in triple rule-out studies: radiation dose and image quality compared to multidetector CT[J]. Radiología, 2015, 57(5): 412-418.
- [7] Mayo JR, Aldrich J, Muller NL, et al. Radiation exposure at chest CT: a statement of the Fleischner Society[J]. Radiology, 2003, 228(1): 15-21.
- [8] Wong DTL, Soh SY, Ko BSH, et al. Superior CT coronary angiography image quality at lower radiation exposure with second generation 320-detector row CT in patients with elevated heart rate: a comparison with first generation 320-detector row CT[J]. Heart Lung Circulat, 2013, 22(Supple 4): S198-S198.
- [9] Hong C, Becker CR, Huber A, et al. ECG-gated reconstructed multi-detector row CT coronary angiography: effect of varying trigger delay on image quality[J]. Radiology, 2001, 220(3): 712-717.
- [10] Akai H, Kiryu S, Shibata E, et al. Reducing CT radiation exposure with organ effective modulation: A retrospective clinical study[J]. Eur J Radiol, 2016, 85(9): 1569-1573.
- [11] 程祝忠, 温志鹏, 许国辉, 等. 多层螺旋 CT 血管成像胸部三联检查在急性胸痛诊断中的临床应用[J]. 西部医学, 2013, 25(12): 1875-1878.
- [12] Valle AFD, Sánchez-Gracián CD, Pernas RO, et al. High pitch CT in triple rule-out studies: radiation dose and image quality compared to multidetector CT[J]. Radiología, 2015, 57(5): 412-418.
- [13] Ayaram D, Bellolio MF, Murad MH, et al. Triple rule-out computed tomographic angiography for chest pain: a diagnostic systematic review and meta-analysis[J]. Acad Emerg Med, 20(9): 861-871.
- [14] 梁俊福, 王辉, 徐磊, 等. 256 层 CT 单个心动周期冠状动脉成像在高心率患者中应用的可行性研究[J]. 中华放射学杂志, 2017, 51(2): 108-113.
- [15] 张卓璐, 刘卓, 綦维维, 等. 基于多模型的迭代重建算法在胸部低剂量 CT 筛查中的应用[J]. 中国介入影像与治疗学, 2015, 12(11): 691-695.
- [16] Burris AC, Boura JA, Raff GL. Triple rule out versus coronary CT angiography in patients with acute chest pain: results from the ACIC Consortium[J]. Cardiovasc Imaging, 2015, 8(7): 817-825.
- [17] Kim HS, Kim SM, Cha MJ, et al. Triple rule-out CT angiography protocol with restricting field of view for detection of pulmonary thromboembolism and aortic dissection in emergency department patients: simulation of modified CT protocol for reducing radiation dose[J]. Acta Radiol, 58(5): 521-527.
- [18] Johnson TR, Nikolaou K, Becker A, et al. Dual-source CT for chest pain assessment[J]. Eur Radiol, 2008, 18(4): 773-780.
- [19] 马国军, 于淑靖, 何翔, 等. 320 排 640 层动态容积 CT 在急性胸痛检查中的初步探讨[J]. 中国医药导刊, 2011, 13(10): 1663-1664.
- [20] 张谷青, 陈月芹, 孙新海, 等. 双源 CT 肺动脉成像在肺动脉栓塞诊断中的应用价值[J]. 放射学实践, 2011, 26(2): 190-193.

(收稿日期: 2017-10-15 修回日期: 2017-12-24)