

论 著

自动管电压选择技术(CARE KV)对急性胸痛三联征CTA图像质量及辐射剂量影响的研究*

姜文龙¹ 王 帅¹ 吴志斌¹
张崴琪¹ 杨 艺¹ 李笑石^{2,*}

1.空军军医大学附属西京医院放射科

(陕西 西安 710032)

2.陕西省西安大兴医院医学影像科

(陕西 西安 710016)

【摘要】目的 探究宽体探测器急性胸痛三联征CTA检查管中,自动管电压选择技术(CARE KV)对图像质量及辐射剂量的影响,探究低辐射剂量在胸痛三联征一站式CTA检查中的应用。方法 收集2020年2月至2021年10月在我院急诊或门诊因胸痛怀疑患有急性冠状动脉综合征、肺栓塞或主动脉夹层的患者90人。所有患者均进行胸痛三联征计算机断层扫描血管造影(CTA)检测。其中45名患者采用了CARE KV技术进行扫描,编为A组;其余45名患者采用常规管电压加自动管电流技术编为B组。对所有的患者冠状动脉、肺动脉及主动脉分别进行进行主观图像质量评价并记录计算所有患者的辐射剂量值;结果 A组冠状动脉共785段(25段未纳入统计),B组冠状动脉共783段(27段未纳入统计),两组冠状动脉主观图像质量在1-3级分别为776段(98.85%)、779段(99.48%);两组肺动脉各1395段,A组评价在1-2级有1358段,B组评价在1~2级有1367段;两组主动脉各135段,两组主动脉评价全部都在1-2级;上述结果两组对比均无显著性差异($P>0.05$)整体辐射剂量统计A组显著低于B组,差异有统计学意义($P<0.05$)。结论 应用CARE KV与自动管电流技术进行低剂量胸痛三联征CTA扫描,图像质量可满足急性胸痛患者诊断需要,同时显著降低了辐射剂量。

【关键词】体层摄影术;X线计算机断层扫描;胸痛三联征;肺动脉栓塞;主动脉夹层;急性冠状动脉综合征

【中图分类号】R445.3

【文献标识码】A

【基金项目】中国红十字会基金会“影响西北公益行”之ICON科研基金项目(XM_HR_ICON_2020_10)
陕西省重点研发计划项目合同(任务)(2019SF-036)

DOI:10.3969/j.issn.1672-5131.2023.04.035

Effects of CARE KV on CTA Image Quality and Radiation Dose of Triple Examination in the Diagnosis of Acute Chest Pain*

JIANG Wen-long¹, WANG Shuai¹, WU Zhi-bin¹, ZHANG Wei-qi¹, YANG Yi¹, LI Xiao-shi^{2,*}.

1.Department of Radiology XiJing hospital, Xi'an 710032, Shaanxi Province, China

2.Department of Radiology DaXing hospital. Xi'an 710016, Shaanxi Province, China

ABSTRACT

Objective To explore the effect of CARE KV on image quality and radiation dose in the CTA triple examination in the diagnosis of acute chest pain, and to explore the application of low radiation dose in one-stop CTA examination of chest pain triad. **Methods** A total of 90 patients suspected of having acute coronary syndrome, pulmonary embolism or aortic dissection due to chest pain in the emergency department or outpatient department of our hospital from February 2020 to October 2021 were collected. All patients underwent chest pain triad computed tomography angiography (CTA). Among them, 45 patients were scanned by the CARE KV technique, and were grouped as group A; the remaining 45 patients were scanned by conventional tube voltage (100Kvb) plus automatic tube current technology, and were grouped as group B. Subjective image quality evaluation was performed on coronary artery, pulmonary artery and aorta of all patients, and the radiation dose value of all patients was recorded and calculated; **Results** There were 785 segments of coronary arteries in group A (25 segments were not included in the statistics), and there were 783 segments in group B (27 segments were not included in the statistics). The subjective image quality of the coronary arteries in the two groups was 776 segments (98.85) in grades 1-3, respectively. %) and 779 segments (99.48%), with no significant difference ($P>0.05$); each of the two groups had 1395 segments (495 central segments and 900 peripheral segments), and group A had 1358 segments in grades 1-2 (There were 100% of the central 495 segments and 95.89% of the peripheral 863 segments), and there were 1367 segments in the 1-2 grades (100% of the central 495 segments and 96.89% of the peripheral 872 segments) in group B, and there was no significant difference ($P>0.05$); There were 135 segments in the aorta, and the evaluation of the aorta in the two groups were all in grades 1-2; the overall radiation dose statistics of group A was significantly lower than that of group B, and the difference was statistically significant ($P<0.05$). **Conclusion** Using CARE KV and automatic tube current technology for low-dose chest pain triad CTA scan, the image quality can meet the diagnostic needs of patients with acute chest pain, and the radiation dose can be significantly reduced.

Keywords: Tomography; X-ray Computed Tomography; Chest Pain Triad; Pulmonary Embolism; Aortic Dissection; Acute Coronary Syndrome

急性冠脉综合征(acute coronary syndrome, ACS)、主动脉夹层(aortic dissection, AD)和肺动脉栓塞(pulmonary embolism, PE)被称为急性胸痛征的三大凶险疾病,也被称为胸痛三联征(chest pain triple-rule-out, TRO)^[1]。在实际临床急诊接诊应用中,TRO的误诊率和病死率较高,而临床表现也比较接近,包括胸痛、咳血、心悸、呼吸急促等^[2]。而通过临床指标,例如患者病史、基线生化指标、心电图结果等通常不能准确进行鉴别。而超声检查往往无法有效检出AD和PE^[3]。

随着多层螺旋技术的快速发展,计算机断层血管造影(computed tomography angiography, CTA)技术得以广泛应用于TRO影像学诊断^[4]。宽体探测器、高时间分辨率、双球管双探测器技术逐步应用与临床,目前一次CTA的扫描即可完成冠状动脉、肺动脉、主动脉三个部位的采集^[5]。

一站式CTA检查中,有效的降低辐射剂量是近年来业界关注的重点。根据2021年《中国急性胸痛三联征多层螺旋CT检查技术专家共识》(后文简称《专家共识》)的推荐^[6],使用自动管电流技术可以有效降低胸痛三联征的辐射剂量,但是对于智能管电压的配合选择并没有做过多的提及。本研究将评估应用智能最佳管电压(CARE kv)技术配合自动管电流调节技术(CARE Dose 4D),在胸痛三联征一站式CTA检查中的图像质量和诊断效能,并与常规一站式扫描辐射剂量对比,评价临床应用的价值。

1.资料与方法

1.1 一般资料 选取本院2020年1月至2021年12月60例急诊收治的因胸痛待查而进行TRO一站式CTA扫描的患者,按照性别分配法进行预分组,每组患者年龄比例一致,均为男21例,女9例。采用两种方法进行扫描:CARE kv+ CARE Dose 4D技术编为A组,常规方案扫描组编为B组。A组年龄37~69岁,平均年龄(52.21±8.60)岁,BMI22.31~3.05kg/m²,平均BMI(23.09±3.90)kg/m²。B组年龄41~77岁,平均年龄(53.21±9.30)岁,BMI范围21.55~3.50kg/m²,平均BMI(22.79±2.01)kg/m²。患者纳入标准:急诊收治且有TRO临床表现、通过超声或实验室检查无法准确排除患者是否为ACS、PE或者AD且临床高度怀疑可能存在三种疾病中至少一种、有家属陪同且意识清醒

【第一作者】姜文龙,男,主管技师,主要研究方向:CT、MR扫描技术。E-mail: 979780837@qq.com

【通讯作者】李笑石,男,主管技师,主要研究方向:CT、MR扫描与后处理重建。E-mail: weishenshuying@163.com

同意接受CTA检查。排除标准：严重心肺肝肾功能不全、对碘对比剂过敏、甲状腺功能亢进未治愈者、意识不清、心率大于75次bpm的患者。

1.2 检查设备与方法 使用西门子第二代双源CT(SOMATOM Definition Flash CT)进行扫描。两组扫描流程均按照《专家共识》的推荐对患者进行检查^[3]：采用仰卧位头先进体位，先进行正、侧定位像扫描。扫描范围主动脉弓上3.0cm至膈肌心底部层面，流速范围(3.5~4.0mL/s)，对比剂用量范围为60~80mL，对比剂浓度350mgI/mL，按照BMI选用对比剂用量及流速，同时启动注射对比剂与扫描方案，扫描完成之后以相同速率注射30mL生理盐水。通过对比剂跟踪技术开启扫描模式，感兴趣ROI直径3mm，置于主动脉根部，对比剂触发阈值120HU。通过前瞻性心电门控轴扫描方式进行冠状动脉采集。

扫描参数设置：两组均采用相同的CARE Dose 4D自动管电流设置，A组采用CARE kV自动选择最佳管电压，B组采用《专家共识》推荐的100kV管电压。其余扫描参数一致：冠状动脉部分采用前瞻式心电门控技术，采集期相75%，重叠时间100ms；FOV160mm~220mm，准直64mm×0.625mm，层厚0.625mm，层间距0.625mm，转速0.33s/r，矩阵512×512。由系统自动重建最佳期相，如冠状动脉图像出现剧烈运动伪影，可再手动调整合适的重建期相。

1.3 图像处理 所得原始数据均传送至数坤CoronaryDoc 1171.1171人工智能冠状动脉后处理工作站，进行冠状动脉图像后处理，由人工智能算法自动重建出最大密度投影(maximumintensitypro ection, MIP)图像、多维平面重建(multiplanarre Construction, MPR)图像、容积重建(volumerendering, VRT)图像和曲面重建(curved planar reconstruction, CPR)图像。

再将原始数据传送至syngo.via vb20后处理工作站，进行肺动脉与胸主动脉的图像后处理。肺动脉与胸主动脉的重建采用人工重建MIP、MPR、VRT及CPR图像。

1.4 主观图像质量评价 由两名高年资影像科医师采用双盲法结合重建的多类型重建图像，对所有CTA图像质量进行综合分级评价。

冠状动脉：人工智能工作站会根据美国心脏病协会推荐的18段分段标准对冠状动脉进行分段^[7]，设置闭塞血管及远端不计入分析。每段采用Likert4级评分法进行打分^[8]，1-3级的图像可以满足临床诊断需求，具体评价标准如下：1级：边界清晰，无伪影和中断。2级：有轻度伪影，边界轻微模糊；3级：有中度伪影，节段连续；4级：管腔及管壁显示不清，走行连续性中断，出现阶梯状伪影。

肺动脉：采用中央与外周血管分段法^[9]，中央大肺动脉为11段，外周小肺动脉为20段，共31段。主动脉：采用De-Bakey分型^[10]分为3段，分别为升主动脉、主动脉弓、降主动脉。

肺动脉与主动脉的图像质量评价一致，均采用3级评分法，1~2级的图像可以满足临床诊断需求。具体评价标准如下：1级：血管轮廓清晰无伪影，管壁清晰无模糊影。2级：血管轮廓显示较清晰，伪影较少，管壁略模糊。3级：血管轮廓显示不清，有严重伪影或造影剂充盈不佳，无法判断管腔内情况。

1.5 辐射剂量 系统自动记录每例患者检查时的容积剂量指数(CT dose volume index, CTDIvol)和剂量长度乘积(dose length product, DLP)。根据公式 $ED(mSv)=k \times DLP$ 计算有效剂量(effective dose, ED)，换算因子 $k=0.014$ ^[11]。

1.6 统计学分析 所有数据采用SPSS 26.0软件包进行统计分析。有测量数据均用($\bar{x} \pm s$)表示。主观统计评价一致性采用Kappa检验。符合正态分布的连续变量如患者对比剂及辐射质量比较等采用t检验，不符合正态分布的连续变量比较采用非参数检验。 $P<0.5$ 认为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 冠状动脉图像主观质量评价 A组冠状动脉共785段(其中有25段因远端闭塞或发育异常未纳入统计)，B组冠状动脉共783段(27段未纳入统计)，两组冠状动脉主观图像质量在1~3级分别为776段

(98.85%)、779段(99.48%)，无显著性差异($P>0.05$)，见表1。

2.2 肺动脉图像主观质量评价 两组肺动脉均为1395段，其中中央段495段，外周段900段，A组评价在1~2级有1358段(97.35%)，中央段有495段(100%)、外周段有863段(95.89%)；B组评价在1-2级有1367段(97.99%)，其中中央段495段(100%)、外周段有872段(96.89%)。两组图像在肺动脉中央段的图像均全部能完成临床诊断。而在肺动脉外周段的统计中，两组图像无统计学差异($P>0.05$)，见表2~表3：

2.3 主动脉图像主观质量评价 两组图像主动脉均为135段，两组评价都在1-2级，图像质量无显著差异($P>0.05$)，见表4。

2.4 辐射剂量统计 A组辐射剂量较B组明显减低，结果有显著性差异($P<0.05$)，平均参数与辐射剂量详见表5。

综上，应用CARE KV与自动管电流技术，进行胸痛三联征CTA扫描，降低了辐射剂量的同时图像质量无明显下降。

表1 冠状动脉主观图像质量评价(A组n=785, B组n=783)

	A组	B组	χ^2	P
1级	699(89.04%)	698(89.15%)	0.00649	0.9358
2级	67(8.55%)	72(9.19%)	0.197	0.6570
3级	10(1.26%)	9(1.15%)	0.0532	0.8175
4级	9(1.15%)	4(0.51%)	1.938	0.1639
1-3级	776(98.85)	779(99.48)	0.00	1.00

表2 肺动脉中央段主观图像质量评价(n=495)

	A组	B组	χ^2	P
1级	451(89.04%)	455(89.15%)	0.208	0.6484
2级	44(8.55%)	40(9.19%)	0.208	0.6484
3级	0(0)	0(0)	/	/
1-2级	495(100%)	495(100%)	/	/

表3 肺动脉外周段主观图像质量评价(n=900)

	A组	B组	χ^2	P
1级	652(72.44%)	673(74.78%)	1.261	0.2615
2级	211(23.44%)	199(22.11%)	0.455	0.5002
3级	37(4.12%)	28(3.11%)	1.292	0.2557
1-2级	863(95.89%)	872(96.89%)	1.292	0.2557

表4 主动脉主观图像质量评价(n=135)

	A组	B组	χ^2	P
1级	133(98.52%)	131(97.04%)	0.679	0.4098
2级	2(1.48%)	4(2.96%)	0.679	0.4098
3级	0(0)	0(0)	/	/
1-2级	135(100%)	135(100%)	/	/

表5 辐射剂量统计表(n=45)

	A组	B组	t	P
CTDIvol	13.39±0.77LmGy	19.62±2.12LmGy	18.529	<0.0001
DLP	299.30±21.33mGycm	361.10±30.68mGycm	11.095	<0.0001
ED	4.18±0.20mSv	5.054±0.30mSv	16.178	<0.0001

3 讨论

胸痛三联征中的三种疾病ACS、PE、AD均具有较高的致死率，其特点是发病时间快、临床表现接近^[12]，而实验室检查也无法逐一确定。在医学影像学中，ACS、PE、AD的CTA扫描具有很高的临床意义。如果逐一进行冠状动脉、肺动脉及主动脉的CTA检查，不仅耽误患者治疗时间，其辐射剂量也严重超过安全辐射剂量的要求值。随着多排螺旋CT技术的进步，使得仅通过一次检查即可得到三个器官的CTA^[13]。

本研究使用的第二代双源CT中的CARE KV智能自动管电压选择技术，该技术可以根据预定的检查序列和噪声参考值，依据定位像的宽度在扫描前计算出80kV、100kV和120kV三种管电压模式下管电流的矫正基准变化曲线，并且在预扫描前评估辐射剂量CTDIvol值和DLP值，配合CARE Dose 4D管电流调节技术自动优化最佳的管电压与管电流搭配比值^[14]。

本次实验中A、B两组在冠状动脉、肺动脉和主动脉的图像质量评估中均无显著性差异，详见图1~图2。A、B组冠状动脉CTA图像

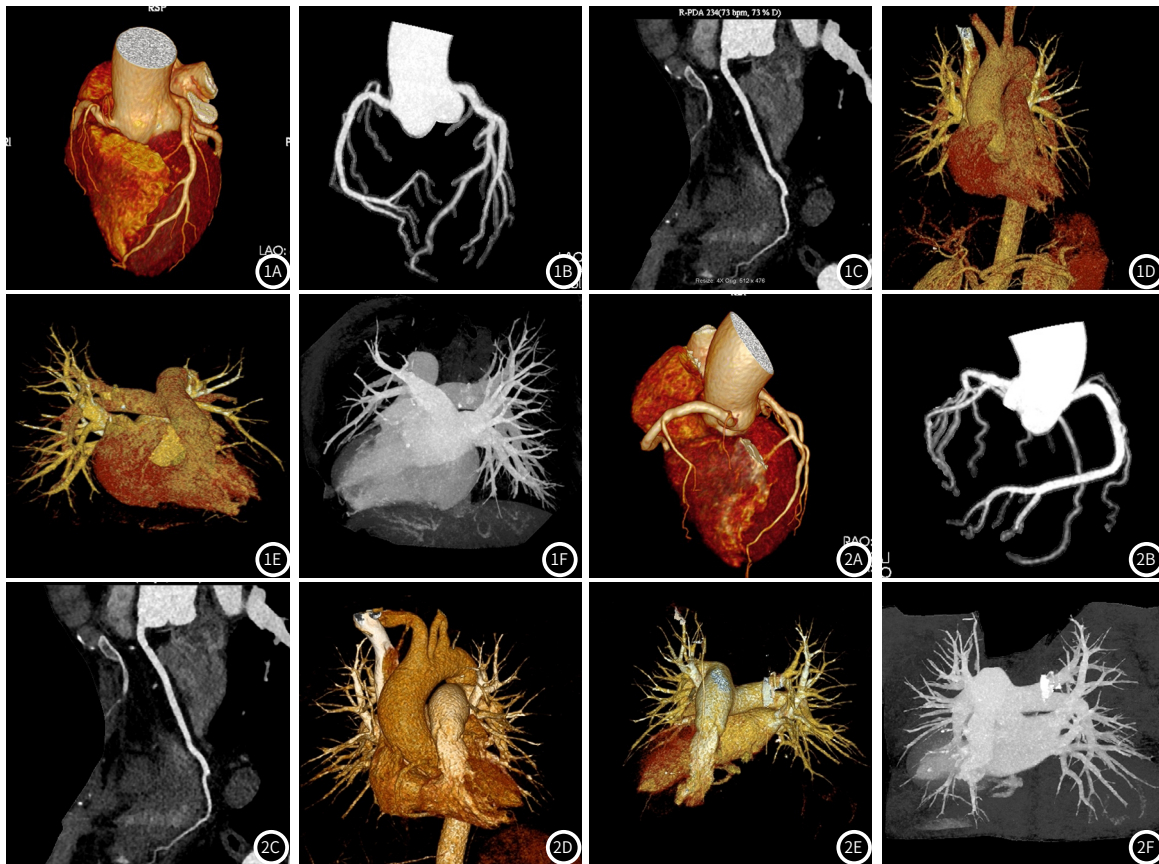


图1A~图1F A组,男,59岁,心率66~69次/分,BMI23.52kg/m²,胸痛、气短行CTA检查。冠状动脉、肺动脉及胸主动脉均未见异常,图像主观质量评价:1级。图1A:冠状动脉VR图像;图1B:冠状动脉树最大密度投影;图1C:冠状动脉CPR图像;图1D:升、胸主动脉VR图;图1E:肺动脉VR图;图1F:肺动脉最大密度投影图。图2A~图2F B组,女,61岁,心率71~73次/分,BMI20.96kg/m²,胸痛,心悸行CTA检查。冠状动脉前降支7段轻度狭窄,余肺动脉及胸主动脉未见异常,图像主观质量评价:冠状动脉及主动脉1级,肺动脉2级。图2A:冠状动脉VR图像;图2B:冠状动脉树最大密度投影;图2C:冠状动脉CPR图像;图2D:升、胸主动脉VR图;图2E:肺动脉VR图;图2F:肺动脉最大密度投影图。

能满足临床诊断需求的比例分别为98.85%和99.48%、在冠状动脉图像质量中,由于对入组患者进行了心率筛选,故而两组图像质量均较高。根据《专家共识》的推荐,为保证图像质量的客观性和试验成功率,仅心率选择了小于75bpm的患者入组。而在我院实际临床工作中,心率大于等于75bpm的急诊患者如需进行胸痛三联征扫描,则会使用回顾性心电门控进行冠状动脉部分的扫描,回顾性心电门控的辐射剂量和扫描方式均与前瞻性不同,在使用CARE KV及CARE Dose 4D进行调节时系统参考的基准变化曲线也会不同^[15-16],在后续的实验中,会针对心率较高及波动较大的患者进一步探究。而在肺动脉和胸主动脉的图像质量评价中,中央肺动脉和胸主动脉的图像质量全部能完成临床诊断需求,外周肺动脉对比中有较小的差距,A组为95.89%;B组为96.89%。与冠状动脉的情况类似,外周肺动脉在两组间的图像质量差距也较小,B组略高但无显著性差距。在B组中,仅开启了CARE Dose 4D管电流调节技术,而管电压设置为《专家共识》推荐的100kV,而A组依靠CARE KV技术,45例患者中有21例被自动设置为80kV,20例被设置为100V,4例被设置为120kV,而管电流也相应自动调整,整体辐射剂量降低。B组的平均辐射剂量ED降低率较A组达到了17.29%[(B组ED-A组ED)/B组ED],因此可以看出,CARE KV技术可以在牺牲极小部分图像质量情况下,获得更高的辐射剂量减低率,患者的总体收益率较高。

本研究的局限性,首先是病例数量较小,共计90例患者中有血管变异或特殊病变的案例较少,对总体研究无法产生统计学影响。其次是对血管的评价仅做了主观打分评估,没有进行客观数据测量。CARE KV与CARE Dose 4D相互作用的调节是否会对多器官CTA扫描噪声值产生影响还不得而知,根据国外相关研究^[17-18],CARE KV在进行冠状动脉成像中可以有效均一BMI过高或者过低患者的平均噪声值^[19]。在接下来的实验中,将会对CARE KV技术对于胸痛三联征检查客观数据的影响做进一步研究和统计。

3 结论

应用CARE KV与CARE Dose 4D进行低剂量胸痛三联征CTA扫描,可以在不影响图像质量的前提下,显著降低了辐射剂量,值

得在临床中应用。

参考文献

- [1] Ayaram D, Bellolio M F, Murad MH, et al. Triple rule-out computed tomographic angiography for chest pain: A diagnostic systematic review and meta-analysis. Acad Emerg Med. 2013 Sep; 20(9): 861-71.
- [2] 闫莉, 王梅云, 徐其岭. 低剂量对比剂对胸痛三联征患者一站式CT扫描图像质量的影响[J]. 实用医学影像学杂志, 2021, 22(06): 604-607.
- [3] 程璐, 王琦, 吴奇华. 胸痛三联扫描技术的临床应用价值[J]. 影像研究与医学应用, 2021, 5(3): 53-54.
- [4] 邓星星. 分析与探讨GE Revolution CT胸腹联合胸痛三联CT血管造影(CTA)扫描对急诊胸痛患者心血管病诊断的价值[J]. 现代医学影像学, 2020, 29(09): 1699-1700+1718.
- [4] 马丁. 分析胸痛三联征CT检查技术优化及辐射剂量控制[J]. 西藏医药, 2021, 42(06): 18-20.
- [5] 杨修靖, 张艳. 胸痛联合胸腹三联CT血管造影对急诊胸痛患者心血管疾病诊断的价值分析[J]. 实用心脑血管病杂志, 2021, 29(S1): 204-206.
- [6] 急性胸痛三联征多层螺旋CT检查技术专家共识[J]. 中华放射学杂志, 2021, 55(01): 12-18.
- [7] Writing Committee Members, Lawton J S, Tamis-Holland JE, Bangalore S. 2021 ACC/AHA/SCAI Guideline for Coronary Artery Revascularization: A Report of the American College of Cardiology/American Heart Association Joint Committee on Clinical Practice Guidelines. J Am Coll Cardiol. 2021 Dec 7; S0735-1097(21)06158-1.
- [8] Miricic A, Atkinson J A. Comparison of Parametric and Non-Parametric Methods Applied to a Likert Scale. Pharmacy (Basel). 2017 May 10; 5(2): 26.
- [9] Zhou C, Chan H P, Sahiner B, et al. Automatic multiscale enhancement and segmentation of pulmonary vessels in CT pulmonary angiography images for CAD applications. Med Phys. 2007 Dec; 34(12): 4567-77.
- [10] 范金铭, 于佳宁, 李佳珊, 等. 主动脉夹层不同DeBakey分型患者病史及临床特征比较分析[J]. 中国医学科学杂志, 2020, 10(18): 164-167.
- [11] 张晓东, 郭小超, 王霄英. 体型特异性剂量估计的最新概念及临床应用[J]. 中国医学影像学杂志, 2016, 32(12): 1822-1826.
- [12] 张志方, 姚国库, 王书强, 等. 双低CT血管造影在胸痛三联征患者中的可行性分析[J]. 中国CT和MRI杂志, 2021, 19(05): 4-6.
- [13] 张记清, 王凤仙, 华莉, 等. 低剂量优化扫描模式在急性胸痛患者三联征检查中的应用研究[J]. 临床放射学杂志, 2020, 39(07): 1337-1341.
- [14] 胡仕北, 周鹏, 何长久, 等. CareDose 4D联合Care KV对CT肺部磨玻璃密度结节图像质量影响的体模研究[J]. 中华放射医学与防护杂志, 2019(7): 534-538.
- [15] 赵海波, 罗煥江, 廖明壮, 等. 双源CT 70与120 kV不同CARE Dose 4D预设值下图像质量的对比研究[J]. 医疗卫生装备, 2019, 40(2): 56-59.
- [16] 马桂娜, 江奇琦, 韩萍, 等. SAFIRE重建联合CARE KV技术在主动脉CT低剂量成像中的临床应用[J]. 临床放射学杂志, 2018, 37(10): 1755-1759.
- [17] Bebbington N A, Jørgensen T, Dupont E, et al. Validation of CARE KV automated tube voltage selection for PET-CT: PET quantification and CT radiation dose reduction in phantoms. EJNMMI Phys. 2021 Mar 20; 8(1): 29. doi: 10.1186/s40658-021-00373-8. PMID: 33743091; PMCID: PMC7981373.
- [18] Yang B, Li Z L, Gao Y, et al. Image quality evaluation for CARE KV technique combined with iterative reconstruction for chest computed tomography scanning. Medicine (Baltimore). 2017 Mar; 96(11): e6175.
- [19] 龙光峰, 林平, 李国华, 等. 智能最佳管电压 (CAREKV) 技术改善腹部CT图像质量和辐射剂量的价值[J]. 罕少疾病杂志, 2016, 23(4): 52-54, 57.

(收稿日期: 2022-03-08) (校对编辑: 姚丽娜)