

论 著

心房颤动患者导管消融术不同管电流CT扫描方案对患者辐射剂量影响研究*

海洪勃 朴成浩* 于冬梅
方 亮 邱志伟 赵琳琳
沈阳医学院附属第二医院放射科
(辽宁 沈阳 110035)

【摘要】目的 研究心房颤动患者导管消融术不同管电流电子计算机断层扫描(CT)扫描方案对患者辐射剂量的影响。方法 回顾性分析2020年7月至2022年11月于我院进行导管消融术治疗的133例心房颤动患者临床资料,根据患者胸部CT扫描管电流水平将其分为微管电流组(管电流为30mAs)、低管电流组(管电流为50mAs)、中管电流组(管电流为100mAs)和高管电流组(管电流为200mAs),四组例数分别为30例、37例、34例、32例。记录四组患者辐射剂量[CT剂量指数(CTDI)、CT剂量长度乘积(DLP)、有效辐射剂量(ED)]、客观图像质量[CT值、对比噪声比(CNR)、信噪比(SNR)]、主观图像质量[解剖结构显示、噪声、图像清晰度]、左心房(LA)直径、LA憩室显示率、肺静脉(PV)解剖变异显示率。结果 四组辐射剂量比较差异有统计学意义($P<0.05$),其中微管电流组CTDI、DLP、ED均低于低、中、高管电流组($P<0.05$),低管电流组CTDI、DLP、ED均低于中、高管电流组($P<0.05$),中管电流组CTDI、DLP、ED均低于高管电流组($P<0.05$)。微管电流组LA、左上肺静脉(LSPV)及右上肺静脉(RSPV)的CT值、SNR、CNR均低于低、中、高管电流组($P<0.05$),低、中、高管电流组LA、LSPV及RSPV的CT值、SNR、CNR比较差异均无统计学意义($P>0.05$)。微管电流组解剖结构显示、噪声及图像清晰度评分均低于低、中、高管电流组($P<0.05$),低、中、高管电流组解剖结构显示、噪声及图像清晰度比较差异均无统计学意义($P>0.05$)。微管电流组LA直径、LA憩室显示率及PV解剖变异显示率均低于其他三组($P<0.05$),低、中、高管电流组LA直径、LA憩室显示率及PV解剖变异显示率比较差异均无统计学意义($P>0.05$)。结论 与100mAs、200mAs管电流相比,心房颤动患者导管消融术采用50mAs管电流CT扫描辐射剂量明显较少,所获图像质量也能够达到相关标准。

【关键词】心房颤动;导管消融术;电子计算机断层扫描;管电流;辐射剂量;图像质量
【中图分类号】R445.3
【文献标识码】A
【基金项目】辽宁省重点研发项目(2017225061);辽宁省沈阳市卫生健康委员会课题(2021012)
DOI:10.3969/j.issn.1672-5131.2024.01.025

Study on the influence of Different Tube Current CT Scanning Protocols on Radiation Dose in Patients with Atrial Fibrillation*

HAI Hong-bo, PIAO Cheng-hao*, YU Dong-mei, FANG Liang, QIU Zhi-wei, ZHAO Lin-lin.
Department of Radiology, The Second Affiliated Hospital of Shenyang Medical College, Shenyang 110035, Liaoning Province, China

ABSTRACT

Objective To study the effect of different tube current computed tomography (CT) scanning protocols on radiation dose in patients with atrial fibrillation. **Methods** The clinical data of 133 patients with atrial fibrillation who underwent catheter ablation in our hospital from July 2020 to November 2022 were retrospectively analyzed. According to the tube current level of chest CT scan, patients were divided into microtube current group (tube current is 30mAs), low tube current group (tube current is 50mAs), medium tube current group (tube current is 100mAs) and senior management current group (tube current is 200mAs), with 30 cases, 37 cases, 34 cases and 32 cases respectively. Radiation dose [CT dose index (CTDI), CT dose length product (DLP), effective radiation dose (ED)], objective image quality [CT value, contrast-noise ratio (CNR), signal-to-noise ratio (SNR)], subjective image quality [anatomical structure display, noise, image definition], left atrium (LA) diameter, LA diverticulum were recorded in the four groups of patients Display rate, display rate of pulmonary vein (PV) anatomic variation. **Results** The difference of radiation dose between the four groups was statistically significant ($P<0.05$). CTDI, DLP and ED in the microtube current group were lower than those in the low, medium and senior management current groups ($P<0.05$), and CTDI, DLP and ED in the low tube current group were lower than those in the middle and senior management current groups ($P<0.05$). CTDI, DLP and ED in middle tube current group were lower than those in senior management current group ($P<0.05$). The CT values, SNR and CNR of LA, left superior pulmonary vein (LSPV) and right superior pulmonary vein (RSPV) in microtube current group were lower than those in low, medium and senior management current groups ($P<0.05$), but there were no significant differences in CT values, SNR and CNR of LA, LSPV and RSPV in low, medium and senior management current groups ($P>0.05$). The anatomical structure display, noise and image clarity scores of microtube current group were lower than those of low, medium and senior management current groups ($P<0.05$), but there were no significant differences in anatomical structure display, noise and image clarity among low, medium and senior management current groups ($P>0.05$). The LA diameter, LA diverticulum display rate and PV anatomical variation display rate in the microtube current group were lower than those in the other three groups ($P<0.05$). There were no significant differences in the LA diameter, LA diverticulum display rate and PV anatomical variation display rate in the low, medium and senior current groups ($P>0.05$). **Conclusion** Compared with 100mAs and 200mAs tube current, the radiation dose of CT scan with 50mAs tube current in catheter ablation for patients with atrial fibrillation is significantly lower, and the image quality obtained can also meet relevant standards.

Keywords: Atrial Fibrillation; Catheter Ablation; Electronic Computed Tomography; Tube Current; Radiation Dose; Quality of Image

心房颤动是指心房活动失常而使其机械功能发生恶化的一类心律失常,该病发生率较高,且与年龄有关,随着年龄增长,出现心房颤动的风险也增高^[1-2]。调查显示,全球约有3350万人因心房颤动而出现心悸、胸闷等症状,许多患者可并发心功能不全、肺栓塞等严重并发症,生命安全受到重大威胁^[3-4]。导管消融术为目前临床治疗心房颤动的主要方法,是在患者左心房(LA)、肺静脉(PV)近心端、冠状窦、二尖瓣等位置进行导管标测和消融,以纠正心房颤动^[5]。由于PV在心房颤动触发过程中具有非常重要的作用,加之心房颤动患者多存在LA、PV结构异常,如LA增大、LA憩室,而LA容积大小与其电位重构密切相关,故而需采用电子计算机断层扫描(CT)进行左心房肺静脉成像,了解LA和PV的解剖和形态信息,评估患者LA、PV的解剖关系,以指导心房颤动患者进行导管消融治疗。通常情况下,胸部CT扫描使用的管电流为150~300mAs,能够获得高质量的图像,有利于诊断病情,但也存在辐射剂量过大、对人体损害大的问题,而减少辐射剂量,所获得的图像质量也会相应下降^[6-7]。故而,在保证扫描所获有效图像质量的基础上,降低辐射剂量,是亟需解决的问题。辐射理论表示,辐射剂量大小与管电流水平存在正相关性,调节管电流大小可以控制CT扫描时的辐射剂量^[8]。本次研究探讨导管消融术不同管电流CT扫描方案对心房颤动患者辐射剂量及图像质量的影响,以期在减少CT扫描辐射剂量的同时,能够保证所获图像质量满足临床诊断条件。

1 资料与方法

1.1 一般资料 回顾性分析2020年7月至2022年11月于我院进行导管消融术治疗的133例心房颤动患者临床资料。

纳入标准:符合心房颤动诊断标准,满足射频消融治疗要求^[9];体质指数

【第一作者】海洪勃,男,副主任技师,主要研究方向:CT血管造影技术相关研究与CT检查技术的教学。E-mail: haihongboly@126.com

【通讯作者】朴成浩,男,主任医师,主要研究方向:各系统常见疾病CT诊断和磁共振诊断,心血管影像及人工智能方向。E-mail: doctor_pch163.com

(BMI)≤28kg/m²；临床资料完整。排除标准：合并其他类型心律失常；妊娠与哺乳期女性；凝血功能障碍；合并全身性感染；合并器质性心脏病，如扩张型心肌病、心肌梗死等，或有严重动脉粥样硬化；存在甲状腺亢进等甲状腺疾病；心房内存在血栓。根据患者胸部CT扫描管电流水平将其分为微管电流组(管电流为30mAs)30例、低管电流组(管电流为50mAs)37例、中管电流组(管电流为100mAs)34例和高管电流组(管电流为200mAs)32例。

1.2 方法 患者检查前禁食6h-8h，采用东软512层螺旋CT，检查前取下身上佩戴的金属物件，取仰卧位，双手自然放于身体两侧，平静呼吸，头先进，扫描范围由气管分叉下5mm至心脏膈面下1cm。低管电流组管电流为50mAs，中管电流组管电流为100mAs，高管电流组管电流为200mAs。其他扫描参数：管电压120kV，准直器宽度256×0.625mm，螺距0.16，重建层厚0.625mm，矩阵512×512。采用双筒高压注射器注射对比剂碘佛醇320mgI/mL，对比剂总量为80mL，右肘前静脉注入，对比剂注射速率为5mL/s，追加生理盐水30mL，注射速率为5mL/s，扫描采用智能跟踪触发方法，在注射开始10s后进行同层低剂量跟踪扫描，当对比剂到达靶血管(一般为主动脉层面)启动扫描，扫描时间为12-15s。

1.3 图像分析和评价 由CT室2位经验丰富的影像主治医师进行独立阅片，阅片时各医师均不知所阅CT影像为哪组，独立阅片后做出综合诊断。若2位医师意见不一，则共同讨论后定论。

1.4 结果评估 (1)统计四组LA直径、LA憩室显示率、PV解剖变异显示率。(2)记录四组患者扫描时CT剂量指数(CTDI)、CT剂量长度乘积(DLP)，辐射剂量采用CTDI、DLP和有效辐射剂量(ED)评估，其中ED=DLP×k，k=0.014mSv/mGy·cm^[10]。(3)客观图像质量评估：记录两组LA和左上PV(LSPV)、右上PV(RSPV)平均CT值、信噪比(SNR)及对比噪声比(CNR)，其中SNR=CT/噪音值。(4)采用5分法评估主观图像质量，评估内容包括解剖结构显示、噪声、图像清晰度。5分：解剖结构显示清晰，噪声极小，图像清晰度高；4分：解剖结构显示较为清晰，噪声较小，图像清晰度较高；3分：解剖结构显示有些模糊，噪声尚可，图像清晰度一般；2分：解剖结构显示辨识度低，噪声大，图像不清晰。1分：解剖结构显示模糊，噪声极大，图像模糊无法分辨。

1.5 统计学分析 所有数据经SPSS 26.0软件分析，计数资料n(%)采用χ²检验；计量资料采用($\bar{x} \pm s$)表示，多组间比较采用F检验，两两比较行独立样本t检验，P<0.05为差异有统计学意义。

2 结 果

2.1 四组临床资料比较 四组患者一般资料无显著差异(P>0.05)，见表1。

表1 四组临床资料比较

组别	例数	性别(男/女)	年龄(岁)	BMI(kg/m ²)	高血压[n(%)]
微管电流组	30	18/12	63.55±6.78	23.92±2.01	10(33.33)
低管电流组	37	23/14	63.27±6.94	23.84±2.07	12(32.43)
中管电流组	34	20/14	61.88±7.02	24.11±1.95	12(35.29)
高管电流组	32	18/14	63.65±6.75	24.03±2.11	11(34.38)
F		0.258	0.533	0.160	0.072
P		0.968	0.589	0.853	0.995

2.2 四组辐射剂量比较 四组辐射剂量比较差异显著(P<0.05)，其中微管电流组CTDI、DLP、ED均低于低管电流组、中管电流组和高管电流组(P<0.05)，低管电流组CTDI、DLP、ED均低于中管电流组和高管电流组(P<0.05)，中管电流组CTDI、DLP、ED均低于高管电流组(P<0.05)，见表2。

2.3 四组客观图像质量比较 四组客观图像质量比较差异显著(P<0.05)，其中微管电流组LA、LSPV及RSPV的CT值、SNR、CNR均低于低管电流组、中管电流组和高管电流组(P<0.05)，而其他三组LA、LSPV及RSPV的CT值、SNR、CNR比较差异均无统计学意义(P>0.05)，见表3。

表2 四组辐射剂量比较

组别	例数	CTDI(mGy)	DLP(mGy·cm)	ED(mSv)
微管电流组	30	2.04±0.38 ^{abc}	61.82±5.57 ^{abc}	0.92±0.08 ^{abc}
低管电流组	37	3.25±0.43 ^{ab}	107.47±10.82 ^{ab}	1.50±0.16 ^{ab}
中管电流组	34	6.39±0.51 ^a	205.64±21.13 ^a	2.88±0.27 ^a
高管电流组	32	11.82±1.17	408.55±29.62	5.67±0.39
F		1106.302	1727.821	1898.512
P		0.000	0.000	0.000

注：与高管电流组比较，^aP<0.05；与中管电流组比较，^bP<0.05；与低管电流组比较，^cP<0.05。

表3 四组客观图像质量比较

组别	例数	CT值(HU)			SNR			CNR		
		LA	LSPV	RSPV	LA	LSPV	RSPV	LA	LSPV	RSPV
微管电流组	30	358.72±19.62 ^{abc}	367.55±18.83 ^{abc}	351.49±18.43 ^{abc}	8.29±1.18 ^{abc}	10.04±1.22 ^{abc}	9.28±1.20 ^{abc}	8.43±1.12 ^{abc}	8.70±1.15 ^{abc}	9.35±1.14 ^{abc}
低管电流组	37	402.50±20.47	405.73±18.95	400.72±19.04	10.41±1.11	11.28±1.07	10.74±1.16	10.29±1.13	10.48±1.06	10.62±1.05
中管电流组	34	406.82±19.44	408.43±20.06	403.14±19.23	10.67±1.13	11.52±1.01	10.97±1.08	10.57±1.06	10.60±1.02	10.73±1.01
高管电流组	32	410.36±20.15	413.52±19.76	409.08±18.96	10.95±1.05	11.79±0.97	11.22±1.04	10.84±1.00	10.75±0.99	10.86±1.02
F		67.799	52.958	84.834	49.444	21.156	24.499	38.300	30.776	18.398
P		0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000

注：与高管电流组比较，^aP<0.05；与中管电流组比较，^bP<0.05；与低管电流组比较，^cP<0.05。

2.4 四组主观图像质量比较 四组主观图像质量比较差异显著(P<0.05)，其中微管电流组解剖结构显示、噪声及图像清晰度评分均低于低管电流组、中管电流组和高管电流组(P<0.05)，而其他三组解剖结构显示、噪声及图像清晰度比较差异均无统计学意义(P>0.05)，见表4。

2.5 四组LA及PV解剖相关指标比较 微管电流组LA直径、LA憩室显示率及PV解剖变异显示率均低于其他三组(P<0.05)，其他三组LA直径、LA憩室显示率及PV解剖变异显示率比较差异均无统计学意义(P>0.05)，见表5。

表4 四组主观图像质量比较

组别	例数	解剖结构显示	噪声	图像清晰度
微管电流组	30	3.75±0.42 ^{abc}	3.58±0.41 ^{abc}	3.62±0.39 ^{abc}
低管电流组	37	4.10±0.37	4.13±0.38	4.06±0.40
中管电流组	34	4.18±0.33	4.16±0.36	4.11±0.38
高管电流组	32	4.28±0.29	4.24±0.30	4.22±0.32
F		2.499	0.887	1.652
P		0.087	0.415	0.197

注：与高管电流组比较，^aP<0.05；与中管电流组比较，^bP<0.05；与低管电流组比较，^cP<0.05。

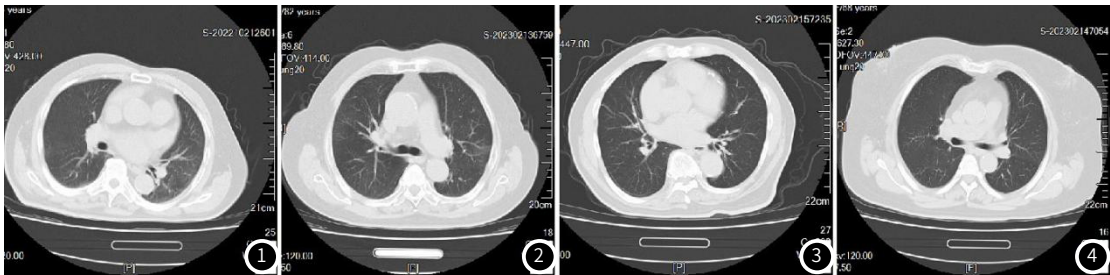


图1-图4 分别是管电流为30mAs、50mAs、100mAs、200mAs的CT影像图

表5 四组LA及PV解剖相关指标比较

组别	例数	LA直径(mm)	LA憩室显示率[n(%)]	PV解剖变异显示率[n(%)]
微管电流组	30	47.22±6.48	3(10.00)	2(6.67)
低管电流组	37	53.71±5.93 ^a	13(35.14) ^a	11(29.73) ^a
中管电流组	34	53.64±6.11 ^a	13(35.29) ^a	11(32.35) ^a
高管电流组	32	54.08±6.27 ^a	12(37.50) ^a	11(34.38) ^a
F/ x ²		17.041	7.968	7.907
P		0.000	0.047	0.048

注：与微管电流组比较，^aP<0.05。

3 讨论

当前，临床治疗心房颤动多主张使用导管消融术，该手术是在LA与PV间进行电学隔离，以阻断心房颤动异常传导束及起源点。通常PV是由心脏后部汇入到LV，当PV出现解剖变异，且于导管消融治疗过程中为心房颤动触发灶或是起源点，则容易造成导管消融手术失败^[11-12]，因此需在术前准确评估患者LA、PV解剖情况。CT技术的迅速发展使得其在胸部各类疾病诊治中的应用越来越多，CT扫描也被用于心房颤动患者导管消融术中，CT成像能够提供较为满意的LA、PV影像，进行组织结构定位，协助治疗^[13]。然而CT扫描所需时间较长，该时间段内会产生较多的辐射，会损害患者身体。调查显示，全球每年因CT检查产生的辐射所引发的不良反应发生率也呈现升高趋势^[14]，已成为CT检查关注要点。因此，降低CT扫描辐射剂量，是当前采用CT诊断病情所探索的重要内容。考虑到辐射剂量与图像质量密切相关，故而需要在不影响图像质量基础上尽可能减少辐射剂量，顺利完成病情诊断。在多种可能会减少辐射剂量的方案中发现，限制管电流水平可以有效减少辐射剂量^[15-16]。不过对于低辐射CT扫描及保障图像质量时，管电流水平大小尚具有争议。本次研究采用多组对照分析在所获图像质量满足病情诊断时心房颤动患者导管消融术CT扫描最低管电流。

本次研究所观察的管电流大小为200mAs、100mAs、50mAs和30mAs，其他扫描参数相同，比较不同大小管电流CT扫描的辐射剂量，显示在低、中、高管电流组三组中，低管电流组CTDI、DLP、ED均低于中、高管电流组(P<0.05)，中管电流组CTDI、DLP、ED均低于高管电流组(P<0.05)，且高管电流组ED水平接近低管电流组的4倍，中管电流组ED水平接近低管电流组的2倍，而三组主观与客观图像质量比较结果显示，其主观图像质量(CT值、CNR及SNR)及客观图像质量(解剖结构显示、噪声及图像清晰度)比较差异均无统计学意义(P>0.05)，表明当管电流为50mAs时，不仅能够明显减小辐射剂量，同时还可以获得有效的图像质量，不会对临床诊治产生不利影响。对比不同管电流组LA及PV解剖相关指标，显示低、中、高管电流组LA直径、LA憩室显示率及PV解剖变异显示率比较差异均无统计学意义(P>0.05)，提示低管电流(50mAs)扫描方案对LA和PV解剖结构显示效果与中、高管电流组一致，能够有效评估心房颤动患者导管消融术前对LA和PV解剖情况。而尽管微管电流组CTDI、DLP、ED均低于低、中、高管电流组(P<0.05)，但微管电流组主观与客观图像质量也均低于其他三组(P<0.05)，该管电流条件下的解剖结构显示有些模糊，噪声尚可，图像清晰度一般，对LA直径、LA憩室显示率及PV解剖变异显示率均低于其他三组(P<0.05)，用于心房颤动患者导管消融术，容易影响术者判断。因此笔者认为，在心房

颤动患者导管消融术CT扫描时，要达到辐射剂量最低的同时图像质量完全不受影响，管电流大小选择50mAs最佳。陈国伟^[17]对比了50mAs和100mAs管电流在肺部CT扫描中的情况，显示50mAs管电流可以达到与100mAs管电流相同的图像质量。与100、200mAs管电流相比，50mAs管电流明显较小，图像质量却未受到明显影响，可能是因为低对比分辨率会随着管电流大小出现明显变化，但高对比分辨率所受影响较轻，CT扫描时影像噪声增大，减小管电流可以减轻噪声影响，使得所获图像能够达到疾病观察条件，在满足图像质量的同时还能显著降低辐射剂量，减轻辐射对患者产生的影响。不过这种管电流减小程度是有限的，超出范围时图像质量也会受影响。

综上所述，对比100mAs、200mAs管电流，心房颤动患者导管消融术采用50mAs管电流CT扫描辐射剂量明显较少，且其所获图像质量也能达到相关标准。本次研究也存在一定不足，选取的样本量较少，可能会对研究结果准确性产生一定偏倚，且管电流选择范围较大，没有分析管电流在30~50mAs间的图像质量，后续可扩大样本数量、进一步细分管电流水平，在保证图像质量的基础上找到最佳管电流大小，将辐射剂量减至最低。

参考文献

[1]董敏,徐蕾,何清华,等.老年缺血性脑卒中合并心房颤动及冠心病患者的6年预后随访研究[J].中国全科医学,2021,24(17):2148-2156.

[2]秦越.老年慢性心力衰竭患者合并心房颤动后心脏结构变化及相关因素分析[J].罕少疾病杂志,2023,30(1):39-40.

[3]王昱琪,刘佳丽,徐攀高,等.通脉养心丸治疗心房颤动临床观察[J].中国循证心血管医学杂志,2020,12(8):988-995.

[4]王宁,秦利,孟剑,等.急性脑梗死静脉溶栓疗效的影响因素分析[J].罕少疾病杂志,2023,30(9):29-30.

[5]张晶,郝应禄,李燕萍,等.STSF导管结合消融指数在阵发性心房颤动射频消融术中的应用[J].临床心血管病杂志,2020,36(5):468-471.

[6]刘丹丹,牛延涛.不同扫描中心结合自动管电流调制技术和自动管电压调制技术在CT扫描中对辐射剂量影响的模体研究[J].中华放射医学与防护杂志,2018,38(8):621-625.

[7]宋婷妮,李真林,赵俐红,等.低管电流能谱单能量结合多模型自适应统计迭代重组算法技术对头颅CT血管成像图像质量及辐射剂量影响:体模与临床研究[J].中华放射学杂志,2019,53(11):998-1004.

[8]王忠德,刘金丰,刘海龙,等.低管电流联合窄窗、迭代重建技术在降低CCTA成像辐射剂量中的应用价值[J].中国CT和MRI杂志,2019,17(3):79-82.

[9]林秋珍,韩冰,刘启明.心房颤动诊断管理指南更新解读[J].临床心血管病杂志,2021,37(5):485-488.

[10]梁永超,莫夏萍,邓德茂,等.头颈部CTA中预测的剂量优化研究——“三低”联合窄准直器宽度的应用效果[J].临床放射学杂志,2018,37(1):143-147.

[11]Calkins H,Hindricks G,Cappato R,et al.2017 HRS/EHRA/ECAS/APHRS/SOLAECE expert consensus statement on catheter and surgical ablation of atrial fibrillation:executive summary[J].Journal of Interventional Cardiac Electrophysiology,2017,50(6):275-444.

[12]Mörtlseil D,Arbello E,Dagres N,et al.Cryoballoon vs.radiofrequency ablation for atrial fibrillation:a study of outcome and safety based on the ESC-EHRA atrial fibrillation ablation long-term registry and the Swedish catheter ablation registry[J].Europace,2018,21(4):581-589.

[13]郑岩,张进,郑洁.双层探测器光谱CT在胸部疾病的应用进展[J].中国CT和MRI杂志,2023,21(5):177-179.

[14]胡梅,何长久,毛泓奎,等.低碘对比剂摄入量在降低胸部增强CT扫描患者不良反应发生率中的应用[J].肿瘤预防与治疗,2019,32(10):889-893.

[15]蒋子健,覃夏丽,黄福灵,等.低剂量管电流联合SAFIRE技术在胸部CT体检中的应用[J].广西医科大学学报,2019,36(6):878-881.

[16]常蕊,杨晓昭,孔德艳,等.不同管电压、管电流扫描方案联合KARL迭代重建在新型冠状病毒肺炎疫情期间胸部CT筛查中的应用研究[J].诊断学理论与实践,2020,19(2):182-187.

[17]陈国伟.不同管电流VHRCT在肺部健康体检中的应用[J].医学影像学杂志,2019,29(4):687-690.

(收稿日期:2022-12-20) (校对编辑:姚丽娜)