

论 著

低剂量胸部CT联合smooth算法重组对冠状动脉钙化的评估价值*

王淑颖 陈 馨*

四川省中西医结合医院医学影像科
(四川 成都 610000)

【摘要】目的 探讨低剂量胸部CT联合smooth算法重组对冠状动脉钙化评估的临床价值。方法 选取2020年10月至2022年11月本院收治的70例冠状动脉钙化患者的一般资料进行回顾性分析。患者均开展心电门控CT平扫(ECG-gated CT)和非门控胸部低剂量CT扫描(Low-dose computed tomography, LDCT),并将其设为A组和B组,其中B组每个患者图像都分别采用smooth、standard、sharp三种算法重组,再依次设为B1组、B2组、B3组。比较两位放射科医师对四组图像质量主观评价(背景噪声、整体图像质量评分)的一致性以及A、B1、B2、B3组图像质量的主观和客观指标情况和A、B组CT辐射剂量情况。结果 两位放射科医师对A组、B1组、B2组、B3组背景噪声评分结果ICC分别为0.779、0.775、0.752、0.772,对整体图像质量评分结果ICC分别为0.854、0.856、0.873、0.810;B1组背景噪声、整体图像质量评分与A组相比较差异不显著($P>0.05$),但B2组和B3组与A组背景噪声、整体图像质量评分比较均有明显差异($P<0.05$);与A组相比较,B1、B2、B3组噪声值均较高($P<0.05$),且B1组噪声值均小于B2、B3组($P<0.05$);与A组相比较,B1、B2、B3组CNR、SNR值均较低($P<0.05$),且B1组CNR、SNR值均大于B2、B3组($P<0.05$);与A组相比较,B组CTDIvol、DLP、ED剂量均较低($P<0.05$)。结论 将低剂量胸部CT扫描配合smooth算法重组应用于冠状动脉钙化的评估中,可获得较高的主观和客观图像质量,具有较高的临床应用价值,值得推广和使用。

【关键词】冠状动脉钙化;低剂量胸部CT;smooth算法;应用价值

【中图分类号】R543.3; R445.3

【文献标识码】A

【基金项目】四川省科技计划项目(21YYJC06610)

DOI:10.3969/j.issn.1672-5131.2025.05.022

Value of Low-dose Chest CT Scanning Combined with Smooth Algorithm Recombination for the Evaluation of Coronary Artery Calcification*

WANG Shu-ying, CHEN Xin*

Department of Medical Imaging, Sichuan Integrative Medicine Hospital, Chengdu 610000, Sichuan Province, China

ABSTRACT

Objective To investigate the clinical value of low dose chest CT scanning combined with smooth algorithm recombination in the evaluation of coronary artery calcification. **Methods** The general data of 70 patients with coronary artery calcification admitted to our hospital from October 2020 to November 2022 were retrospectively analyzed. All the patients were subjected to ECG gated CT and non-gated chest Low-dose computed tomography (LDCT), and they were divided into group A and Group B. The images of each patient in group B were reassembled by smooth, standard and sharp algorithms, and then set as group B1, B2 and B3. The consistency of the subjective evaluation (background noise, overall image quality score) of the four groups by two radiologists was compared, as well as the subjective and objective indicators of the image quality of groups A, B1, B2 and B3 and the CT radiation dose of groups A and B. **Results** Two radiologists scored the ICC of background noise of group A, B1, B2 and B3 as 0.779, 0.775, 0.752 and 0.772, and scored the ICC of overall image quality as 0.854, 0.856, 0.873 and 0.810, respectively. There were no significant differences in background noise and overall image quality scores between group B1 and group A ($P>0.05$), but there were significant differences in background noise and overall image quality scores between group B2 and B3 and group A ($P<0.05$). Compared with group A, the noise values of groups B1, B2 and B3 were higher ($P<0.05$), and the noise values of group B1 were lower than those of B2 and B3 ($P<0.05$). Compared with group A, the CNR and SNR values in groups B1, B2 and B3 were lower ($P<0.05$), and the CNR and SNR values in group B1 were higher than those in groups B2 and B3 ($P<0.05$). Compared with group A, the doses of CTDIvol, DLP and ED in group B were lower ($P<0.05$). **Conclusion** The application of low dose chest CT scan combined with smooth algorithm recombination in the evaluation of coronary artery calcification can obtain higher subjective and objective image quality, and has high clinical application value, worthy of promotion and use.

Keywords: Coronary Artery Calcification; Low-dose Chest CT; Smooth Algorithm; Application Value

心血管疾病又被称为循环系统疾病。根据流行病学的调查研究结果显示,随着我国老龄化程度的日益加剧,心血管疾病的发病率不断攀升,并具有较高的致残率和死亡率,已成为威胁人类健康和生命安全的主要公共卫生问题^[1]。其中冠状动脉钙化是指血管壁上出现钙盐沉积,可造成管腔狭窄或堵塞,也是动脉粥样硬化即心血管疾病发生的早期征象,故早期对冠状动脉钙化予以诊断在心血管疾病的防治工作中具有十分重要的意义^[2]。目前临床上将CT血管造影术(CTA)作为诊断冠状动脉钙化的“金标准”,但CTA扫描前需注射造影剂,且检查时产生的电离辐射,可能会对患者的肾脏功能、内分泌系统造成不利影响,因而临床在疑似冠心病且一般检查无法确诊时往往采用CTA以明确冠脉病变情况,较少情况下将其作为首要检查^[3]。非门控低剂量胸部CT(LDCT)检查是近年来广泛应用于早期肺癌筛查的一种影像学检查方式,能在开展肺癌筛查的同时评估患者冠状动脉钙化情况,形成一站式评价肺部与心血管疾病,提高疾病筛查效率^[4]。有报道称^[5],低剂量的胸部CT图像重建的主要方法为应用于图像域的基于统计模型的迭代算法,即迭代算法的使用可对图像的质量产生一定的影响。但既往推荐的全模型迭代重组(IMR)等在基层医院的适用性和推广性较差。基于此,本次实验将进一步探讨低剂量胸部CT扫描配合smooth算法重组用于冠状动脉钙化评估的临床价值,现作如下报道。

1 资料与方法

1.1 一般资料 选取2020年10月至2022年11月本院收治的70例冠状动脉钙化患者的一般资料进行回顾性分析。其中男38例,女32例,年龄38-76岁,平均年龄(57.02±8.55)岁,BMI指数:22.46-23.51 kg/m²,平均BMI指数(22.98±3.44)kg/m²。

纳入标准:均行CTA检查,符合冠状动脉钙化的诊断标准;BMI指数<30 kg/m²;家属签署知情同意书。排除标准:精神异常;有心脏手术史;有冠状动脉支架置入的情况;临床资料不完整;心率过快、心率波动大或心肺功能较差者;因剧烈运动心脏伪影较重,影响图像质量者。

1.2 方法

1.2.1 CT检查 采用GE Optima CT660型64排CT机开展CT检查:患者行仰卧位,在两次心脏跳动时间间隔,即心脏R-R间期的65%时,应用前瞻性心电触发序列采集,从患者的气管分叉处的内面,向上凸起的纵膈处至心脏膈面(下面)进行水平扫描,其中参数设

【第一作者】王淑颖,女,副主任医师,主要研究方向:医学影像学。E-mail: 690875781@qq.com

【通讯作者】陈 馨,女,副主任医师,主要研究方向:肿瘤性疾病诊断。E-mail: 22968959@qq.com

置：管电流40mAs。然后指导患者吸气后屏气，进行非门控的胸部CT扫描，分别应用柔和算法(smooth)、标准算法(standard)、锐利算法(sharp)重组图像。参数设置：管电流20mAs，重组间隔、矩阵、旋转时间、视野(FOV)分别为0.7mm、514×514、0.34s、350mm×350mm，均使用滤波反投影重建算法。其中心电前瞻性触发扫描方式设为A组，非门控的胸部CT扫描设为B组，B组中smooth、standard、sharp三种算法重组再依次设为B1组、B2组、B3组。

1.2.2 图像分析 由有丰富临床经验的高年资放射科医师进行阅片。典型图像见图1A~1D。图像质量分析主要包括：(1)背景噪声：评分标准为：噪声小，且不会对图像质量和疾病诊断产生影响计1分；噪声中等，且不会对图像质量和疾病诊断产生影响计2分；噪

声严重，会对图像质量和疾病诊断产生影响计3分。(2)图像质量：图像能非常清晰显示出冠状动脉钙化计1分；图像能较为清晰显示出冠状动脉钙化计2分；图像有轻微模糊的情况，但不会对冠状动脉钙化的诊断造成影响计3分；图像模糊情况严重，且会对冠状动脉钙化的诊断产生影响计4分。

应用工作站CAD系统测量图像数据：冠状动脉起始部水平的主动脉根部设为感兴趣区域(ROI)，对其CT值予以测定，并将其标准差($SD_{\text{主动脉根部}}$)作为图像噪声。同时将同层面左主干周围的心包内脂肪CT值作为背景，计算出对比噪声比(CNR)= $(CT_{\text{主动脉根部}} - CT_{\text{心包脂肪}}) / SD_{\text{主动脉根部}}$ 和信噪比(SNR)= $CT_{\text{主动脉根部}} / SD_{\text{主动脉根部}}$ 。

记录患者扫描时单位体积所接受的辐射平均剂量(CTDIvol)、剂量长度乘积(DLP)及有效辐射剂量(ED)。

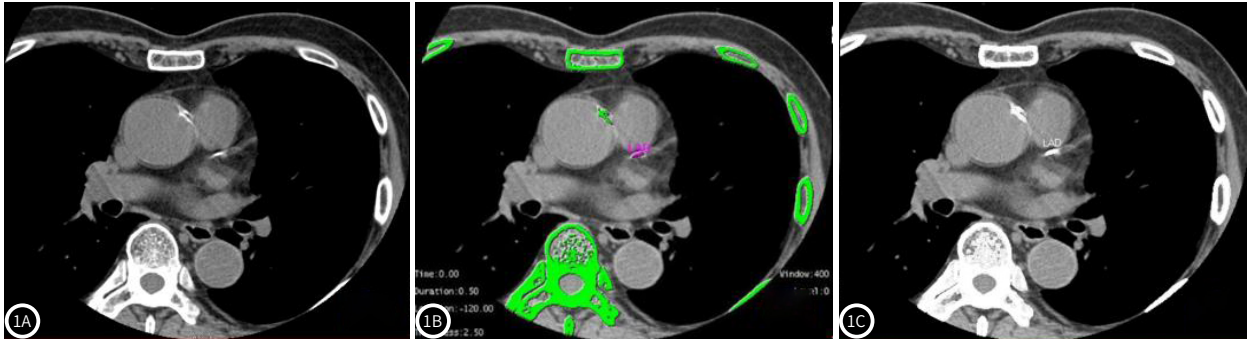


图1A-图1C 非门控胸部CT扫描图像，(1A) smooth算法重组图像，(1B) standard算法重组图像，(1C) sharp算法重组图像。

1.3 观察指标 (1)比较两位放射科医师对四组图像质量主观评价(背景噪声、整体图像质量评分)的一致性。(2)对A、B1、B2、B3组的主观图像质量和图像客观指标予以比较，其中主观图像质量指标为背景噪声、整体图像质量评分，由两位放射科医师进行评分，取其平均值。图像客观指标则包括噪声、CNR、SNR值。(3)对A组和B组CT辐射剂量情况予以比较。

1.4 统计学分析 所有数据均采用SPSS 22.0软件进行统计分析，计量资料描述采用标准差($\bar{x} \pm s$)表示，两组间差异采用t检验，计数资料描述以百分率(%)表示，两组间差异采用 χ^2 检验， $P < 0.05$ 提示差异有统计学意义。同时采用组内相关系数(ICC)评估

图像质量的主观性评分，其中 $ICC \geq 0.75$ 提示一致性较高；0.40~0.74提示一致性一般； < 0.40 提示一致性较差。

2 结果

2.1 两位放射科医师对四组图像质量主观评价的一致性分析 两位放射科医师对A组、B1组、B2组、B3组背景噪声和整体图像质量评分见表1；且两位放射科医师对A组、B1组、B2组、B3组背景噪声评分结果ICC分别为0.779、0.775、0.752、0.772，对整体图像质量评分结果ICC分别为0.854、0.856、0.873、0.810，两位放射科医师对四组图像质量主观评价的一致性较高，见表2。

表1 两位放射科医师对四组背景噪声和整体图像质量评分情况

项目	背景噪声(分)				整体图像质量(分)			
	A组	B1组	B2组	B3组	A组	B1组	B2组	B3组
医师1号	1.23±0.18	1.47±0.22	2.23±0.33	2.41±0.36	1.31±0.19	1.75±0.25	2.64±0.39	3.13±0.46
医师2号	1.39±0.20	1.45±0.21	2.27±0.34	2.38±0.35	1.28±0.18	1.77±0.26	2.73±0.40	3.22±0.48

表2 两位放射科医师对四组图像质量主观评价的一致性分析

评价指标	类内相关性 ^a	95%置信区间	
		下限	上限
A组背景噪声	0.779	0.664	0.858
B1组背景噪声	0.775	0.662	0.854
B2组背景噪声	0.752	0.629	0.839
B3组背景噪声	0.772	0.658	0.852
A组整体图像质量	0.854	0.776	0.907
B1组整体图像质量	0.856	0.778	0.908
B2组整体图像质量	0.873	0.803	0.919
B3组整体图像质量	0.810	0.705	0.879

2.2 主观图像质量评价 B1组背景噪声、整体图像质量评分与A组相比较差异不显著($P > 0.05$)；B2组和B3组与A组背景噪声、整体图像质量评分比较均有明显差异($P < 0.05$)，见表3。

2.3 四组图像客观指标的比较 与A组相比较，B1、B2、B3组噪声值均较高，差异明显($P < 0.05$)，且B1组噪声值均小于B2、B3组($P < 0.05$)；与A组相比较，B1、B2、B3组CNR、SNR值较低，差异显著($P < 0.05$)，且B1组CNR、SNR值均大于B2、B3组($P < 0.05$)，见表4。

2.4 A组和B组CT辐射剂量情况的比较 与A组相比较，B组CTDIvol、DLP、ED剂量均较低，差异较大($P < 0.05$)，见表5。

表3 四组图像质量的主观评价比较[n(%)]

组别	例数	背景噪声			整体图像质量			
		1分	2分	3分	1分	2分	3分	4分
A组	70	63(90.00)	7(10.00)	0(0.00)	61(87.14)	8(11.42)	1(1.42)	0(0.00)
B1组	70	58(82.85)	12(17.14)	0(0.00)	56(80.00)	12(17.14)	2(2.85)	0(0.00)
B2组	70	49(70.00)	21(30.00)	0(0.00)	46(65.71)	22(31.42)	2(2.85)	0(0.00)
B3组	70	39(55.71)	31(44.28)	0(0.00)	38(54.28)	29(41.42)	3(4.28)	0(0.00)
χ^2_{2a}		1.945			1.347			
P^a		0.163			0.509			
χ^2_{2b}		11.180			8.969			
P^b		0.000			0.011			
χ^2_{2c}		26.584			18.262			
P^c		0.000			0.000			

注：^a：A组与B1组相比较；^b：A组与B2组相比较；^c：A组与B3组相比较。

表4 四组图像客观指标的比较

组别	例数	噪声	CNR	SNR
A组	70	15.63±2.34	10.54±1.58	3.20±0.48
B1组	70	36.18±5.42	4.51±0.67	1.58±0.23
B2组	70	50.49±7.57	3.08±0.46	1.07±0.16
B3组	70	76.52±11.47	2.11±0.31	0.76±0.11
t^a		29.123/36.809/43.518	29.396/37.928/43.804	25.464/35.221/41.455
P^a		0.000/0.000/0.000	0.000/0.000/0.000	0.000/0.000/0.000
t^b		12.859/15.846/26.604	14.721/14.630/27.199	15.229/13.357/26.909
P^b		0.000/0.000/0.000	0.000/0.000/0.000	0.000/0.000/0.000

注：^a：A组与B1组、A组与B2组、A组与B3组相比较；^b：B2组与B1组、B2组与B3组、B3组与B1组相比较。

表5 A组和B组CT辐射剂量情况的比较

组别	例数	CTDIvol(mGy)	DLP(mGy·cm)	ED(mSv)
A组	70	2.83±0.42	68.49±10.27	9.59±1.43
B组	70	1.65±0.24	57.32±8.59	4.93±0.73
t		20.409	6.980	24.283
P		0.000	0.000	0.000

3 讨论

心血管疾病是50岁以上中老年人的常见病，具有高致残率和死亡率的特点。《2019 ACC/AHA心血管疾病一级预防指南》^[6]中指出，动脉粥样硬化是心血管疾病的最主要的病因，而当冠状动脉钙化积分>100分时，患者具有较高的血管不良风险，冠状动脉钙化是心血管疾病发生的早期征象。因此对冠状动脉钙化进行早期的诊断和评估在降低心血管疾病发生风险方面具有重要意义。目前低剂量胸部CT被应用于肺结核、肺癌的临床筛查，患者在开展筛查的同时，所获得的影像学图像也可在纵隔窗上实现冠状动脉钙化的评估^[7-8]。既往已有低剂量胸部CT中迭代算法的使用对冠状动脉钙化图像质量影响的相关报道，但多为部分迭代重建技术(iDose4)、IMR等，但基层医院常用的则为多滤波反投影重

建算法^[9-10]。基于此，本次实验将心电前瞻性触发扫描方式，即门控CT作为标准，通过对不同重组过滤算法下图像质量的比较以此来分析最佳的重组过滤方式。

CT扫描重建图像一方面克服了病灶影像重叠的缺点，另一方面和能将断层的不同部位的解剖细节予以显示，故能精准评估和判断在对病变部位的各种形态、解剖关系等^[11-12]。但CT检查也伴随着一定的辐射^[13]。相关研究显示^[14-16]，医学辐射已成为除自然辐射外人类最大的辐射源，其中CT扫描则为最主要的医学辐射来源，故随着CT技术发展的同时，对患者机体所产生的辐射也不容忽视。本次实验中，非门控的胸部CT扫描的B组应用了自动管电流调制技术，将管电流调整为20mAs，降低了辐射剂量，故与A组相比较，B组CTDIvol、DLP、ED剂量均较低。

虽然降低CT扫描中的管电流可在一定程度上减少辐射剂量，但在其相应的成像数据中，随机成分的比率将大大增加，则会增加图像噪声，进而对图像质量产生直接影响^[17-19]。在保证图像质量的前提下，最大限度降低辐射剂量，基于降低管电流和扫描时间的低剂量CT图像重建方法相继被提出，例如基于统计模型的迭代重建方法以及基于投影数据滤波的解析重建方法，其中CT重组过滤算法可对图像的噪声和分辨率产生影响^[20-22]。本次实验根据重组方式的不同，将非门控的胸部CT扫描的B组分为B1、B2、B3三个亚组，分别采用smooth、standard、sharp三种算法重

组,结果显示,在图像质量的主观和客观指标的比较中。B1组背景噪声、整体图像质量评分与A组相比较差异不显著,且B1组噪声值均小于B2、B3组,CNR、SNR值均大于B2、B3组,提示B1组与心电前瞻性触发扫描方式的图像质量最为接近,且B1组噪声最小,CNR、SNR值最高,意味着在三种算法重组中,采用低剂量胸部CT扫描配合smooth算法重组的整体图像质量最好,能对冠状动脉与邻近组织结构予以精准区分。其中在进行sharp算法重组时,随着锐利度的提高,医师在将冠状动脉和主动脉根部等邻近的解剖结构区分中具有一定的难度,则难以对冠状动脉钙化斑块进行定位^[23-25];在进行standard算法重组时,虽然其客观图像质量情况介于smooth和sharp两种算法重组之间,但其仍和心电前瞻性触发扫描方式的图像质量存在差异^[26-27]。Neubauer J、Morsbach F^[28-29]等学者在报道中称,越平滑的算法重组可获得最小噪声的同时,则会失去更多的空间信息,因此更加适合于纵膈等低对比度结构的评估;而越锐利的算法则是在增加图像噪声的同时获得空间分辨率更高的图像,更加适用于高比度结构的评估,这与本次研究结果基本相符。但本次实验所纳入的样本量较少且均来自本院,故实验结果可能存在一定的局限性和偏倚,在后续的实验中应进一步加大样本量。

综上所述,低剂量胸部CT扫描配合smooth算法重组应用于冠状动脉钙化的评估中具有较高的临床价值,可获得较高的主观和客观图像质量,值得在临床推广和使用。

参考文献

- [1] 赵彦萍,马云瑶,孙铭鸿,等.多层螺旋CT评价冠脉周围脂肪CT密度、体积与心血管危险因素的关系[J].中国CT和MRI杂志,2023,21(6):52-55.
- [2] 孙安,樊荣荣,孙瑶,等.CT重组算法对低剂量胸部CT筛查冠状动脉钙化积分准确性影响研究[J].临床放射学杂志,2022,41(5):881-885.
- [3] Choi AD,Leifer ES,Yu JH,et al.Reduced radiation dose with model based iterative reconstruction coronary artery calcium scoring[J].Eur J Radiol,2019,111:1-5.
- [4] Mantini C,Maffei E,Toia P,et al.Influence of image reconstruction parameters on cardiovascular risk reclassification by Computed Tomography Coronary Artery Calcium Score[J].Eur J Radiol,2018,101:1-7.
- [5] 刘瑛,陈学志,于皓,等.ADMIRE联合能谱纯化低剂量胸部CT平扫对冠状动脉钙化积分的影响[J].实用放射学杂志,2022,38(10):1696-1700.
- [6] Arnett DK,Blumenthal RS,Albert MA,et al.2019 ACC/AHA guideline on the primary prevention of cardiovascular disease:executive summary:a report of the American College of Cardiology/American Heart Association task force on clinical practice guidelines[J].Circulation,2019,140(11):e563-e595.
- [7] 刘瑛,陈学志,于皓,等.ADMIRE联合能谱纯化低剂量胸部CT平扫对冠状动脉钙化积分的影响[J].实用放射学杂志,2022,38(10):1696-1700.
- [8] 唐慧,和鸿,贺太平,等.多模型迭代重建算法在提高常规剂量胸部CT图像质量的临床价值[J].实用放射学杂志,2020,36(3):475-478,486.
- [9] 付华东,李春晓.胸部CT扫描时不同管电流对辐射剂量及图像质量的影响[J].现代仪器与医疗,2021,27(2):27-30.
- [10] 吴翠翠,王子月,石洪秀,等.双源Drive CT ADMIRE技术在诊断冠心病上的临床研究[J].中国CT和MRI杂志,2023,21(4):85-87.
- [11] Riederer I,Zimmer C,Pfeiffer D,et al.Radiation dose reduction in perfusion CT imaging of the brain using a 256-slice CT:80 mAs versus 160 mAs[J].Clin Imaging,2018,50:188-193.

- [12] 陈雷,李高宏,虎文,等.肝脏CT增强扫描中不同噪声指数(NI)联合迭代重组算法对肥胖患者CT图像质量的影响[J].中国CT和MRI杂志,2020,18(7):78-81.
- [13] Singh R,Digumarthy SR,Muse VV,et al.Image quality and lesion detection on deep learning reconstruction and iterative reconstruction of submillisievert chest and abdominal CT[J].AJR Am J Roentgenol,2020,214(3):566-573.
- [14] 杜华阳,郑福玲,王磊,等.640层容积CT联合AIDR 3D重组算法对胸部低剂量CT图像质量影响及辐射剂量评价的前瞻性研究[J].临床放射学杂志,2022,41(5):842-849.
- [15] 郭子祺,田茜,廉丽敏.低剂量呼气相胸部CT参数与慢性支气管炎肺功能的关系分析[J].罕少疾病杂志,2024,31(07):43-45.
- [16] 李成龙,张欣贤.不同权重自适应迭代算法重组对儿童腹部CT平扫图像质量的影响[J].影像诊断与介入放射学,2018,27(1):23-26.
- [17] 张卓璐,孙建,刘卓,等.重组算法对冠状动脉CT血管造影量化分析的影响[J].临床放射学杂志,2022,41(10):1879-1883.
- [18] Yasaka K,Katsura M,Hanaoka S,et al.High-resolution CT with new model-based iterative reconstruction with resolution preference algorithm in evaluations of lung nodules:comparison with conventional model-based iterative reconstruction and adaptive statistical iterative reconstruction[J].Eur J Radiol,2016,85(3):599-606.
- [19] 于丹丹,崔萌萌.多层螺旋CT双低技术扫描对肺动脉血管成像图像质量的影响[J].罕少疾病杂志,2023,30(09):46-47,69.
- [20] 赵永霞,索红娜,左紫薇,等.不同噪声指数联合迭代重组算法对不同体质量指数患者行肝脏CT增强扫描的图像质量和辐射剂量的影响[J].中华放射学杂志,2017,51(1):58-63.
- [21] 谷春雨,张兰欣,郭炎兵,等.三种不同重组算法在腹部低剂量CT中的临床应用[J].影像诊断与介入放射学,2018,27(3):215-218.
- [22] Lee J,Kim TH,Lee BK,et al.Diagnostic accuracy of low-radiation coronary computed tomography angiography with low tube voltage and knowledge-based model reconstruction[J].Sci Rep,2019,9(1):1308.
- [23] Ruangsomboon P,Ruangsomboon O,Pornrattanamaneeewong C,et al.Clinical and radiological outcomes of robotic-assisted versus conventional total knee arthroplasty:a systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials[J].Acta Orthop,2023,94:60-79.
- [24] 陈玉环,胡智军,刘振堂,等.宽体探测器低管电压(70kVp)结合迭代重组(ASIR-V)算法在双低剂量CT冠状动脉成像中的应用[J].影像诊断与介入放射学,2019,28(1):32-38.
- [25] Pennington Z,Cottrill E,Westbroek EM,et al.Evaluation of surgeon and patient radiation exposure by imaging technology in patients undergoing thoracolumbar fusion:systematic review of the literature[J].Spine J,2019,19(8):1397-1411.
- [26] 王坤,李聘,金惊,等.基于SSF算法重组的冠状动脉CT血管成像中图像滤波改善图像质量的研究[J].临床放射学杂志,2022,41(2):357-361.
- [27] 江京洲,张龙江.冠状动脉CT血管成像的血流储备分数对具有广泛冠状动脉钙化的稳定性胸痛患者的诊断和临床价值[J].中华医学杂志,2022,102(33):2566.
- [28] Neubauer J,Spira EM,Strube J,et al.Image quality of mixed convolution kernel in thoracic computed tomography[J].Medicine(Baltimore),2016,95(44):e5309.
- [29] Morsbach F,Berger N,Desbiolles L,et al.Systematic analysis on the relationship between luminal enhancement,convolution kernel,plaque density,and luminal diameter of coronary artery stenosis:a CT phantom study[J].Int J Cardiovasc Imaging,2013,29(5):1129-1135.

(收稿日期:2024-04-16)

(校对编辑:韩敏求)