

论 著

不同迭代算法对冠状动脉CTA人工智能重建与分析的影响*

李笑石¹ 耿纪刚¹ 朱寅虎¹
张崴琪² 金大永¹ 李 馨¹
秦 越^{1,*}

1.陕西省西安大兴医院医学影像科

(陕西 西安 710016)

2.空军军医大学附属西京医院放射科

(陕西 西安 710032)

【摘要】目的 探究冠状动脉CTA数据按照不同迭代算法比例进行重建后,对冠状动脉CTA人工智能软件重建与分析的影响。方法 本研究回顾性收集200例使用冠状动脉CTA扫描的患者,平均体质指数为 $(\text{BMI}22.65 \pm 3.01 \text{ Kg/M}^2) \text{ kg/m}^2$,平均年龄为 55.20 ± 9.10 岁,平均心率为 $70.09 \pm 8.03 \text{ bpm}$ 。原始数据分别采用AIDR 3D Enhance、AIDR 3D Strong(75%)进行重建,分别编为A、B组。两组图像均导入数坤冠状动脉人工智能软件进行后处理和分析,不进行手动矫正。采用双盲法对两组冠状动脉人工智能曲面重建(AI CPR)进行4分法主观图像质量评估;对两组图像自动分段的准确性进行人工复检;在CPR图像上测量右冠状动脉近段、远段、左主干,前降支近、段,回旋支近、中段的管腔CT值和临近脂肪图像的噪声标准差(Standard Deviation, SD),并计算信噪比(Signal to Noise Ratio, SNR)。结果 A、B两组人工智能重建图像在主观质量评分中,A组比B组获得更多的优秀质量图像($P < 0.05$);两组图像自动分段准确率基本一致($P > 0.05$);在客观图像质量评价中,冠状动脉各节段CT值无明显差异($P > 0.05$),A组图像SD值显著低于B组且SNR值显著高于B组($P < 0.001$)。结论 AIDR 3D Enhance算法能够显著提高冠状动脉人工智能软件重建的图像质量,图像噪声值显著降低,自动分段准确性能稍提升,可以在日常临床诊断中推广使用。

【关键词】迭代算法;冠状动脉CTA;图像质量;人工智能;卷积神经网络

【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.1672-5131.2023.05.022

Effects of Different Reconstruction Ratios of Iterative Modes on Artificial Intelligence Reconstruction and Analysis of Coronary CTA*

LI Xiao-shi¹, GENG Ji-gang¹, ZHU Yin-hu¹, Zhang Wei-qi², JIN Da-yong¹, LI Xin¹, QIN Yue^{1,*}.

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

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

ABSTRACT

Objective To explore the effect of coronary CTA data reconstruction according to different iterative algorithm ratios on the reconstruction and analysis of coronary CTA artificial intelligence software.

Methods This study retrospectively collected 200 patients with coronary CTA scan, the average body mass index was $(\text{BMI}22.65 \pm 3.01 \text{ Kg/M}^2) \text{ kg/m}^2$, the average age was 55.20 ± 9.10 years old, and the average heart rate was $70.09 \pm 8.03 \text{ bpm}$. The original data were reconstructed with AIDR 3D Enhance and AIDR 3D Strong (75%), and were divided into groups A and B, respectively. Both groups of images were imported into Shukun coronary artificial intelligence software for post-processing and analysis without manual correction. Double-blind method was used to evaluate the subjective image quality of two groups of coronary artificial surface reconstruction (AI CPR). The CT values of the lumen of the proximal, distal, left main, proximal and proximal segments of the anterior descending branch, and the proximal and middle segments of the circumflex branch, and the standard deviation (SD) of the adjacent fat images, and the Signal to Noise ratio (Signal to Noise) was calculated. Ratio, SNR). **Results** In the subjective quality score of artificial intelligence reconstructed images in groups A and B, group A obtained more excellent quality images than group B ($P < 0.05$); the accuracy of automatic segmentation of the two groups of images was basically the same ($P > 0.05$). In the objective image quality evaluation, there was no significant difference in the CT value of each segment of the coronary artery ($P > 0.05$). The SD value of group A was significantly lower than that of group B and the SNR value was significantly higher than that of group B ($P < 0.001$). **Conclusion** AIDR 3D Enhance algorithm can significantly improve the image quality of coronary artery artificial intelligence software reconstruction, the image noise value is significantly reduced, and the automatic segmentation accuracy performance is slightly improved, which can be popularized and used in daily clinical diagnosis.

Keywords: Iterative Algorithm; Coronary CTA; Image Quality; Artificial Intelligence; Convolutional Neural Network

近年来,冠状动脉造影(Coronary angiography CAG)技术慢慢被更方便、更安全、操作更简单,禁忌症更少的冠状动脉CT血管成像(coronary computed tomography angiography, CCTA)技术所代替,成为临床早期对冠状动脉粥样硬化性心脏病(coronary arteriosclerotic heart disease, CAD)进行筛查和诊断的首要方法^[1]。

随着各大CT制造厂家对硬件性能的不不断提升,在我国,CCTA检查成为越来越普及的影像科常规项目,数据量也逐年增多^[2]。而人工智能技术这几年也同样发展迅速,在影像学中应用医学人工智能(medical artificial intelligence MAI)处理CCTA数据,也成为了国内外相关领域学科发展的趋势和重点研究方向^[3]。通过基于深度学习技术的AI工具,影像科医师在判断冠状动脉狭窄、明确血管走行和斑块性质方面获得了更方便、快速和精准的帮助,同时AI工具在进行CTA数据后处理时,也带来了图像质量的提升、误判率降低和后处理图像时间的节约^[4-5]。

影响AI工具进行冠状动脉后处理准确性的因素有很多,国内外相关研究大都认为主要由两个因素导致,首先是运动伪影(包括心率和呼吸),AI工具有时候无法自动辨别伪影所带来的干扰;第二是底层原始数据采集方式和重建算法差异性,AI工具对不同重建算法后得到的原始数据噪声值判读还需要大量数据学习和补充^[6-7]。

本研究将通过对比两种不同的重建算法,评估AI工具对冠状动脉重建图像的质量、冠状动脉节段命名准确性和狭窄评估准确性,探究不同重建算法对冠状动脉AI工具软件重建的影响。

1 材料与方法

1.1 临床资料 回顾性收集2021年11月至2022年2月在我院进行CCTA检查的患者共200人,其中男125人(62.50%),女75人(37.50%),年龄范围39-83岁,平均年龄 55.20 ± 9.10 岁,BMI范围 $20.07-29.92 \text{ Kg/M}^2$,平均 $\text{BMI}22.65 \pm 3.01 \text{ Kg/M}^2$,心率范围 $55-103 \text{ bpm}$,平均心率为 $70.09 \pm 8.03 \text{ bpm}$ 。患者平均性别比例后,按后处理算法不同均分为两组,A组重建算法为AIDR 3D Enhance,B组重建算法为AIDR 3D Strong(75%)。两组患者临床资料无显著差异($P > 0.05$),对比详见表1:

所有患者扫描均签署对比剂使用知情同意书。患者纳入标准为:符合CTA检查标

【第一作者】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

【通讯作者】秦 越,女,主任医师,主要研究方向:CT心血管疾病诊断与MR中枢神经系统。E-mail: qinyuemr@126.com

准、无CTA检查禁忌症、无碘对比剂过敏、无肾功能不全或受损、无严重肝功能受损或器官衰竭。排除标准：严重心肺肾功能不全、意识不清、无法进行呼吸配合、进行过冠状动脉搭桥手术后复查、进行过冠状动脉支架置入术后复查、心率波动较大的患者。

1.2 设备与方法 所有患者均由同一设备采集，设备为：佳能Aquilion ONE 640层CT。患者采取仰卧位，双上肢上举交叉。头先进出床扫描，范围由胸廓入口处至膈肌下1.0cm处，扫描方向头至足侧，管电压为100KV，管电流采用智能毫安由系统自动设置，调节范围120-900mA，A组平均管电流656.60±105.32mA，B组平均管电流667.21±99.12mA，两组管电流无统计学差异(t=1.037,P=0.301)。感兴趣区(Region of Interest, ROI)设置于降主动脉进行监测，触发阈值220 HU，呼吸指令随心率调整，达到阈值即开始扫描。采用前瞻性心电门控，球管转速0.275r/d，层厚0.5mm，层间距0.35mm。对比剂采用GE制药公司的350mg/L碘克沙醇，流速5.0mL/s，对比剂根据体重调整，使用量范围50-80mL。A组采用AIDR 3D (adaptive iterative dose reduction 3D, AIDR 3D)Enhance算法进行迭代重建，B组重建算法为AIDR 3D Strong(75%)，重建后将薄层数据至数坤人工后处理工作站进行分析。

1.3 图像后处理 所有原始数据传送至数坤Coronary Doc(版本1711.1711)AI工作站进行后处理，采用基于深度学习的卷积神经网络算法，运用模型进行动静脉分离、血管断裂连接进行pixel level精确提取及分隔结果优化，生成冠状动脉CPR图像，AI系统自动按照大数据分析给予每个冠状动脉分支命名，命名原则根据美国心脏病协会(AHA)推荐的18段分段法^[8]。

1.4 节段命名准确率评价 每组患者使用AI系统自动分段命名，隐藏患者分组信息后，由两名高年资影像科医师采用双盲法重新对原始图像进行命名，命名后的结果与人工智能命名结果比对。

1.5 图像主观质量评价 每组患者冠状动脉按照相同核对后的分段命名进行图像质量评估，两组图像质量均采用Likert4评分法进行打分^[9]，由两名高年资影像科医师采用双盲法对所有节段的图像质量进行分级评价，如果出现分析则由第三位医师进行判断。1-3分的图像可以满足临床诊断需求，4分为无法完成临床诊断。具体评价标准如下：1分：血管无伪影和中断，边界清晰。2分：血管有轻度伪影，边界轻微模糊；3分：血管有中度伪影，节段连续；4分：血管管腔及管壁显示不清，走行连续性中断，出现阶梯状伪影。

1.6 图像客观质量评价 选取冠状动脉右冠近段距离开口1cm处、右冠中段、前降支左主干距离血管开口1cm处、前降支中

段、前降支远段，回旋支近段6个兴趣区(Region of Interest, ROI)，每个ROI直径5mm，测量以下数值：CT值、同层面肌肉标准差(Standard Deviation, SD)。再按照公式计算信噪比(Signal Noise Ratio, SNR)，公式如下：SNR=血管CT值/同层面肌肉标准差SD。

1.7 统计学分析 采用SPSS 28.0软件对数据进行统计与分析。有测量数据均用均数±标准差表示。主观统计评价一致性采用Kappa检验，Kappa值大于等于0.75认为一致性良好。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 节段命名准确率评估 A、B两组图像节段命名准确率无显著差异(P>0.05)，A、B两组各识别出1800段冠状动脉血管A组命名准确1779段(98.83%)、B组命名准确1775例(98.61%)，见表1。

2.2 CPR图像主观质量评价 两组可以满足诊断需求(即1-3级)的冠状动脉数量分别为1779根(92.72%)与1775根(94.50%)，无统计学差异(P>0.05)，A组重建算法在极个别情况下可以识别出较短的分支，见表2及图1-图2。

2.3 图像质量客观评价 A、B两组图像所有节段的CT值无显著性差异(P>0.05)，但是由于A组降低了SD值，故而SD值、SNR值A组均显著高于B组(P<0.05)，见表3及图3。

表1 临床资料对比

	A组	B组	P值
性别(男%)	62.00%	63.00%	0.9142
BMI(Kg/M ²)	22.70±2.91	21.95±3.02	0.0753
心率(bpm)	71.21±6.03	69.05±7.01	0.0659

表2 冠状动脉命名准确率及CPR图像主观质量评级

	A(n=1800)	B(n=1800)	P
1级	1559(86.61%)	1450(80.56%)	<0.001
2级	185(10.28%)	286(15.89%)	<0.001
3级	49(2.72%)	57(3.17%)	0.43
4级	7(0.39%)	7(0.39%)	1.00
1-3级	1793(99.61%)	1793(99.61%)	1.00
命名准确率	1779(98.83%)	1775(98.61%)	1.00

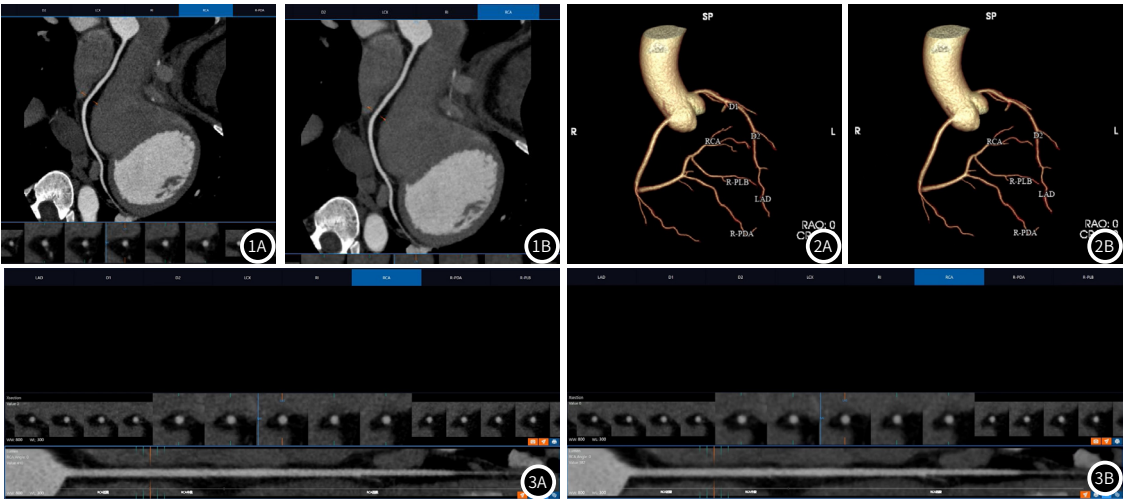


图1A~图1B 女，67岁，心率60~65次/分。a：A组，AIDR 3D Enhance重建，命名准确率100%(18/18段)，CPR图像主观评价1级。b：B组，AIDR 3D Strong(75%)重建，命名准确率100%(18/18)，CPR图像主观评价2级。图2A~图2B 男，65岁，心率68~71次/分。a：A组，AIDR 3D Enhance重建，命名准确率100%(18/18段)，b：B组，AIDR 3D Strong(75%)重建，命名准确率94.4%(17/18)，D1分支B组并未识别。图3A~图3B 男，65岁，心率69~75次/分，a(左图)：A组，AIDR 3D Enhance重建，CPR图像主观评价1级，ROI区CT值410.00Hu，SD值26.55，SNR值15.44。b(右图)：B组，AIDR 3D Strong重建，CPR图像主观评价1级，ROI区CT值382.00Hu，SD值33.55，SNR值11.39。

表3 冠状动脉客观质量评价表(n=200)

	CT值	SD值	SNR值
A组右冠近段	410.58±21.35	26.25±7.21	15.77±1.35
B组右冠近段	389.24±20.89	27.10±6.56	14.40±1.87
P值	<0.0001	<0.0001	<0.0001
A组右冠远段	416.50±20.72	22.37±3.65	18.62±3.03
B组右冠远段	383.05±21.89	29.60±3.39	12.94±1.91
P值	<0.0001	<0.0001	<0.0001
A组左主干	424.71±22.22	19.16±3.12	22.31±3.90
B组左主干	395.31±22.45	24.653±1.90	16.45±5.90
P值	<0.0001	<0.0001	<0.0001
A组前降支中段	421.54±19.03	24.42±3.12	17.54±2.70
B组前降支中段	390.45±15.23	28.01±3.50	13.93±1.61
P值	<0.0001	<0.0001	<0.0001
A组前降支远段	399.15±18.60	27.77±7.23	14.67±2.90
B组前降支远段	336.52±12.23	29.96±5.01	11.90±2.89
P值	<0.0001	<0.0001	<0.0001
A组回旋支近段	407.25±25.12	19.47±3.98	21.42±3.01
B组回旋支近段	375.57±19.91	23.69±3.09	16.30±2.31
P值	<0.0001	<0.0001	<0.0001

3 讨论

随着人工智能技术的不断发展,卷积网络技术也在进行迭代升级,在CCTA检查中越来越多依赖AI工具进行后处理重建及诊断判读,主要的功能为血管智能提取、图像自动化重建、管腔内诊断、图像质量控制等为代表。AI工具的广泛使用可以大幅度缩短人工处理及诊断的时间,同时也能避免人为错误,极大提高诊断效率^[10]。本研究主要判断在CCTA人工智能影像工作中,对原始数据进行不同的重建方式,是否影响AI工具处理图像的质量和冠状动脉阶段命名的准确率。

根据国内外研究,人工智能影像在冠状动脉识别的准确率从95%-99%不等^[11-12],而时间上也节约了73.73%的重建时间和56.08%的诊断时间^[13],此外还有研究表名,AI诊断工具可以不受诊断医师主观因素的影响,耗时较为稳定且结果标准统一化、客观化^[14]。

在Van Assen的研究中,进行了大量数据的采集,对比了接近19000余条冠状动脉,AI工具重建的CPR图像在冠状动脉节段命名准确率上也与人工非常接近(AI工具准确率为人工的96.88%)^[12]。但是在大量国外类似研究中,并没有提及重建方式的影响,仅考虑了运动伪影,例如Carson的研究,由于运动伪影造成的冠状动脉重建图像质量不合格,在人工比定时可以进行手动修订,从而提高了极少数较差图像的合格率^[14]。随着人工智能工具的版本迭代,冠状动脉自动修订能力随着大数据采集的增多而变得越来越准确。而且上述研究,均采用统一的重建算法,图像质量的影响只能说明人工智能工具对于运动伪影纠错的能力,而无法反映其对于原始数据改变是否会带来哪些影响。

根据Iannattone等人的研究,影响人工智能冠状动脉重建的因素有很多,除了上述提到的运动伪影,还包括底层原始数据的搭建,例如重建算法、扫描方式选择、曝光剂量、对比剂浓度、注射流率等^[15]。尤其是不同的重建算法,会让相同的图像得到不同的信噪比。而人工智能卷积神经网络具有大数据深度学习能力,需要获取大量图像质量较差的数据以及命名不合格的数据进行训练,这样可以避免在工作中遇到此前没有训练过的数据产生分割遗漏、噪声过大、拟合过度或拟合较低、命名错误等现象,从而影响图像质量和判断准确性^[16]。

根据笔者同实验组的研究表明,容积扫描模式可以保证AI工

具后处理图像质量的前提下,大幅度降低辐射剂量。本研究采用了容积扫描模式同时配合了两种不同的迭代重建方法,即AIDR 3D Enhance(50%)算法和AIDR 3D Strong(75%)算法。两种算法都属于自适应迭代降噪技术,是一种部分迭代的降噪算法^[17]。其原理是首先在双模型双空间里进行迭代搭建,自动根据定位图适应扫描体厚的解剖模型和衰减系数的噪声模型,监测图像信噪比后开始多次重复的迭代计算,直到噪声值除过度,空间分辨率下降,再删除最近的一次计算结果,只保留最优图像^[18-20]。AIDR 3D能有效去除图像噪声且不降低空间及密度分辨率。而AIDR 3D Enhance算法和AIDR 3D Strong算法的差别主要在于迭代系数重复率,AIDR 3D Strong为75%,而AIDR 3D Enhance算法则是根据图像原始数据的空间模型参数进行优化调节迭代系数。根据设备厂家的推荐,冠状动脉扫描时多采用AIDR 3D Strong算法,但是AIDR 3D Enhance算法可以更大幅度降低噪声值,在人工智能工具识别中是否具有更高的效率还有待实验的检验。

在本此研究中,AIDR 3D Enhance算法与AIDR 3D Strong命名准确率上基本一致,经过人工判断,极个别分段(见图2a-b)A组要较B组识别的更远,命名也更准确。根据迭代重建工作原理,可以推断这是由于A组迭代过程中噪声值的减低,使得远端血管重建时稍延长了一些,达到命名分段的阈值。而在CPR主观图像质量评价中,两组图像无显著差异($P>0.05$),但是CPR客观图像质量评价中,A组显著优于B组,根据原理分析是由于A组新型的迭代算法降低了CPR图像整体的噪声值,提高了信噪比,但是人工智能软件在进行冠状动脉管腔内狭窄的再分析时会对低噪声的图像进行纠正^[21],整体噪声值并不影响管腔内图像质量的判断,在低剂量低对比剂的其他CTA研究中,即使不是应用于冠状动脉,不同迭代模式重建方式依然会对图像质量产生较大影响^[22]。此外,还有研究表明,管腔内CT值会显著影响人工智能软件的诊断效能。而且人工智能软件自动将血管走行单独提取,使得血管在背景图像中更为明显,血管内部情况显示的更为清晰,能判断管腔的狭窄率和斑块情况,肉眼观察的效果非常接近^[23]。但是实际分析管腔斑块的性质中,非钙化斑与钙化斑的判读不管是否人工分析还是人工智能自动分析,都会依赖于图像信噪比的质量,尽管现在的人工智能软件在图像识别中应用了模仿人类视觉的卷积神经网络技术,但是更高的信噪比依然会对血管管腔狭窄的判断准确率产生正相关的影响,在后续的实验中,会进一步探究与分析人工智能软件对于斑块性质、狭窄程度判断的影响因素是否不同或者有何种差别。

本研究存在一些不足,首先是对于高、低心组没有做针对性的研究,其次是评价时没有考虑对管腔狭窄程度准确性判断的影响,这些问题将在后续的研究中进行进一步的探究。

4 结论

采用不同算法算法的冠状动脉图像使用人工智能工具进行后处理,效果具有差异性。AIDR 3D Enhance算法可以显著提高人工智能工具处理后的图像质量并且可以降低噪声值,具有较高的临床意义,值得在日常工作中推广应用。

参考文献

- [1] 国家心血管病专业质控中心心血管影像质控专家工作组,中华医学会放射学分会心胸学组,《中华放射学杂志》心脏冠状动脉多排CT临床应用指南写作专家组.冠状动脉CT血管成像的适用标准及诊断报告书写规范[J].中华放射学杂志,2020,54(11):1044-1055.
- [2] 吕滨.积极推进心脏冠状动脉CT技术规范应用[J].中华放射学杂志,2017,51(10):723-724.
- [3] Griffin WF,Choi AD,Riess JS,et al.AI Evaluation of Stenosis on Coronary CT Angiography,Comparison With Quantitative Coronary Angiography and Fractional Flow Reserve:A CREDENCE Trial Substudy[J].JACC Cardiovasc Imaging. 2022 Feb 15:S1936-878X(22)00001-8.
- [4] Oikonomou EK,Williams MC,Kotandis CP,et al.A novel machine learning-derived radiotranscriptomic signature of perivascular fat improves cardiac risk prediction using coronary CT angiography[J].Eur Heart J. 2019 Nov 14;40(43):3529-3543.
- [5] 朱刚明,谭源满,陶娟,等.基于深度学习的冠状动脉CTA人工智能后处理对疑似冠心病患者诊断价值的初步研究[J].临床放射学杂志,2021,40(11):2128-2133.
- [6] 郭邦俊,张龙江,卢光明.人工智能在心血管CT成像中的新进展[J].国际医学放射学

杂志, 2021, 44 (5): 535-540.

[7] Jonas RA, Barkovich E, Choi AD, et al. The effect of scan and patient parameters on the diagnostic performance of AI for detecting coronary stenosis on coronary CT angiography[J]. Clin Imaging, 2022 Feb 3; 84: 149-158.

[8] Lawton JS, 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]. J Am Coll Cardiol, 2021 Dec 7: S0735-1097 (21) 06158-1.

[9] Mircioiu C, Atkinson J. A Comparison of Parametric and Non-Parametric Methods Applied to a Likert Scale. Pharmacy (Basel) [J]. 2017 May 10; 5 (2): 26.

[10] 王亚娟, 辛娟, 刘文亚, 等. 人工智能辅助诊断系统对冠状动脉狭窄的诊断价值[J]. 中华实用诊断与治疗杂志, 2021, 35 (4): 408-411.

[11] Jiang B, Guo N, Ge Y, et al. Development and application of artificial intelligence in cardiac imaging[J]. Br J Radiol, 2020 Sep 1; 93 (1113): 20190812.

[12] Attia ZI, Kapa S, Lopez-Jimenez F, et al. Enriquez-Sarano M, Noseworthy PA, Munger TM, Asirvatham SJ, Scott CG, Carter RE, Friedman PA. Screening for cardiac contractile dysfunction using an artificial intelligence-enabled electrocardiogram[J]. Nat Med. 2019 Jan; 25 (1): 70-74.

[13] 暴云锋, 蔡 萌, 赵明娟, 等. 冠状动脉CT血管成像人工与人工智能后处理工作效率和图像质量的对比[J]. 实用放射学杂志, 2020, (8): 1322-1325.

[14] Carson JM, Chakshu NK, Sazonov I, et al. Artificial intelligence approaches to predict coronary stenosis severity using non-invasive fractional flow reserve[J]. Proc Inst Mech Eng H. 2020 Nov; 234 (11): 1337-1350.

[15] Rabbat MG, Ramchandani S, Sanders WE Jr. Cardiac Phase Space Analysis: Assessing Coronary Artery Disease Utilizing Artificial Intelligence[J]. Biomed Res Int. 2021 Apr 9; 2021: 6637039.

[16] Yan C, Zhou G, Yang X, et al. Image quality of automatic coronary CT angiography reconstruction for patients with HR > 75 bpm using an AI-assisted 16-cm z-coverage CT scanner[J]. BMC Med Imaging, 2021 Feb

11; 21 (1): 24.

[17] 李强, 宋丽娜, 马献武, 等. 320排容积CT双低技术应用于大体重患者冠状动脉CTA的研究[J]. 中国CT和MRI杂志, 2018, 16 (9): 51-53+153.

[18] Michallek F, Genske U, Niehues SM, et al. Deep learning reconstruction improves radiomics feature stability and discriminative power in abdominal CT imaging: a phantom study[J]. Eur Radiol, 2022 Feb 16.

[19] 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.

[20] Yi Y, Xu C, Guo N, et al. Performance of an Artificial Intelligence-based Application for the Detection of Plaque-based Stenosis on Monoenergetic Coronary CT Angiography: Validation by Invasive Coronary Angiography[J]. Acad Radiol, 2021 Dec 8: S1076-6332 (21) 00525-0.

[21] 尹伟, 马晓璐, 黄挺, 王敏杰. 全迭代重建技术在20%剂量条件下冠状动脉成像中的可行性研究[J]. 中国CT和MRI杂志, 2018, 16 (10): 45-48.

[22] 劳美新, 韦永南, 齐宋秀, 等. "双低"CT扫描结合迭代重建技术在女性盆腔囊性病诊断的应用价值分析[J]. 罕少疾病杂志, 2022, 29 (7): 79-80, 109.

[22] Jonas R, Earls J, Marques H, et al. Relationship of age, atherosclerosis and angiographic stenosis using artificial intelligence[J]. Open Heart. 2021 Nov; 8 (2): e001832.

(收稿日期: 2022-03-14)

(校对编辑: 姚丽娜)

(上接第62页)

双支病变及三支病变的占比分别为13.79%、24.14%、62.07%，左前降支血管占比66.94%，左回旋支占比20.00%，右冠状动脉占比13.06%，可见ICM均有不同程度的冠状动脉病变，尤其以三支冠脉病变、左前降支血管病变最常见，与既往^[14]研究结果相符。另外，本研究比较近CTA诊断的阳性组、阴性组患者心功能参数，发现阳性组LVEF、LVED及LEDV均低于阴性组，考虑原因可能是：ICM患者在病理状态下，功能心肌细胞数目减少，心肌灌注降低，导致心肌收缩功能降低，当心肌缺血持续严重时，可引起左室舒张功能障碍，使心室僵硬度增加，进一步影响心室收缩功能^[15-16]，表现为LVEF、LVED及LEDV降低。故推测基于CTA图像测量患者心功能参数有助于对ICM进行诊断。本研究中，冠脉CTA诊断ICM的灵敏性、特异性、准确性、阳性预测值和阴性预测值均较高，说明冠脉CTA在ICM诊断中具有较高的诊断效能。

综上所述，冠脉CTA在ICM中具有较高的诊断效能，能够为患者提供准确的治疗指导意见。但本研究的研究对象为单中心患者组成，可能存在高度特异性和同质性，我们寄希望于后期开展扩大样本纳入范围，开展前瞻性对照研究进一步论证。

参考文献

[1] 沈小程, 胡纳, 付泉水, 等. 应用增强心血管磁共振成像对缺血性心肌病的诊断价值研究[J]. 中国CT和MRI杂志, 2021, 137 (3): 72-73, 76.

[2] Panza JA, Chrzanowski L, Bonow RO. Myocardial Viability Assessment Before Surgical Revascularization in Ischemic Cardiomyopathy: JACC Review Topic of the Week[J]. J Am Coll Cardiol, 2021, 78 (10): 1068-1077.

[3] Li F, Cheng L, Ma L. Comprehensive multi-factor analysis and exploration for the pathogenesis of non-ischemic cardiomyopathy and ischemic cardiomyopathy[J]. Cell Mol Biol (Noisy-le-grand), 2020, 66 (5): 66-72.

[4] 刘鑫, 杨林林, 王一婧, 等. 应用全模型迭代重建技术的低剂量冠脉CTA在疑似冠心病患者中诊断价值的初步研究[J]. 中国临床医学影像杂志, 2020, 31 (4): 252-257.

[5] Avci A, Fidan S, Tabakçı MM, et al. Association between the Gensini Score and Carotid Artery Stenosis[J]. Korean Circ J, 2016, 46 (5): 639-645.

[6] 张莉, 郑颜磊, 程飞. 细胞凋亡在缺血性心脏病中作用的研究进展[J]. 中国中西医结合急救杂志, 2018, 25 (5): 558-560.

[7] Li GM, Zhang CL, Rui RP, et al. Bioinformatics analysis of common differential genes of coronary artery disease and ischemic cardiomyopathy[J]. Eur Rev Med Pharmacol Sci, 2018, 22 (11): 3553-3569.

[8] Bakaee FG, Gaudino M, Whitman G, et al. 2021: The American Association for Thoracic Surgery Expert Consensus Document: Coronary artery bypass grafting in patients with ischemic cardiomyopathy and heart failure[J]. J Thorac Cardiovasc Surg, 2021, 162 (3): 829-850.

[9] 欧春燕, 张东青, 余佐时, 等. 头部CTA检查对脑梗死患者脑血管狭窄程度的诊断价值分析[J]. 罕少疾病杂志, 2022, 29 (6): 20-21, 28.

[10] 帅桃, 游永春, 李万江, 等. 宽体探测器CT冠脉联合头颈部及主动脉CT血管成像“一站式”扫描的应用价值[J]. 重庆医科大学学报, 2019, 44 (10): 1323-1326.

[11] 黎子峰, 曾红辉, 张浩, 等. 冠脉CTA与CAG的临床应用对比研究[J]. 罕少疾病杂志, 2021, 28 (2): 41-43.

[12] Meier D, Depierre A, Topolsky A, et al. Computed Tomography Angiography for the Diagnosis of Coronary Artery Disease Among Patients Undergoing Transcatheter Aortic Valve Implantation[J]. J Cardiovasc Transl Res, 2021, 14 (5): 894-901.

[13] 谢林洪, 李龙, 陆力坚. 256层螺旋CT冠脉成像对冠状动脉病变诊断及心肌桥检出的意义[J]. 影像科学与光化学, 2021, 39 (6): 871-874.

[14] Ker WDS, Neves DGD, Magalhães TA, et al. Myocardial Perfusion by Coronary Computed Tomography in the Evaluation of Myocardial Ischemia: Simultaneous Stress Protocol with SPECT[J]. Arq Bras Cardiol, 2019, 113 (6): 1092-1101.

[15] 孙明菲, 刘婷, 袁雪, 等. 冠脉斑块CT血管造影的定性特征对预测心肌缺血的诊断价值[J]. 中国临床医学影像杂志, 2021, 32 (3): 190-194.

[16] 李佩雯, 许昕悦, 许佳敏, 等. 扩张型心肌病与缺血性心肌病接受ICD一级预防治疗的预后比较[J]. 临床心血管病杂志, 2021, 37 (11): 1031-1035.

(收稿日期: 2022-05-18)

(校对编辑: 姚丽娜)