

· 论著 ·

人工与AI检测冠状动脉斑块性质的一致性及其对冠状动脉狭窄的诊断效能差异

苏天嵩 张 卉*

河南中医药大学第一附属医院放射科(河南 郑州 450003)

【摘要】目的 探讨人工与AI技术检测冠状动脉斑块性质的一致性及其诊断冠状动脉狭窄的临床价值。方法 选取行CGA、冠状动脉CTA检查的患者(均源于河南中医药大学第一附属医院, 选例时间: 2020年1月至2024年1月)134例进行研究。其中AI组进行AI技术图像后处理, 人工组进行人工图像后处理。评价人工组、AI组图像质量, 分析人工组、AI组对冠状动脉斑块性质的检测结果及一致性, 分在冠状动脉狭窄诊断中人工组、AI组的检出结果及效能。结果 以人工组诊断结果为标准, AI组冠状动脉斑块性质总准确率为95.81%, 且人工组与AI组对冠状动脉斑块性质检测结果的一致性高, Kappa=0.923($P<0.001$)。以血管为单位, 以CGA为标准, 其中人工组与CGA对冠状动脉狭窄检出结果的一致性高, Kappa=0.959($P<0.001$); AI组与CGA对冠状动脉狭窄检出结果的一致性高, Kappa=0.934($P<0.001$)。结论 在冠状动脉CTA图像后处理的应用中, 人工与AI技术在图像质量、冠状动脉斑块性质检测及冠状动脉狭窄诊断中的价值相当。

【关键词】冠状动脉; 人工智能; 血管成像; 电子计算机断层扫描; 图像质量

【中图分类号】R541

【文献标识码】A

DOI:10.3969/j.issn.1009-3257.2025.3.027

The Consistency of Artificial and AI in Detecting the Nature of Coronary Plaque and the Difference in Their Diagnostic Efficacy for Coronary Artery Stenosis

SU Tian-song, ZHANG Hui*

Department of Radiology, The First Affiliated Hospital of Henan University of Chinese Medicine, Zhengzhou 450003, Henan Province, China

Abstract: **Objective** To investigate the consistency of artificial and AI technology in detecting the nature of coronary plaque and its clinical value in the diagnosis of coronary artery stenosis. **Methods** A total of 134 patients who underwent CGA and coronary CTA examination (all from the First Affiliated Hospital of Henan University of Traditional Chinese Medicine, case selection time: January 2020 to January 2024) were selected for study. The AI group underwent AI technology image post-processing, and the artificial group underwent artificial image post-processing. The image quality of the artificial group and the AI group was evaluated. The detection results and consistency of coronary plaque properties in the artificial group and the AI group were analyzed. The detection results and efficacy of the artificial group and the AI group in the diagnosis of coronary artery stenosis were analyzed. **Results** Taking the diagnostic results of the artificial group as the standard, the total accuracy rate of coronary plaque properties in the AI group was 95.81%, and the consistency of the detection results of coronary plaque properties between the artificial group and the AI group was high, Kappa=0.923 ($P<0.001$). Taking blood vessels as the unit and CGA as the standard, the consistency between the artificial group and CGA in the detection of coronary artery stenosis was high, Kappa=0.959 ($P<0.001$). The AI group and CGA had high consistency in the detection of coronary artery stenosis, Kappa=0.934 ($P<0.001$). **Conclusion** In the application of coronary CTA image post-processing, artificial and AI techniques have the same effect in image quality, coronary plaque detection and coronary artery stenosis diagnosis.

Keywords: Coronary Artery; Artificial Intelligence; Angiography; Electronic Computer Tomography; Image Quality

冠心病是临床中较为常见的缺血性心脏病, 临床表现主要为心慌胸闷、胸骨后或心前区疼痛等症状, 若不及时治疗, 还易引发心律失常、心力衰竭等严重并发症, 从而严重损害患者身体健康。“目前冠心病(coronary artery disease, CAD)是全球居民死亡的最主要原因, 也是降低生活质量的主要因素。”^[1]现阶段, 冠状动脉造影(CGA)是诊断冠心病的金标准, 能够准确诊断患者疾病情况, 但其在应用中存在局限性, 如创伤大、风险高、费用高等, 从而使得应用受限^[2]。随着近年来医疗技术的发展, 冠状动脉计算机断层扫描血管成像(CTA)已逐渐被应用于冠心病临床诊断中^[3]。目前临床针对冠状动脉CTA图像后处理主要是采用人工的方式, 但由于其工作量大、耗时长, 易影响医师诊断工作效率, 甚至还会发生误诊或漏诊, 因此临床急需一种高效的辅助诊断措施^[4]。人工智能(AI)技术是近年来临床医学研究的一大热点, 且有研究显示, AI技术应用于图像后处理可获取高质量的图像, 从而有助于辅助医师快速、准确诊断疾病^[5]。但目前关于人工与AI技术检测冠状动脉斑块性质的一致性及其对冠状动脉狭窄的诊断效能差异仍需更多的临床资料支持。基于此, 本院开展了此项研究, 现报道如下。

1 资料与方法

1.1 一般资料 选取行CGA、冠状动脉CTA检查的患者(均源于河南中医药大学第一附属医院, 选例时间: 2020年1月至2024年1月)134例进行研究。其中男性、女性分别为51例、83例; 体质量指数 $19\sim 26(22.56\pm 0.47)\text{kg/m}^2$; 年龄 $45\sim 78(54.14\pm 3.63)$ 岁。研究设计已获得审批。

纳入标准: 行冠状动脉CTA、CGA检查者; AI技术可自动进行冠脉分析运算者; 临床及影像资料齐全者; 心率 ≤ 90 次/min者等。排除标准: 检查时呼吸无法配合者; 冠脉支架植入及搭桥、心律失常或心律不齐者; 肝、肾等重要器官功能不全者; 碘对比剂过敏者; 既往参与过同类型试验者; 伪影较大者等。

1.2 方法 冠状动脉CTA检查: 协助患者做好检查前准备, 包括屏气配合训练, 禁食(扫描前4h), 硝酸甘油片舌下含服0.5mg(扫描前5min)等。使用双源64排螺旋CT(西门子公司, 型号: Siemens Somatom Definition 60320), 指导患者取仰卧位, 上肢上举, 并置于头部两侧, 头足方向, 采用回顾性心电门控方法, 扫描范围: 气管隆突下至心脏膈面水平, 自动毫安控制技术, 层厚0.75mm, 120kV, 自动螺距技术, 经肘前静脉使用双筒高压注射器注射对比

【第一作者】苏天嵩, 男, 主管技师, 主要研究方向: 胸腹部CT扫描。E-mail: haoxuesi01116@163.com

【通讯作者】张 卉, 女, 主治医师, 主要研究方向: 心胸腹部CT诊断、心血管疾病诊断。E-mail: bkham19751975@126.com

剂碘海醇注射液(350mgI/mL, 上海, 通用电气药业有限公司)剂量: 1mL/kg, 以及生理盐水(40mL), 5.0~5.5mL/s为注射流率, 监测感兴趣区(主动脉根部水平), 触发阈值: 100HU, 延迟8s, 而后启动扫描。图像后处理及分析方法: AI组使用CTA-AI软件(联影人工智能分析软件)自动进行冠状动脉原始图像后处理(基于冠状动脉CT轴位图像), 而后获得一系列后处理图像(包括三维立体绘制、曲面重组、血管矫直重组), 同时对斑块性质、血管狭窄程度进行自动评估。人工组进行人工图像后处理。

CGA检查: 造影部位: 经股动脉穿刺至冠状动脉处, 使用西门子数字减影血管造影X线机, 采集矩阵: 512×512, 实时采集速度: 11~22帧/s, 进行注射碘克沙醇对比剂(使用单筒高压注射器), 用量: 35~45mL/次, 流速: 8.5~10.5mL/s。图像采集: 冠状动脉病变最佳位置。

1.3 观察指标 (1)人工组、AI组图像质量评价。采用双盲法评价图像质量, 可分为优、良、差、较差。其中优良率=优率+良率。(2)冠状动脉斑块性质经人工组与AI组检测的结果及其一致性。其中钙化斑块即CT值>350HU, 混合斑块即有两种成分(钙化与非钙化), 非钙化斑块即-100HU<CT值<190HU^[6]。(3)人工组与AI组对冠状动脉狭窄的检出结果及诊断效能。评估患者冠状动脉狭窄程度^[7]: 无狭窄、狭窄, 并计算特异度、灵敏度、准确度。

1.4 统计学方法 t检验和($\bar{x} \pm s$)可用于计量资料(经SW检验, 符合正态分布)的比对、剖析; χ^2 检验和[例(%)]可用于计数资料的比对、剖析。本研究使用的统计软件为SPSS 26.0, 当 $P<0.05$, 则表明其对比差异显著。采用Kappa检验评价冠状动脉斑块性质及狭窄情况的一致性, 其中分为一致性差(<0.40)、中等(0.40~0.59)、较好(0.60~0.74)、高(0.75~1.00)。

2 结果

2.1 人工组、AI组图像质量评价 两组间图像质量优良率比较无差异($P>0.05$), 见表1。

表1 人工组、AI组图像质量评价[例(%)]

组别	例数	优	良	差	较差	总优良
人工组	134	101(75.37)	29(21.64)	3(2.24)	1(0.75)	130(97.01)
AI组	134	96(71.64)	32(23.88)	4(2.99)	2(1.49)	128(95.52)
χ^2 值		0.416				
P值		0.519				

2.2 人工组与AI组对冠状动脉斑块性质的检测结果及一致性 人工组共检出斑块835个, AI组共检出斑块835个, 以人工组诊断结果为标准, AI组冠状动脉斑块性质总准确率为95.81%, 且人工组与AI组对冠状动脉斑块性质检测结果的一致性高, Kappa=0.923($P<0.001$), 见表2。

表2 人工组与AI组对冠状动脉斑块性质的检测结果及一致性(个)

检查方式	检查结果	人工组			合计
		钙化斑块	混合斑块	非钙化斑块	
AI组	钙化斑块	323	18	0	341
	混合斑块	10	432	3	445
	非钙化斑块	0	4	45	49
合计		333	454	48	835

2.3 人工组与AI组对冠状动脉狭窄的检出结果及诊断效能 以血管为单位, 以CGA为标准, 共检出冠状动脉狭窄209支, 冠状动脉非狭窄186支, 其中人工组与CGA对冠状动脉狭窄检出结果的一致性高, Kappa=0.959($P<0.001$); AI组与CGA对冠状动脉狭窄检出结果的一致性高, Kappa=0.934($P<0.001$)。在冠状动脉狭窄诊断中, 人工组、AI组的特异度、灵敏度、准确度经比较, 无明显差异($P>0.05$)。见表3、表4。

表3 人工组与AI组对冠状动脉狭窄的检出结果(支)

检查方式	检查结果	CGA		合计
		狭窄	非狭窄	
人工组	狭窄	204	3	207
	非狭窄	5	183	188
AI组	狭窄	201	5	206
	非狭窄	8	181	189
合计		209	186	395

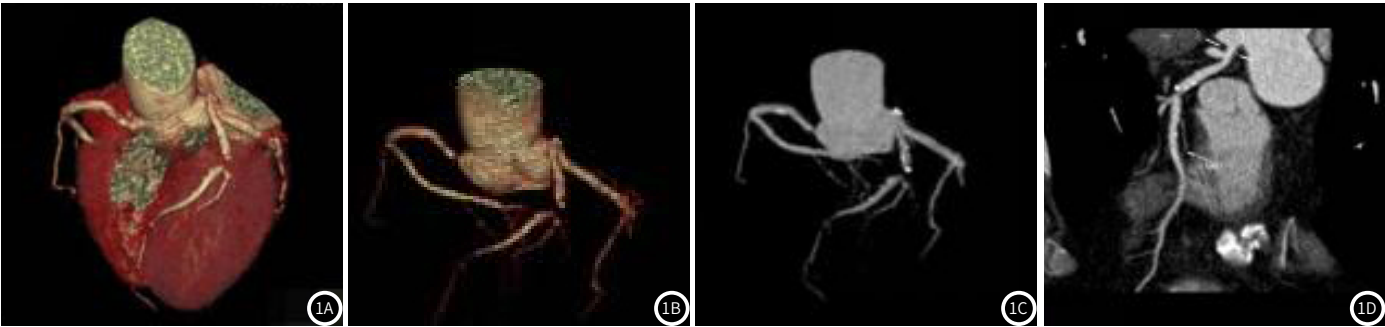
表4 人工组、AI组对冠状动脉狭窄的诊断效能

检查方式	特异度	灵敏度	准确度
人工组	98.39(183/186)	97.61(204/209)	97.97(387/395)
AI组	97.31(181/186)	96.17(201/209)	96.71(382/395)
χ^2 值	0.128	0.715	1.223
P值	0.721	0.398	0.269

2.4 典型病例图片及详细对应介绍 人工组: 图1A为心脏VR图像, 图1B为冠状动脉树VR图像, 图1C为冠状动脉树MIP图像, 图1D为左冠状动脉前降支CPR图像。

AI组: 图1E为心脏VR图像, 图1F为冠状动脉树VR图像, 图1G为冠状动脉树MIP图像, 图1H为左冠状动脉前降支CPR图像。

可见左冠状动脉前降支近段钙斑、软斑并管腔重度狭窄, 人工后处理与AI后处理图像在血管走形、斑块显示、斑块狭窄方面均显示良好。



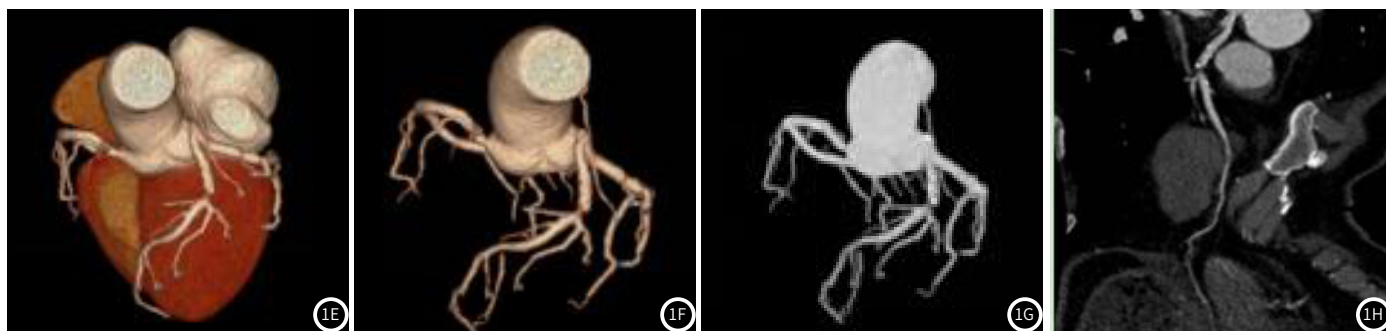


图1A 为心脏VR图像；图1B 为冠状动脉树VR图像；图1C 为冠状动脉树MIP图像；图1D 为左冠状动脉前降支CPR图像；图1E 为心脏VR图像；图1F 为冠状动脉树VR图像；图1G 为冠状动脉树MIP图像；图1H 为左冠状动脉前降支CPR图像。

3 讨论

现阶段，临床关于冠心病的病因和发病机理尚未完全阐明，但多因为与高血脂、高血压、肥胖等因素有关，由于该病主要是由冠状动脉壁上斑块积聚所致，因此临床通过CGA检查以评估患者的冠状动脉情况，进而可发挥一定的临床诊疗决策指导作用，但CGA检查属于侵入性操作，从而易增加出血、感染等并发症，影响患者预后^[8]。

随着影像学技术的不断创新，冠状动脉CTA检查已能够通过获取高分辨率的冠状动脉解剖图像，进而为医师诊断、评估疾病提供依据，但其在应用中既往多是使用人工图像后处理的方式，故其诊断结果易受医师工作经验及专业性等因素的影响^[9]。AI技术属于一种信息科学，具有可延伸、模拟、扩展人类智能的特点，将你应用于冠状动脉CTA检查的图像后处理中，可有助于缩短图像分析时间，快速对比出冠状动脉的变化，包括狭窄、斑块性质等，进而为医师诊疗疾病提供有效的参考，发挥改善患者预后的指导作用^[10]。依据上述研究结果：两组间图像质量优良率比较无差异($P>0.05$)，表明在冠状动脉CTA图像后处理的应用中，人工与AI技术在图像质量中的效果相当。分析其原因可能为在人工与AI图像后处理中均可通过有效着色、渲染图像，以使得血管整体感强、边缘清晰，进而达到视觉感观相当的效果^[11]。

临床对冠状动脉斑块进行及时、准确(包括性质及狭窄情况)，可有助于为后期开展个性化治疗提供指导，尤其是斑块不稳定或狭窄程度较高的患者，可通过实施早期干预以有效减少不良事件发生^[12]。依据上述研究结果：人工组共检出斑块835个，AI组共检出斑块835个，以人工组诊断结果为标准，AI组冠状动脉斑块性质总准确率为95.81%，且人工组与AI组对冠状动脉斑块性质检测结果的一致性高， $Kappa=0.923(P<0.001)$ ，表明在冠状动脉CTA图像后处理的应用中，人工与AI技术在冠状动脉斑块性质检测中的效果相当。分析其原因可能为AI技术在图像后处理中，可有效识别斑块的形态、密度等特征，进而有助于准确识别斑块性质，达到与人工对冠状动脉斑块性质检测结果较高的一致性^[13]。此外，依据上述研究结果：以血管为单位，以CGA为标准，共检出冠状动脉狭窄209支，冠状动脉非狭窄186支，其中人工组与CGA对冠状动脉狭窄检出结果的一致性高， $Kappa=0.959(P<0.001)$ ；AI组与CGA对冠状动脉狭窄检出结果的一致性高， $Kappa=0.934(P<0.001)$ ；人工组、AI组诊断冠状动脉狭窄的特异度、灵敏度、准确度经比较，无明显差异($P>0.05$)，表明在冠状动脉CTA图像后处理的应用中，人工与AI技术在冠状动脉狭窄诊断中的效果相当。分析其原因

可能为AI技术通过应用计算机视觉技术、深度学习等，可获得一系列后处理图像，进而能够准确识别、评估管腔狭窄情况，但其在应用中也受斑块形态、性质的影响而出现硬化伪影，进而引发漏诊、误诊现象^[14]。

综上所述，在冠状动脉CTA图像后处理的应用中，人工与AI技术在图像质量、冠状动脉斑块性质检测及冠状动脉狭窄诊断中的效果相当。但本研究存在未涉及冠状动脉狭窄程度的定量分析、区域单一等不足，后期需排除以上不足，并开展大样本多中心研究，以期研究结果更具说服力。

参考文献

- [1] 韩莎莎,程留慧,张卉. 人工智能冠状动脉CT血管成像在评估冠状动脉狭窄中的应用价值[J]. 临床放射学杂志, 2024, 43(3): 456-460.
- [2] 顾湘,姚倩东,何禹宏. CT血管造影结合血清Klotho和FGF23水平对冠脉临界病变血管狭窄程度的诊断价值[J]. 中国CT和MRI杂志, 2023, 21(9): 91-93.
- [3] 李猛,陈亚明,胡波,等. 基于冠脉CT血管成像的人工智能平台在检测老年冠脉病变及冠状动脉狭窄程度评估中的应用价值[J]. 中国老年学杂志, 2023, 43(10): 2316-2319.
- [4] 刘春雨,谢媛,苏晓芹,等. 基于人工智能的冠状动脉CT血管成像检测阻塞性冠状动脉狭窄效能的研究[J]. 国际医学放射学杂志, 2021, 44(5): 516-522.
- [5] 赵福琳,陈渊菁,刘俊七,等. 对比人工与人工智能图像后处理冠状动脉CT血管造影显示冠状动脉解剖及其病变[J]. 中国介入影像与治疗学, 2022, 19(12): 782-786.
- [6] 张晓浩,刘军波,范丽娟. 人工智能技术应用于冠状动脉CTA图像后处理的可行性[J]. 放射学实践, 2021, 36(8): 994-999.
- [7] 左晨,刘畅,付丽媛. 人工智能冠状动脉CT血管造影检测冠状动脉狭窄的应用价值研究[J]. 中国医学装备, 2022, 19(12): 11-14.
- [8] 麦维铸,关宏江,符士凤. 64排螺旋CT冠状动脉成像检查对冠心病的诊断价值研究[J]. 现代医学与健康研究电子杂志, 2024, 8(2): 82-84.
- [9] 耿纪刚,李笑石,朱寅虎,等. 不同扫描方式对CCTA人工智能重建与分析的影响[J]. 中国医疗设备, 2022, 37(8): 70-75.
- [10] 董含微,潘俊,常天静,等. 冠状动脉VR成像人工重建与人工智能重建的对比研究[J]. 现代仪器与医疗, 2023, 29(1): 24-28.
- [11] 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, 36(8): 1322-1325.
- [12] 祁冬,姚传顺,胡淑敏,等. 人工智能在冠状动脉CT血管成像图像后处理和冠状动脉狭窄诊断中的应用[J]. 江苏大学学报: 医学版, 2023, 33(4): 323-327.
- [13] 胡小丽,向守洪,胡荣慧,等. 人工智能在冠状动脉CT血管成像后处理和诊断报告的初步评估[J]. 国外医学: 放射医学核医学分册, 2020, 44(1): 5-10.
- [14] 施丽萍,张亚平,唐倩韵,等. 人工智能辅助冠状动脉CT血管成像处理系统对临床工作效率影响的研究[J]. 中国医学创新, 2022, 19(26): 163-166.

(收稿日期: 2024-08-24)

(校对编辑: 翁佳鸿)