

人工智能在头颈CTA图像后处理和诊断头颈动脉狭窄中的应用价值

祁 冬, 乔晓春, 施 彪, 沈 艳, 胡淑敏, 姚木子

The Value of Artificial Intelligence in Post-processing Head and Neck CTA Images and Diagnosing Head and Neck Artery Stenosis

QI Dong, QIAO Xiaochun, SHI Biao, SHEN Yan, HU Shumin, and YAO Muzi

在线阅读 View online: <https://doi.org/10.15953/j.ctta.2023.105>

您可能感兴趣的其他文章

Articles you may be interested in

COVID-19各临床分型对应CT表现及人工智能辅助应用价值

The Clinical Subtypes of Corona Virus Disease 2019 Correspond to CT Findings and the Value of Artificial Intelligence

CT理论与应用研究. 2020, 29(5): 534–542

基于人工智能技术的非门控胸部CT平扫对冠状动脉钙化积分的准确性评价

Accuracy Evaluation of Coronary Artery Calcification Score by Non Gated Chest CT Scan Based on Artificial Intelligence Technology

CT理论与应用研究. 2021, 30(1): 106–113

基于人工智能的胸部CT肺结节检出及良恶性诊断效能评估

Evaluation of Detection and Diagnostic Efficiency of Pulmonary Nodules by Chest CT Based on Artificial Intelligence

CT理论与应用研究. 2021, 30(6): 709–715

探讨CT扫描剂量对人工智能检测肺结节效能的影响

To Explore the Effect of CT Scan Dose on the Efficacy of Artificial Intelligence in Detecting Lung Nodules

CT理论与应用研究. 2021, 30(4): 455–465

人工智能辅助诊断系统在肺结节检测及良恶性判断中的应用价值

Artificial Intelligence-assisted Diagnosis in Detecting Lung Nodules and Differentiating Benign from Malignant Nodules

CT理论与应用研究. 2024, 33(3): 325–331

CT窗口设置对人工智能分类肺部病变结果的影响

Effect of Computed Tomography Window Technique on the Results of Artificial Intelligence Classification of Lung Lesions

CT理论与应用研究. 2023, 32(4): 515–522



关注微信公众号, 获得更多资讯信息

祁冬, 乔晓春, 施彪, 等. 人工智能在头颈 CTA 图像后处理和诊断头颈动脉狭窄中的应用价值[J]. CT 理论与应用研究 (中英文), 2024, 33(6): 790-798. DOI:10.15953/j.ctta.2023.105.
QI D, QIAO X C, SHI B, et al. The Value of Artificial Intelligence in Post-processing Head and Neck CTA Images and Diagnosing Head and Neck Artery Stenosis[J]. CT Theory and Applications, 2024, 33(6): 790-798. DOI:10.15953/j.ctta.2023.105. (in Chinese).

人工智能在头颈 CTA 图像后处理和 诊断头颈动脉狭窄中的应用价值

祁冬, 乔晓春[✉], 施彪, 沈艳, 胡淑敏, 姚木子

蚌埠市第一人民医院医学影像科, 安徽 蚌埠 233000

摘要: 目的: 探讨人工智能 (AI) 对头颈动脉 CTA 图像后处理和诊断头颈动脉狭窄中的价值。方法: 回顾性收集 2022 年 11 月至 2023 年 10 月 42 例均行头颈 CTA 和头颈动脉数字减影血管造影 (DSA) 检查患者的影像学资料。图像后处理及诊断分为 AI 组和人工组, 对比两组在图像后处理用时和图像质量主观评分及识别头颈动脉斑块性质 (钙化斑块、非钙化斑块和混合性斑块) 的差异。以 DSA 结果为金标准, 对比两组在诊断头颈动脉狭窄的敏感性、特异性、阳性预测值、阴性预测值及准确率差异, 并将两组诊断结果与 DSA 结果进行一致性 Kappa 检验; 采用受试者操作特征曲线 (ROC) 分析 AI 组和人工组对头颈动脉狭窄的诊断效能, 并采用 Z 检验比较其差异。结果: AI 组后处理及诊断用时为 (366.48 ± 18.54) s, 较人工组 (1291.63 ± 52.27) s 缩短了约 71.65%, 差异有统计学意义; 两种方法得到图像质量主观评分差异无统计学意义。人工组共识别头颈动脉斑块 145 个, AI 组共识别头颈动脉斑块 145 个, 其中 AI 组准确识别不同性质斑块 141 个, 总准确率为 97.24% (141/145)。AI 组与人工组对识别头颈动脉钙化斑块、非钙化斑块及混合性斑块差异均无统计学意义, 且两组识别斑块性质的一致性较好 (Kappa = 0.845)。AI 组诊断头颈动脉狭窄的敏感性、特异性、阳性预测值、阴性预测值及准确率分别为 87.09% (27/31)、81.82% (9/11)、93.10% (27/29)、69.23% (9/13) 和 85.71% (36/42), 与 DSA 诊断头颈动脉狭窄一致性较好 (Kappa = 0.792); 人工组诊断头颈动脉狭窄的敏感性、特异性、阳性预测值、阴性预测值及准确率分别为 90.32% (28/31)、81.82% (9/11)、93.33% (28/30)、75.00% (9/12) 和 88.10% (37/42), 与 DSA 诊断头颈动脉狭窄一致性较好 (Kappa = 0.801), 并且两组诊断效能差异均无统计学意义。ROC 曲线分析结果显示, AI 组与人工组诊断头颈动脉狭窄的曲线下面积 (AUC) 分别为 0.845 和 0.861, 差异无统计学意义。结论: AI 技术在头颈 CTA 图像后处理用时、评估头颈动脉狭窄及斑块性质识别方面具有较高的临床价值, 可作为医师分析诊断头颈 CTA 的有效辅助工具。

关键词: 人工智能; CT 血管成像; 图像后处理; 数字减影血管造影

DOI:10.15953/j.ctta.2023.105

中图分类号: R814.42

文献标识码: A

随着我国老龄化人口数量的不断增长, 缺血性脑卒中的发病率逐年上升, 而缺血性脑卒中的生理病理基础就是动脉粥样硬化性斑块的形成所导致的管腔狭窄。因此, 及时检测出颈动脉斑块是预防缺血性脑卒中的关键^[1]。

目前头颈动脉 CT 血管成像 (CT angiography, CTA) 是临床中检查头颈动脉血管性病变的重要检查方法, 但是其需要复杂的图像后处理, 耗费大量时间, 随着患者数量增多导致医生工作量大大增加, 容易造成医生出现视觉疲劳, 导致误诊或漏诊现象发生。因此, 急需一种高效、准确的头颈血管诊断软件辅助医生进行诊断。

近年来, 随着人工智能 (artificial intelligence, AI) 技术不断成熟, 已逐渐应用于医疗领域, 并取得了一定的进展^[2-3]。AI 技术的最重要的优势之一就是高效快捷, 缩短时间提高效率, 但是 AI 技术在头颈血管后处理图像质量及诊断效能方面的研究国内外报道相对较少。Lang 等^[4]通过采用传统 3D 数字减影血管造影 (3D-DSA) 与基于 AI 技术的 3D 血管造影 (3DA) 进行对比研究, 结果表明 3DA 可以准确显示颅内血管, 并能够降低患者辐射剂量。而国内采用 AI 技术对冠状动脉 CTA 的研究报道较多, 王亚娟等^[5]、李浚利等^[6]采用 AI 技术辅助诊断系统对冠状动脉狭窄进行评估, 结果均

收稿日期: 2023-06-07。

表明 AI 技术诊断冠状动脉狭窄均有较高的准确率，并且可以缩短时间。

本研究探讨采用人工方法和 AI 技术两种方式对头颈血管图像进行后处理及诊断，评价二者在图像后处理用时、图像质量及诊断效能方面的差异，以期明确 AI 技术能否辅助医生对头颈血管进行后处理及准确诊断，从而减轻医生工作量，提高工作效率。

1 资料与方法

1.1 一般资料

回顾性收集我院 2022 年 11 月至 2023 年 10 月 42 例均行头颈 CTA 和头颈动脉 DSA 检查患者的影像学资料。其中男性 31 例，女性 11 例，年龄 34~82 岁，平均年龄 (63.48 ± 11.82) 岁。

排除标准：① 甲亢、哮喘病患者；② 碘对比剂过敏患者；③ 严重肝肾功能不全患者；④ 有明显金属或运动伪影影响患者。本研究所有患者及家属均签署检查知情同意书。

1.2 仪器与方法

1.2.1 头颈 CTA 检查方法

采用 GE 公司 256 排 Revolution CT 扫描仪。主要扫描参数：管电压 100 kVp，管电流采用自动管电流调制技术 (Smart mA)，调节范围 150~480 mA。采用螺旋扫描，转速 0.28 s/r，Z 轴探测器覆盖范围 8 cm，螺距 0.992:1，扫描层厚、层间距 5.0 mm，重建层厚 0.625 mm。

采用阈值自动触发扫描技术，监测感兴趣区设置于主动脉弓，触发阈值 120 HU，监测延迟时间 8.3 s，触发延迟扫描时间 3.4 s，扫描方向及范围从主动脉弓扫描至头顶。采用德国欧力奇双筒高压注射器，经肘正中静脉注射对比剂，使用碘浓度为 320 mgI/mL 碘克沙醇对比剂，用量 0.8~1.0 mL/kg，注射流速 4.5~5.0 mL/s，对比剂注射完毕再以相同的流速继续注射 20 mL 生理盐水。

1.2.2 CAG 检查方法

采用飞利浦 UNIQ FD20 2 000 mA 大型数字减影血管造影 X 线机，采集速度 12~28 帧/s，采集矩阵 1024×1024 。采用单筒高压注射器，注射碘浓度为 320 mgI/mL 碘克沙醇对比剂，注射流速 6.5~8.5 mL/s，用量 25~35 mL/次。

经股动脉穿刺，将导管送至主动脉弓部进行造影，在颈动脉造影检查结束时，继续将导管送至颈动脉末段进行颅内动脉造影检查，选择头颈动脉病变合适位置采集图像。

1.3 图像后处理

将头颈 CTA 原始数据分别传至 GE AW4.7 工作站及 AI 头颈动脉辅助诊断软件 (Cerebral Doc) 对头颈 CTA 图像进行后处理。本研究中 AI 技术基于卷积神经网络深度学习技术，该模型通过在每一个卷积层采用大量卷积核作为特征提取器，通过在每个层之间进行池化与非线性激活操作，卷积核在滑过整个图像后，获取的图像包含了大量特征信息，包括血管分割、中心线提取及斑块性质识别，能够完整显示血管走形、形态及管腔狭窄程度。

人工组后处理由 5 年以上三维后处理经验丰富的高年资主治医师进行头颈 CTA 图像后处理，包括容积再现 (volume rendering, VR)、曲面重组 (curved planar reformation, CPR)、多平面重组 (multiplanar reformation, MPR)、最大密度投影 (maximal intensity projection, MIP)^[7] 等。

1.4 图像分析

选择颈总动脉 (common carotid artery, CCA)、颈内动脉 (internal carotid artery, ICA)、大脑前动脉 (anterior cerebral artery, ACA)、大脑中动脉 (middle cerebral artery, MCA) 和大脑后动脉 (posterior cerebral artery, PCA) 近中段作为观察对象。

头颈动脉斑块性质判断标准：根据斑块 CT 值大小将斑块分为钙化斑块 (> 350 HU)、非钙化性斑

块(-100~190 HU)及混合性斑块,混合性斑块包括钙化及非钙化成分^[8]。头颈动脉管腔狭窄评价标准:参照北美症状性颈动脉内膜切除术(north american symptomatic carotid endarterectomy trial, NASCET)标准^[9]分为轻度狭窄(<50%)、中度狭窄(50%~69%)、重度狭窄(70%~99%)和闭塞。

所有图像评价均由两名高年资中级以上医师采用双盲法进行评价,意见不一致,通过协商达成一致。

1.5 工作效率及图像质量评价

分别记录 AI 组和人工组后处理头颈 CTA 及诊断头颈动脉狭窄的时间,在单位时间和人员条件下,以平均时间增益率来反映 AI 技术对工作效率的提升^[10]。

平均时间增益 = 两组后处理时间平均值的差值/两组后处理时间平均值中的高值 × 100%。 (1)

由两名副主任医师采用双盲法对两组后处理三维图像进主观评价。评价标准采用 4 分制^[11]: 4 分:头颈动脉主干及分支边缘光滑清晰,细支动脉显示较好,无静脉污染; 3 分:头颈动脉主干及分支显示良好、细支动脉显示良好,有轻微静脉污染; 2 分:头颈动脉主干及分支显示一般,细支动脉显示欠佳,中度静脉污染; 1 分:头颈动脉主干及分支显示较差,细支动脉未显示,静脉污染严重。

图像质量客观评价。分别测量 CCA 中段、ICA 中段和 ACA 中段的 CT 值及标准差(SD),ROI 大小为 5 mm²,将测量的血管 CT 值大小作为信号强度值(SI),标准差(SD)作为背景噪声。测得同层面的胸锁乳突肌及脑白质的 CT 值大小作为背景信号强度值,测量时避开骨骼及斑块区,分别测量 3 次取其平均值作为参考值。分别计算信噪比(SNR)和对比噪声比(CNR):

$$SNR = SI_{\text{血管}} / SD, \quad (2)$$

$$CNR = \frac{(SI_{\text{血管}} - SI_{\text{肌肉}})}{SD}. \quad (3)$$

1.6 统计学分析

采用 SPSS 22.0 软件对数据进行统计学分析。计量资料以 ($\bar{x} \pm s$) 表示,行配对样本 *t* 检验;计数资料以频数或百分比(%)表示,采用配对 χ^2 检验。

绘制人工组与 AI 组的受试者操作特性曲线(ROC),计算曲线下面积(AUC),并采用 Z 检验比较其差异;以 DSA 为参考金标准,计算两组诊断头颈动脉狭窄的敏感性、特异性、阳性预测值、阴性预测值和准确率,并与 DSA 结果的一致性行 Kappa 检验。Kappa ≥ 0.75 认为一致性较好,0.40 < Kappa < 0.75 认为一致性中等, Kappa ≤ 0.40 认为一致性差。以 *P* < 0.05 为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 AI 组与人工组工作效率及图像质量比较

AI 组后处理及诊断用时为 (366.48 ± 18.54) s,较人工组 (1291.63 ± 52.27) s 缩短了约 71.65%,差异有统计学意义;AI 组平均时间增益率为 71.65%,即 AI 组较人工组后处理及诊断用时缩短 71.65%。

两组后处理图像质量主观评价中, AI 组评分为 (3.65 ± 0.21) 分,人工组评分为 (3.72 ± 0.33) 分,差异无统计学意义;人工组与 AI 组两组间 CCA、ICA 和 ACA 的 SNR 和 CNR 差异均无统计学意义(图 1~图 2)。

2.2 AI 组与人工组识别斑块性质结果比较

以人工组诊断结果为参考标准,人工组共识别头颈动脉斑块 145 个, AI 组共识别头颈动脉斑块 145 个,其中 AI 组准确识别不同性质斑块 141 个,总准确率为 97.24% (141/145)。AI 组准确识别钙化斑块 44 个,准确率为 89.80% (44/49);识别非钙化斑块 45 个,准确率为 88.24% (45/51);

识别混合性斑块 41 个，准确率为 91.11% (41/45)；误诊斑块 4 个，误诊率为 2.76% (4/145)，典型图像 (图 3)。AI 组与人工组对识别头颈动脉钙化斑块、非钙化斑块及混合性斑块差异均无统计学意义，且两组识别斑块性质的一致性较好 (Kappa = 0.845) (表 1)。

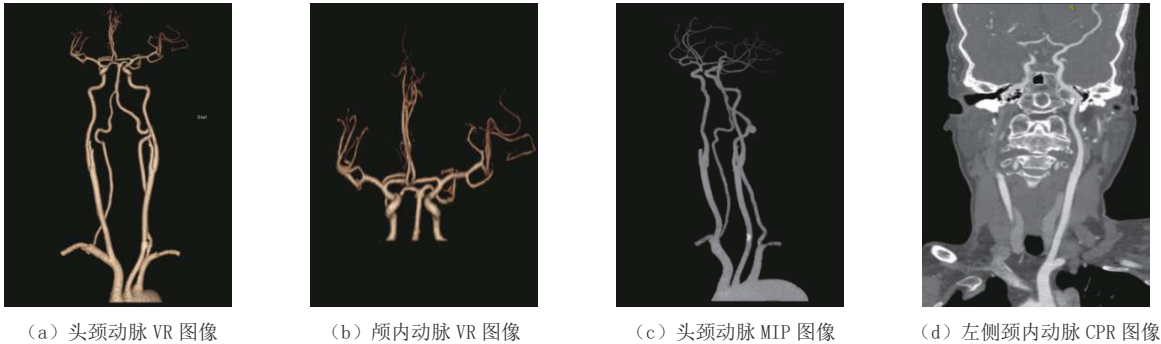


图 1 传统工作站后处理图像
Fig.1 Traditional workstation post-processing images

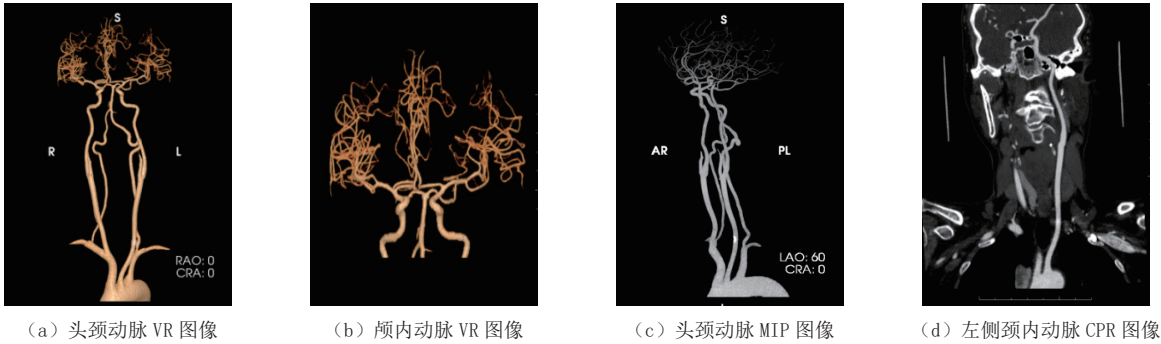


图 2 AI 辅助诊断软件后处理图像
Fig.2 AI-aided diagnostic software post-processing images

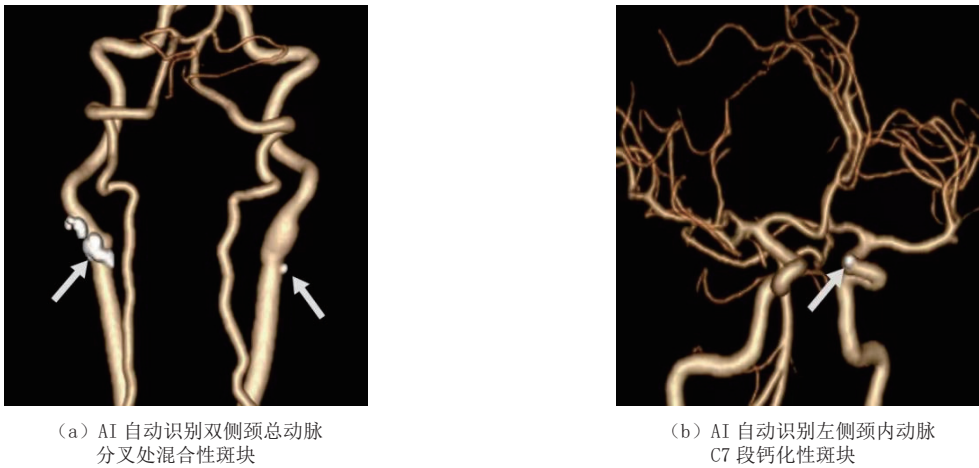


图 3 AI 自动识别典型斑块图像
Fig.3 AI automatically recognizes typical plaque images

2.3 AI 组与人工组诊断头颈动脉狭窄结果比较

以 CCA、ICA、ACA、MCA 和 PCA 近中段作为观察对象，CAG 结果作为诊断头颈动脉狭窄“金标准”，人工组与 AI 组诊断头颈动脉狭窄的敏感性、特异性、阳性预测值、阴性预测值和准确率差异均无统计学意义，两组诊断方式结果与 DSA 结果一致性均较好 (Kappa = 0.801、0.792) (表 2 和表 3)。

表 1 AI 组与人工组识别头颈动脉斑块性质结果比较 (n = 145)
Table 1 Comparison of the results of head and carotid plaque identification between AI and artificial groups (n = 145)

AI 组	人工组			合计
	钙化性斑块	非钙化性斑块	混合性斑块	
钙化性斑块	44	3	2	49
非钙化性斑块	3	45	2	50
混合性斑块	2	3	41	46
合计	49	51	45	145

表 2 AI 组、人工组与 DSA 诊断头颈动脉狭窄结果比较 (n = 42)
Table 2 Comparison of the results of AI group, manual group and DSA diagnosis of head and neck artery stenosis (n = 42)

人工组	DSA		合计	Kappa		AI 组	DSA		合计	Kappa
	阳性	阴性					阳性	阴性		
阳性	28	2	30			阳性	27	2	29	
阴性	3	9	12			阴性	4	9	13	
合计	31	11	42	0.801		合计	31	11	42	0.792

表 3 AI 组与人工组对头颈动脉狭窄诊断效能比较 (%)
Table 3 Comparison of diagnostic efficacy of AI group and manual group for head and neck artery stenosis (%)

组别	敏感性/%	特异性/%	阳性预测值/%	阴性预测值/%	准确率/%
人工组	90.32	81.82	93.33	75.00	88.10
AI 组	87.09	81.82	93.10	69.23	85.71
χ^2	0.161	0.000	0.001	0.103	0.105
P	0.688	1.000	0.972	0.748	0.746

2.4 AI 组与人工组诊断头颈动脉狭窄 ROC 曲线分析

ROC 曲线分析结果显示, 人工组诊断头颈动脉狭窄的 ROC 曲线 AUC 值为 0.861 (标准误差: 0.075, 95% CI: 0.741~1.000, $P < 0.001$); AI 组诊断头颈动脉狭窄的 ROC 曲线 AUC 值为 0.845 (标准误差: 0.077, 95% CI: 0.694~0.995, $P < 0.001$), 差异无统计学意义 ($Z = 1.000$, $P = 0.317$) (图 4)。

3 讨论

以往部分临床医师采用血管内超声 (intra vascular ultrasound, IVUS) 技术诊断颈动脉狭窄, 通过导管将微型超声探头置入血管内腔进行显像, 该技术能够清晰显示血管横断面, 准确测量管腔内径及截面积, 并能够根据声学特征对斑块进行准确分类, 明确斑块性质及稳定性, 对指导临床后期治疗意义重大。但是 IVUS 属于有创检查, 操作技术难度大、费用高昂, 且具有一定的并发症等风险, 难以作为常规检查开展^[12]。

磁共振 (magnetic resonance imaging, MRI) 头颈动脉血管成像由于无需注射对比剂, 是临床诊断头颈血管狭窄的常用检查手段, 但是其检查时间较长, 噪音较大, 经常出现运动伪影, 影响诊断。另外, 对于狭窄或弯曲处的复杂血流, 常常由于血流失相位作用导致信号丢失, 进而夸大了管腔狭窄程度。

AI 技术作为近年来计算机领域的一种新兴技术, 应用领域非常广泛, 尤其 AI 和影像技术的共同发展促进其在医学影像领域的广泛应用。陈丽虹等^[13]基于 AI 的冠状动脉钙化积分, 在评估心血管

事件危险分层及钙化积分测量方面具有较高的准确性。

AI 技术对于 CTA 图像后处理及诊断与传统后处理工作站完全不同,传统工作站处理主要以 CT 值作为图像分析参考标准,而 AI 技术则是基于计算机视觉技术、深度学习技术和深度卷积神经网络进行图像识别和管腔狭窄评估^[14],左晨等^[15]基于 AI 的冠状动脉 CT 血管造影诊断冠状动脉狭窄,诊断敏感性、特异性和准确率分别为 92.08%、87.93% 和 77.99%,与人工诊断的一致性较好 ($Kappa = 0.844$)。

由于 AI 技术在进行头颈 CTA 图像后处理中会自动删减一些人工重建所需的步骤,从而可以整体缩短后处理时间^[16]。Fan 等^[17]学者研究报道,AI 重建与技师手动重建相比,AI 重建合格率达 92.1%,图像后处理平均时间由 (14.22 ± 3.64) min 缩短至 (4.94 ± 0.36) min。本研究中,AI 组后处理及诊断用时为 (366.48 ± 18.54) s,较人工组后处理及诊断用时缩短约 71.65%,明显提高了工作效率,差异有统计学意义。

另外,本研究中,AI 在 CPR、MIP、VR 等图像着色渲染方面表现良好,血管立体感强,血管边缘清晰锐利;主观评价中,AI 组评分为 (3.65 ± 0.21) 分,与人工组比较,差异无统计学意义;客观评价中,两组图像在 CCA、ICA 和 ACA 的 SNR 和 CNR 无显著差异,与姜雪等^[14]学者研究结果一致。

头颈动脉斑块性质的准确识别对临床诊疗手段的选择具有重要临床意义,斑块的稳定性和其性质具有一定关系,特别是头颈动脉主干的非钙化性斑块脱落的风险较大,脱落后随着血液循环流动,容易造成远端血管栓塞,进而导致相应部位脑组织发生梗死,该种类型的斑块需要早期积极干预处理。而对于需要手术或介入治疗的斑块,术前了解斑块的性质、大小和周围组织器官之间的解剖关系也是非常必要的。另外,据相关研究报道^[18],管腔狭窄程度与斑块性质存在相关性,钙化斑块一般只会导致管腔轻度狭窄,而非钙化斑块及混合性斑块则会导致管腔中重度狭窄,甚至闭塞。

在识别斑块性质方面,本研究结果表明,AI 组准确识别钙化斑块、非钙化斑块和混合性斑块的准确率为别 89.80%、88.24% 和 91.11%,误诊率为 2.76%,与人工组比较,在块性质识别方面无明显差异,且一致性较好 ($Kappa = 0.845$),说明 AI 技术可以通过斑块的形态、密度等特征,能够准确识别斑块的性质。另外,本研究对误诊斑块进行了分析,主要原因是血管与颅骨相贴较近,AI 将颅骨误诊为钙化斑块。

在诊断管腔狭窄方面,本研究中 AI 组诊断头颈动脉狭窄的敏感性、特异性、阳性预测值、阴性预测值及准确率分别为 87.09%、81.82%、93.10%、69.23% 和 85.71%,与 DSA 一致性较好;人工组诊断头颈动脉狭窄的敏感性、特异性、阳性预测值、阴性预测值及准确率分别为 90.32%、81.82%、93.33%、75.00% 和 88.10%,两组诊断效能差异均无明显统计学意义。另外,ROC 曲线分析结果表明,人工组与 AI 组诊断头颈动脉狭窄 AUC 值分别为 0.861 和 0.845 ($P > 0.05$),说明 AI 技术在评估头颈动脉狭窄方面具有较高的诊断价值。

本研究不足之处。① 本研究属于小样本单中心研究;② 未对头颈动脉狭窄程度类型进行分类分析;③ 未对头颈血管性疾病(如动脉瘤、动静脉畸形、静脉畸形等)的后处理效果及诊断效能进行分析。因此本研究结果可能存在偏差,仍需大样本、多中心研究验证。

综上所述,AI 技术在头颈 CTA 图像后处理、评估头颈动脉狭窄及斑块性质识别方面具有较高的临床价值,可作为放射医师分析诊断头颈 CTA 的有效辅助工具。

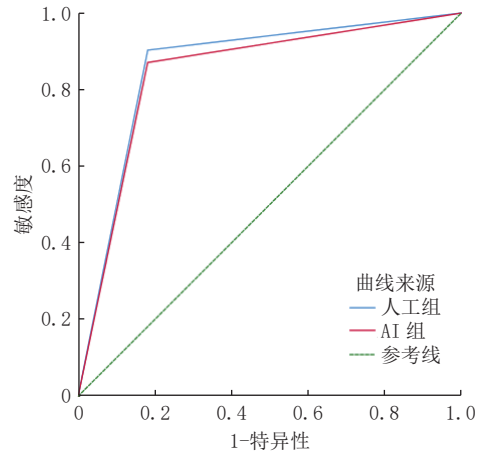


图 4 人工组与 AI 组诊断头颈动脉狭窄 ROC 曲线
Fig. 4 ROC curve of head and carotid artery stenosis diagnosed by manual group and AI group

参考文献

- [1] 王凌. 头颈部联合血管超声在老年急性脑梗死患者颈动脉狭窄诊断中的应用[J]. *中国老年学杂志*, 2021, 41(12): 2490-2493. DOI:10.3969/j.issn.1005-9202.2021.12.009.
WANG L. Application of combined head and neck vascular ultrasound in the diagnosis of carotid stenosis in elderly patients with acute cerebral infarction[J]. *Chinese Journal of Gerontology*, 2021, 41(12): 2490-2493. DOI:10.3969/j.issn.1005-9202.2021.12.009. (in Chinese).
- [2] 张宝忠. 人工智能肺结节筛查在肺癌高危人群中应用价值研究[J]. *系统医学*, 2021, 6(2): 59-61, 80. DOI:10.19368/j.cnki.2096-1782.2021.02.059.
ZHANG B Z. Research on the application value of artificial intelligence lung nodule screening in high-risk groups of lung cancer[J]. *Systems Medicine*, 2021, 6(2): 59-61, 80. DOI:10.19368/j.cnki.2096-1782.2021.02.059. (in Chinese).
- [3] 周晨怡, 朱芳莲, 王艳玲, 等. 人工智能辅助低年资放射科医师检出乳腺病变[J]. *中国介入影像与治疗学*, 2021, 18(6): 345-349. DOI:10.13929/j.issn.1672-8475.2021.06.006.
ZHOU C Y, ZHU F L, WANG Y L, et al. Artificial intelligence assisted junior radiologists in detecting breast lesions on mammography[J]. *Chinese Interventional Imaging and Therapeutics*, 2021, 18(6): 345-349. DOI:10.13929/j.issn.1672-8475.2021.06.006. (in Chinese).
- [4] LANG S, HOELTER P, SCHMIDT M, et al. Evaluation of an artificial intelligence-based 3D-angiography for visualization of cerebral vasculature[J]. *Clinical Neuroradiology*, 2020, 30(4): 705-712. DOI:10.1007/s00062-019-00836-7.
- [5] 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. DOI:10.13507/j.issn.1674-3474.2021.04.022.
WANG Y J, XIN J, LIU W Y, et al. Diagnostic value of artificial intelligence-aided diagnosis system for coronary artery stenosis[J]. *Chinese Journal of Practical Diagnosis and Therapy*, 2021, 35(4): 408-411. DOI:10.13507/j.issn.1674-3474.2021.04.022. (in Chinese).
- [6] 李浚利, 黄益龙, 韩丹, 等. 冠状动脉 CT 血管成像中人工智能诊断冠心病的准确性[J]. *中国医学影像技术*, 2021, 37(1): 59-62. DOI:10.13929/j.issn.1003-3289.2021.01.013.
LI J L, HUANG Y L, HAN D, et al. Diagnostic accuracy of artificial intelligence for coronary heart disease in coronary CT angiography[J]. *Chinese Journal of Medical Imaging Technology*, 2021, 37(1): 59-62. DOI:10.13929/j.issn.1003-3289.2021.01.013. (in Chinese).
- [7] 沈海玉, 刘正, 梅世文, 等. 基于 CT 血管造影和血管三维重建技术的肠系膜下动脉及分支临床解剖学研究[J]. *中华结直肠疾病电子杂志*, 2021, 10(3): 284-290. DOI:10.3877/cma.j.issn.2095-3224.2021.03.011.
SHEN H Y, LIU Z, MEI S W, et al. Clinical anatomy of the inferior mesenteric artery and branches based on CT angiography and vascular 3D reconstruction techniques[J]. *Chinese Electronic Journal of Colorectal Diseases*, 2021, 10(3): 284-290. DOI:10.3877/cma.j.issn.2095-3224.2021.03.011. (in Chinese).
- [8] NEWMAN J D, ROCKMAN C B, KOSIBOROD M, et al. Diabetes mellitus is a coronary heart disease risk equivalent for peripheral vascular disease[J]. *American Heart Journal*, 2017, 184: 114-120. DOI:10.1016/j.ahj.2016.09.002.
- [9] FISHER M, MARTIN A, COSGROVE M, et al. The nascetac plaque project. North American Symptomatic carotid artery endarterectomy trial: Asymptomatic carotid atherosclerosis study[J]. *Stroke Actions*, 1993, 24(S12): I24-I25.
- [10] 金晨望, 郭佑民. 人工智能辅助诊断技术在低剂量 CT 肺结节筛查中的应用及质控[J]. *中华放射学杂志*, 2019, 53(1): 6-8. DOI:10.3760/cma.j.issn.1005-1201.2019.01.003.
JIN C W, GUO Y M. Clinical application and quality control of artificial intelligent assisted diagnosis technology in lung nodule screening by low-dose CT[J]. *Chinese Journal of Radiology*, 2019, 53(1): 6-8. DOI:10.3760/cma.j.issn.1005-1201.2019.01.003. (in Chinese).
- [11] 崔茹欣, 钟朝辉, 王振常, 等. 探测器宽度对头颈 CTA 图像质量及辐射剂量影响的对比研究[J]. *临床放射学杂志*, 2020, 39(1): 165-168. DOI:10.13437/j.cnki.jcr.2020.01.035.
CUI R X, ZHONG C H, WANG Z C, et al. Study of image quality and radiation dose for CTA in intracranial and cervical arteries with different detector width[J]. *Journal of Clinical Radiology*, 2020, 39(1): 165-168. DOI:10.13437/j.cnki.jcr.2020.01.035. (in Chinese).
- [12] 吴祥波, 郑晗沛, 聂创, 等. 血管内超声在颈动脉斑块诊疗中的应用[J]. *介入放射学杂志*, 2020, 29(3): 241-245. DOI:10.3969/j.issn.1008-794X.2020.03.005.
WU X B, ZHENG H P, NIE C, et al. The clinical application of intravascular ultrasound in diagnosing and treating carotid web[J]. *Journal of Interventional Radiology*, 2020, 29(3): 241-245. DOI:10.3969/j.issn.1008-794X.2020.03.005. (in Chinese).
- [13] 陈丽虹, 郭银霞, 李雅楠, 等. 人工智能冠状动脉钙化积分自动测量方法的临床有效性评估[J]. *实用放射学*

- 杂志, 2023, 39(1): 45–48, 69. DOI:10.3969/j.issn.1002-1671.2023.01.012.
- CHEN L H, GUO Y X, LI Y N, et al. Clinical effectiveness evaluation of artificial intelligence automatic measurement method for coronary artery calcium score[J]. *Journal of Practical Radiology*, 2023, 39(1): 45–48, 69. DOI:10.3969/j.issn.1002-1671.2023.01.012. (in Chinese).
- [14] 姜雪, 李王佳, 魏淼, 等. 容积 CT 数字减影血管造影与人工智能技术对头颈 CTA 减影效果的比较[J]. *中国医疗设备*, 2020, 35(10): 113–116. DOI:10.3969/j.issn.1674-1633.2020.10.025.
- JIANG X, LI W J, WEI M, et al. Comparison of volume computed tomographic digital subtraction angiography and artificial intelligence technology in the subtraction effect of the head and neck CTA[J]. *China Equipment Medical*, 2020, 35(10): 113–116. DOI:10.3969/j.issn.1674-1633.2020.10.025. (in Chinese).
- [15] 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. DOI:10.3969/J. ISSN. 1672-8270. 2022. 12. 003.
- ZUO C, LIU C, FU L Y. Study on the application of AI-assisted CCTA in detecting coronary artery stenosis[J]. *China Medical Equipment*, 2022, 19(12): 11–14. DOI:10.3969/J. ISSN. 1672-8270. 2022. 12. 003. (in Chinese).
- [16] 萧毅, 刘士远. 客观看待人工智能在医学影像中的作用[J]. *放射学实践*, 2018, 33(10): 992–994. DOI:10.13609/j.cnki.1000-0313.2018.10.002.
- XIAO Y, LIU S Y. The role of artificial intelligence in medical imaging is viewed objectively[J]. *Radiology Practice*, 2018, 33(10): 992–994. DOI:10.13609/j.cnki.1000-0313.2018.10.002. (in Chinese).
- [17] FAN F, JIANYONG W, MIAO Z, et al. Rapid vessel segmentation and reconstruction of head and neck angiograms using 3D convolutional neural network[J]. *Nature Communication*, 2020, 11(1): 4829. DOI:10.1038/s41467-020-18606-2.
- [18] 冯长超, 付敏. CT 血管造影术在评估冠脉狭窄程度及其与斑块钙化程度关系中的应用[J]. *中国临床研究*, 2018, 31(10): 1347–1350. DOI:10.13429/j.cnki.cjcr.2018.10.012.
- FENG C C, FU M. Application of spiral CT angiography in evaluating the degree of coronary stenosis and its relationship with the degree of plaque calcification[J]. *Chinese Clinical Studies*, 2018, 31(10): 1347–1350. DOI:10.13429/j.cnki.cjcr.2018.10.012. (in Chinese).

The Value of Artificial Intelligence in Post-processing Head and Neck CTA Images and Diagnosing Head and Neck Artery Stenosis

QI Dong, QIAO Xiaochun[✉], SHI Biao, SHEN Yan, HU Shumin, YAO Muzi

Department of Medical Imaging, First People's Hospital of Bengbu City, Bengbu 233000, China

Abstract: Objective: Discuss the value of Artificial Intelligence (AI) in post-processing head and carotid artery CTA images and diagnosing head and carotid artery stenosis. Methods: The imaging data of 42 patients who all underwent head and neck CTA and digital subtraction angiography (DSA) of head and carotid arteries from November 2022 to October 2023 at our hospital were retrospectively collected. Image post-processing and diagnosis were divided into AI and manual groups to compare the differences in image post-processing time and subjective scores of image quality and identification of head and carotid artery plaque properties (calcified plaque, non-calcified plaque and mixed plaque) between the two groups. To compare the differences in sensitivity, specificity, positive predictive value, negative predictive value and accuracy of the two groups in diagnosing head and neck artery stenosis, using DSA results as the gold standard, and to perform the Kappa test for consistency between the two groups' diagnostic results and DSA results. The diagnostic efficacy of the AI and manual groups on the head and carotid artery stenosis was analyzed by subject operator characteristic curve (ROC) and compared by Z-test. Results: The post-processing and diagnostic time in the AI group was (366.48 ± 18.54) s, which was approximately 71.65% shorter than that in the manual group (1291.63 ± 52.27) s. The difference was statistically significant. The difference between the subjective scores of image quality obtained by the two methods was not statistically significant. A total of 145 head and neck artery plaques were identified in the manual group and 145 in the AI group, of which 141 plaques of different nature were accurately identified in the AI group, with an overall accuracy rate of 97.24% (141/145). There was no statistically significant difference between the AI group and the manual group for identifying calcified plaque, non-calcified plaque and mixed plaque in the head and carotid arteries, and the agreement between the two groups for identifying the nature of plaque was good (Kappa = 0.845). The sensitivity, specificity, positive predictive value, negative predictive value and accuracy of the AI group

in diagnosing head and neck artery stenosis were 87.09% (27/31), 81.82% (9/11), 93.10% (27/29), 69.23% (9/13) and 85.71% (36/42), respectively, which were in good agreement with DSA in diagnosing head and neck artery stenosis ($\text{Kappa} = 0.792$). The sensitivity, specificity, positive predictive value, negative predictive value and accuracy of the manual group in diagnosing head and neck artery stenosis were 90.32% (28/31), 81.82% (9/11), 93.33% (28/30), 75.00% (9/12) and 88.10% (37/42), respectively, which were in good agreement with DSA in diagnosing head and neck artery stenosis ($\text{Kappa} = 0.801$), and the difference in diagnostic efficacy was not statistically significant in either group. The results of the ROC curve analysis showed that the area under the curve (AUC) for the diagnosis of head and neck artery stenosis was 0.845 and 0.861 in the AI and manual groups, respectively, with no significant difference. Conclusion: AI technology has high clinical value in time spent on post-processing head and neck CTA images, assessing head and neck artery stenosis and identifying the nature of carotid plaque, and can be used as a useful aid for physicians in analyzing and diagnosing head and neck CTA.

Keywords: artificial intelligence; CT angiography; image post-processing; digital subtraction angiography



作者简介: 祁冬, 男, 蚌埠市第一人民医院医学影像科主管技师, 主要从事医学影像技术操作及血管三维后处理等研究, E-mail: 2389586363@qq.com; 乔晓春[✉], 男, 蚌埠市第一人民医院医学影像科副主任医师, 主要从事心脑血管疾病影像诊断研究, E-mail: 2117977370@qq.com。