

论著·头颈部

人工智能在螺旋CTA评估脑梗死颈部血管狭窄的应用*

方祥勇 吴绍全 杨正彬

宋辉 冯练 周琴*

重庆医科大学附属大足医院放射科
(重庆 402360)

【摘要】目的 分析人工智能在螺旋CT血管造影(CTA)评估脑梗死患者颈部血管狭窄的应用价值。**方法** 收集本院203例脑梗死患者资料,均行螺旋CTA检查,以数字减影血管造影(DSA)为“金标准”,比较人工评估、人工智能评估对颈内动脉C1段、C2~C3段、C4~C7段重度狭窄-闭塞诊断敏感度、特异度、准确率,并分析人工评估与人工智能评估一致性。**结果** 人工评估C1段重度狭窄-闭塞敏感度85.00%,特异度93.99%,准确率93.10%,评估C2~C3段敏感度84.00%,特异度91.57%,准确率90.64%,评估C4~C7段敏感度84.21%,特异度92.39%,准确率91.63%;人工智能评估C1段重度狭窄-闭塞敏感度80.00%,特异度92.90%,准确率91.63%,评估C2~C3段敏感度80.00%,特异度90.45%,准确率89.16%,评估C4~C7段敏感度84.21%,特异度91.30%,准确率90.64%;人工智能评估与人工评估C1段Kappa值0.73,评估C2~C3段Kappa值0.88,评估C4~C7段Kappa值0.81;人工智能评估与人工评估C1段、C2~C3段、C4~C7段重度狭窄-闭塞敏感度、特异度、准确率比较无统计学意义($P>0.05$)。**结论** 人工智能可有效辅助螺旋CTA评估脑梗死患者颈部血管狭窄,应用价值高。

【关键词】 脑梗死; CT血管造影;
人工智能; 血管狭窄

【中图分类号】 R543

【文献标识码】 A

【基金项目】 重庆市大足区科技发展项目
(DZKJ2023JSYJ-KWXM1017)

DOI:10.3969/j.issn.1672-5131.2025.06.002

Application of Artificial Intelligence in Spiral CTA Evaluation of Cervical Vascular Stenosis in Patients with Cerebral Infarction*

FANG Xiang-yong, WU Shao-quan, YANG Zheng-bin, SONG Hui, FENG Lian, ZHOU Qin*.

Department of Radiology, The Affiliated Dazu's Hospital of Chongqing Medical University, Chongqing 402360, China

ABSTRACT

Objective To analyze the application value of artificial intelligence in spiral CT angiography (CTA) evaluation of cervical vascular stenosis in patients with cerebral infarction. **Methods** The data of 203 patients with cerebral infarction who underwent spiral CTA in our hospital were collected. With digital subtraction angiography (DSA) as the gold standard, the sensitivity, specificity and accuracy of artificial evaluation and artificial intelligence evaluation of severe stenosis/occlusion in C1 segment, C2-C3 segment and C4-C7 segment of internal carotid artery were compared. The consistency between artificial evaluation and artificial intelligence evaluation was analyzed. **Results** The sensitivity, specificity and accuracy of manual evaluation of severe stenosis/occlusion in C1 segment were 85.00%, 93.99% and 93.10%. The sensitivity, specificity and accuracy of manual evaluation of severe stenosis/occlusion in C2-C3 segment were 84.00%, 91.57% and 90.64%. The sensitivity, specificity and accuracy of manual evaluation of severe stenosis/occlusion in C4-C7 segment were 84.21%, 92.39% and 91.63%. The sensitivity, specificity and accuracy of artificial intelligence evaluation of severe stenosis/occlusion in C1 segment were 80.00%, 92.90% and 91.63%. The sensitivity, specificity and accuracy of artificial intelligence evaluation of severe stenosis/occlusion in C2-C3 segment were 80.00%, 90.45% and 89.16%. The sensitivity, specificity and accuracy of artificial intelligence evaluation of severe stenosis/occlusion in C4-C7 segment were 84.21%, 91.30% and 90.64%. Consistency analysis between artificial intelligence evaluation and manual evaluation found that Kappa values for C1 segment, C2-C3 segment and C4-C7 segment were 0.73, 0.88 and 0.81. There was no statistically significant difference in sensitivity, specificity and accuracy between artificial intelligence evaluation and manual evaluation of severe stenosis/occlusion in C1 segment, C2-C3 segment and C4-C7 segment ($P>0.05$). **Conclusion** Artificial intelligence can effectively assist spiral CTA in evaluating cervical vascular stenosis in patients with cerebral infarction, and its application value is high.

Keywords: Cerebral Infarction; CT Angiography; Artificial Intelligence; Vascular Stenosis

脑血管病患主要危险因素为头颈部血管病变,相关调查显示,1/3左右缺血性脑病因为颈动脉病变所致^[1]。脑梗死发病主要由于脑部动脉血管出现粥样硬化改变,使得颈动脉狭窄甚至闭塞,影响动脉血流灌注,造成供血不足^[2-3]。临床早期评估颈动脉狭窄状况,对脑梗死更好防治、改善预后具有积极意义。数字减影血管造影(digital subtraction angiography, DSA)被认为是颈动脉狭窄评估“金标准”,然而其属于有创操作,且费用较高,限制了其广泛应用。在现代医学技术飞速发展背景下,CT血管造影(CT angiography, CTA)作为无创影像学检查手段,逐渐于脑血管疾病评估中得到越来越多应用。对于脑梗死而言,于有效时间窗内获得高质、有效CTA检查图像,作出准确诊断,为现今临床影像工作关注焦点。人工智能可以对CTA相关图像予以直接后处理重建,同时优化后处理图像,予以降噪分析^[4-5]。当前,关于人工智能在CTA检查中诊断不同解剖结构之中血管狭窄变化准确性有待进一步证实。本文分析了人工智能在螺旋CTA评估脑梗死患者颈部血管狭窄的应用价值,希望为临床提供一定参考。

1 资料与方法

1.1 一般资料 回顾性收集2023年1月至2024年2月本院203例脑梗死患者资料。

纳入标准: 符合脑梗死诊断标准^[6],且经影像学检查证实; >18 岁;体重50~75kg;具有正常精神及认知,顺利配合检查操作;血管分级Ⅰ~Ⅱ级(Ⅰ级:血管完整,呈现光滑且无杂质征象;Ⅱ级:血管完整,表面较为光滑或存在少量杂质干扰);具有完整CTA及DSA资料。排除标准:合并心肝肾等功能障碍;合并造血系统疾病及自身免疫性疾病等;颈动脉剥脱、恶性肿瘤、妊娠、哺乳期以及过敏体质者;合并动脉炎以及烟雾病等。其中男112例,女91例,年龄25~80岁,平均 (59.46 ± 10.48) 岁。

1.2 方法 DSA检查:通过西门子1200A血管造影机予以检查,指导患者处于平卧位,然后于股动脉插入导管,进行造影剂输注,采取减影方式予以动脉狭窄判定。

螺旋CTA检查:采取GE256排512层螺旋CT机以及人工智能系统(厂家:深睿公司),指导患者处于平卧位,充分显露颈部,扫描条件均为100kV/400mas;造影剂采取碘海醇(国药准字:H20000599,厂家:通用电气药业(上海)有限公司,规格:35gI/100mL),监测时注入剂量10mL,速率4.5mL/s;增强期造影剂注入速率固定为4.5mL/s,注入量45mL,图像重建为层厚0.625mm。将摄取到的CTA图像输入ADW4.7工作站(购自GE公司)予以人工手动处理与人工智能处理,完成多平面重建

【第一作者】 方祥勇,男,主治医师,主要研究方向:人工智能在颈部血管中应用。E-mail: 13896107106@163.com

【通讯作者】 周琴,女,主治医师,主要研究方向:神经系统影像诊断。E-mail: 474726927@qq.com

(multiplanar reconstruction, MPR)、曲面重建(curved planar reconstruction, CPR)、容积重建(volume rendering, VR)以及最大密度投影成像(maximum intensity projection, MIP)。

由2名经验丰富医师,对颈内动脉C1段、C2~C3段、C4~C7段血管狭窄程度予以人工评估以及人工智能评估,依据北美颈动脉外科学会(North American Symptomatic Carotid Endarterectomy Trial, NASCET)相关标准^[7],其中闭塞:狭窄程度100%,重度为70%~99%,中度为30%~69%;轻度为0~29%,若有分歧,在商讨后作出统一判定。

1.3 统计学方法 使用SPSS 25.0软件处理数据,计数资料表示为“率(%)”,以卡方检验;采取Kappa法进行一致性分析,其中Kappa值0.41~0.60为中等一致,0.61~0.80为高度一致,超过0.80为近乎完全一致。 $P<0.05$ 为有统计学意义。

2 结 果

2.1 人工评估与DSA结果对照 见表1。人工评估C1段重度狭窄-闭塞敏感度85.00%(17/20),特异度93.99%(172/183),准确率93.10%(189/203),Kappa值0.67;人工评估C2~C3段重度狭窄-闭塞敏感度84.00%(21/25),特异度91.57%(163/178),准确率90.64%(184/203),Kappa值0.64;人工评估C4~C7段重度狭窄-闭塞敏感度84.21%(16/19),特异度92.39%(170/184),准确率91.63%(186/203),Kappa值0.61。

2.2 人工智能评估与DSA结果对照 见表2。人工智能评估C1段重度狭窄-闭塞敏感度80.00%(16/20),特异度92.90%(170/183),准确率91.63%(186/203),Kappa值0.61;人工智能评估C2~C3段敏感度80.00%(20/25),特异度90.45%(161/178),准确

率89.16%(181/203),Kappa值0.58;人工智能评估C4~C7段敏感度84.21%(16/19),特异度91.30%(168/184),准确率90.64%(184/203),Kappa值0.58。

表1 人工评估与DSA结果对照

人工评估	DSA结果(C1段)		合计
	重度狭窄-闭塞	非重度狭窄-闭塞	
重度狭窄-闭塞	17	11	28
非重度狭窄-闭塞	3	172	175
合计	20	183	203
人工评估	DSA结果(C2~C3段)		合计
	重度狭窄-闭塞	非重度狭窄-闭塞	
重度狭窄-闭塞	21	15	36
非重度狭窄-闭塞	4	163	167
合计	25	178	203
人工评估	DSA结果(C4~C7段)		合计
	重度狭窄-闭塞	非重度狭窄-闭塞	
重度狭窄-闭塞	16	14	30
非重度狭窄-闭塞	3	170	173
合计	19	184	203

2.3 人工智能评估与人工评估一致性检验 见表3。人工智能评估与人工评估C1段Kappa值0.73,评估C2~C3段Kappa值0.88,评估C4~C7段Kappa值0.81;人工智能评估与人工评估C1段、C2~C3段、C4~C7段重度狭窄-闭塞敏感度、特异度、准确率比较无统计学意义($P>0.05$)。

表2 人工智能评估与DSA结果对照

人工智能评估	DSA结果(C1段)		合计
	重度狭窄-闭塞	非重度狭窄-闭塞	
重度狭窄-闭塞	16	13	29
非重度狭窄-闭塞	4	170	174
合计	20	183	203
人工智能评估	DSA结果(C2~C3段)		合计
	重度狭窄-闭塞	非重度狭窄-闭塞	
重度狭窄-闭塞	20	17	37
非重度狭窄-闭塞	5	161	166
合计	25	178	203
人工智能评估	DSA结果(C4~C7段)		合计
	重度狭窄-闭塞	非重度狭窄-闭塞	
重度狭窄-闭塞	16	16	32
非重度狭窄-闭塞	3	168	171
合计	19	184	203

表3 人工智能评估与人工评估一致性检验

人工智能评估(C1段)	人工评估(C1段)		合计
	重度狭窄-闭塞	非重度狭窄-闭塞	
重度狭窄-闭塞	22	7	29
非重度狭窄-闭塞	6	168	174
合计	28	175	203
人工智能评估(C2~C3段)	人工评估(C2~C3段)		合计
	重度狭窄-闭塞	非重度狭窄-闭塞	
重度狭窄-闭塞	33	4	37
非重度狭窄-闭塞	3	163	166
合计	36	167	203
人工智能评估(C4~C7段)	人工评估(C4~C7段)		合计
	重度狭窄-闭塞	非重度狭窄-闭塞	
重度狭窄-闭塞	26	6	32
非重度狭窄-闭塞	4	167	171
合计	30	173	203

2.4 病例图像分析 患者男,61岁,临床诊断脑梗死,下图1-图6为其螺旋CTA检查图像。



图1~图3 人工手工重建头颈部血管的VR、MIP、CPR图,显示颈部血管钙化斑块、混合斑块及导致血管狭窄程度。

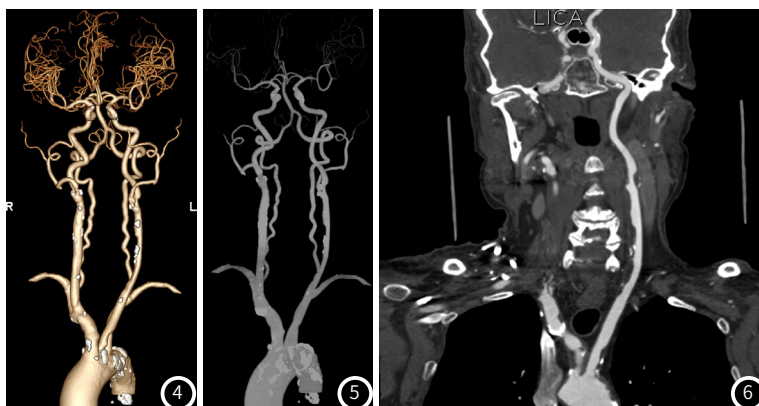


图4-图6 同一患者人工智能重建头颈部血管的VR、MIP、CPR图,显示颈部血管钙化斑块、混合斑块及导致血管狭窄程度,对颈内动脉C1段狭窄程度人工智能与人工手工重建显示狭窄无差异。

3 讨论

急性脑梗死属于急诊科常见病,且以老年群体为主,患者常见症状包括意识障碍、头痛以及眩晕等,由于起病急,若未在短时间内予以有效救治,将增加致残与致死风险,严重威胁患者生命^[8-9]。脑梗死一般为颈部血管病变所引起,颈动脉粥样硬化改变、狭窄病变、易损斑块破裂伴随血栓形成,将会阻塞远端动脉,导致脑部缺血缺氧,从而引发脑梗死^[10]。故临床快速有效评估颈部血管情况,对了解脑梗死患者病情,并予以及时、有效干预治疗具有重要意义。

虽然DSA属于临床诊断“金标准”,但是其操作过程十分复杂,可对患者造成创伤,同时成本较高,存在腹股沟出血、血栓栓塞、血管夹层以及斑块破裂等相关并发症风险,不适合用于初筛检查^[11]。对于脑梗死患者而言,DSA不利于临床治疗时间争取。相较于DSA检查方式,CTA具有安全无创、能够重复操作以及费用低等优点。现阶段,随着多层螺旋CT技术的不断发展,其已广泛用于全国基层医院,对于头颈部血管病变,CTA逐渐成为临床诊断与治疗后期随访首选安全无创影像学检查手段。采用螺旋CTA检查颈部血管狭窄程度时,人工测量需要对多种后处理方式进行综合评估,耗时较长,人员工作量大,负担重,不利于脑梗死患者的尽早诊断,且对于经验较少医师,容易出现漏诊、误诊等情况^[12]。人工智能为现代计算机技术迅猛发展关键产物,医学影像为人工智能较早涉猎同时得到广泛应用重要领域,可以明显降低放射诊断科医师日常重复性工作负担,避免一些人为失误,有效提高医师工作效率,可以辅助医师进行更全面、准确评估,提高诊疗水平,促进影像医学发展;另一方面,人工智能还有利于评估患者预后,为其及时治疗提供指导。以往有文献指出,颈动脉CTA检查时,相较于人工后处理方式,基于深度学习人工智能系统减少了大约70%后处理以及血管狭窄诊断时间^[13]。王珍等^[14]表明,人工智能用于头颈部CTA检查,诊断敏感度89.83,特异度73.49,准确率80.28。本文显示,人工智能评估C1段重度狭窄-闭塞敏感度、特异度、准确率分别为80.00%、92.90%、91.63%,评估C2~C3段分别为80.00%、90.45%、89.16%,评估C4~C7段分别为84.21%、91.30%、90.64%,与DSA检查一致性较好,与上述报道大致相符,提示人工智能诊断颈内动脉各段重度狭窄-闭塞准确率高,可用于脑梗死患者颈部血管狭窄诊断。头颈CTA人工智能辅助诊断主要基于人体生理解剖结构分区三维卷积神经网络算法,自动进行骨骼以及血管分割,从而在效率提升上表现出较大优势^[15-16]。本文发现,人工智能评估与人工评估颈内动脉各段具有高度一致性,敏感度、特异度以及准确率无显著差异,提示人工智能辅助颈部血管狭窄评估可靠性好。但也有报道指出,人工智能在非钙化斑块识别方面能力较差,可和伪影混淆,从而影响评估结果^[17]。故不能完全依赖人工智能,建议结合患者情况以及医师经验予以考虑。

综上,螺旋CTA评估脑梗死患者颈部血管狭窄过程中,人工智能评估与人工评估表现出高度一致性,可为疾病快速诊断提供帮助,具有辅助应用价值。

参考文献

- [1] Lucci C, Rissanen I, de Jong PA, et al. Ischemic stroke recurrence and mortality in different imaging phenotypes of ischemic cerebrovascular disease: the SMART-MR study[J]. Eur Stroke J, 2023, 8(2): 522-531.
- [2] Zhen C, Wang Y, Wang H, et al. Multiple cerebral infarction linked to underlying cancer: a review of Trousseau syndrome-related cerebral infarction[J]. Br J Hosp Med (Lond), 2021, 82(5): 1-7.
- [3] Takeda H, Yamaguchi T, Yano H, et al. Microglial metabolic disturbances and neuroinflammation in cerebral infarction[J]. J Pharmacol Sci, 2021, 145(1): 130-139.
- [4] Berman DS, Lin A. Artificial intelligence for assessment of epicardial adipose tissue on coronary CT angiography[J]. JACC Cardiovasc Imaging, 2023, 16(6): 817-819.
- [5] Mair G, White P, Bath PM, et al. Accuracy of artificial intelligence software for CT angiography in stroke[J]. Ann Clin Transl Neurol, 2023, 10(7): 1072-1082.
- [6] 中华医学会神经病学分会, 中华医学会神经病学分会脑血管病学组. 中国急性缺血性脑卒中诊治指南2018[J]. 中华神经科杂志, 2018, 51(9): 666-682.
- [7] Arous EJ, Judelson DR, Agrawal A, et al. Computed tomography angiography-derived area stenosis calculations overestimate degree of carotid stenosis compared with North American symptomatic carotid endarterectomy trial-derived diameter stenosis calculations[J]. J Vasc Surg, 2021, 74(2): 579-585.
- [8] 王山山, 苏茜, 姜兴岳, 等. 血氧水平依赖功能磁共振成像对早期高压氧治疗后急性脑梗死患者的临床研究[J]. 实用放射学杂志, 2020, 36(8): 1183-1186.
- [9] 张文, 吕槐琴, 黄巧云, 等. 基于宽体探测器CT灌注成像评估的侧支循环与急性脑梗死体积及预后的关系[J]. 中国医学影像学杂志, 2023, 31(7): 689-694, 700.
- [10] Tian Y, Su G, Liu JF, et al. Rodent models for intravascular ischemic cerebral infarction: a review of influencing factors and method optimization[J]. Neuroreport, 2020, 31(16): 1154-1160.
- [11] 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.
- [12] 董锋, 程晓青, 施佳倩, 等. 基于深度学习自动化诊断颈动脉狭窄效能的人机对照研究[J]. 临床放射学杂志, 2021, 40(11): 2089-2093.
- [13] Yang Y, Huan X, Guo D, et al. Performance of deep learning-based autodetection of arterial stenosis on head and neck CT angiography: an independent external validation study[J]. Radiol Med, 2023, 128(9): 1103-1115.
- [14] 王珍, 邱晓明, 叶宇. 人工智能技术在头颈部CT血管成像中的临床应用价值[J]. 临床放射学杂志, 2022, 41(11): 2025-2030.
- [15] Wang C, Shi Z, Yang M, et al. Deep learning-based identification of acute ischemic core and deficit from non-contrast CT and CTA[J]. J Cereb Blood Flow Metab, 2021, 41(11): 3028-3038.
- [16] 胡斌, 蒋志洁, 张蕴, 等. 基于头颈部CTA的人工智能辅助诊断系统对颅内动脉瘤的应用价值探讨[J]. 中国数字医学, 2022, 17(1): 33-37, 26.
- [17] 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.

(收稿日期: 2024-03-28)

(校对编辑: 赵望淇)