

论 著

(临床研究)

人工智能技术在诊断颅内动脉瘤中的临床意义

何 柳, 邢 滔, 许定虎, 余玉盛, 张 宏

【摘要】 目的 探究 CT 血管造影(CTA)人工智能(AI)后处理技术在诊断颅内动脉瘤中的临床意义。**方法** 回顾性分析 2020 年 10 月至 2022 年 10 月因临床疑诊颅内动脉瘤在南京市江宁医院行颅脑 CTA 及数字减影血管造影(DSA)检查的 131 例患者临床及影像资料,分别通过数坤 CerebralDoc 头颈 CT 智能辅助诊断系统(AI 组)与影像人工后处理法(人工组)对 2 组在工作效率、图像质量以及诊断效能方面进行统计学比较。**结果** AI 组和人工组在平均完成时间 $[(176.74 \pm 17.49) \text{ s} \text{ vs } (822.05 \pm 103.11) \text{ s}]$ 、图像质量主观评分 $[(3.88 \pm 0.33) \text{ vs } (3.64 \pm 0.48)]$ 方面差异有统计学意义($P < 0.05$);以 DSA 检查结果为金标准,AI 组、人工组对颅内动脉瘤的检出率分别为 91.43%、92.38%,差异无统计学意义($P > 0.05$);AI 组与人工组诊断颅内动脉瘤的灵敏度、特异度、准确率、阳性预测值及阴性预测值分别为 91.43% vs 92.38%、88.46% vs 80.67%、90.84% vs 90.08%、96.97% vs 95.10%、71.88% vs 72.14%,组间比较差异均无统计学意义($P > 0.05$)。**结论** 采用 AI 技术能够获得更佳的后处理图像及显著提高影像医师的工作效率,并在颅内动脉瘤诊断方面具有精准可靠的辅助作用。

【关键词】 人工智能;颅内动脉瘤;CTA;图像后处理

【中图分类号】 R743

【文献标志码】 A

【文章编号】 1672-271X(2023)02-0156-04

【DOI】 10.3969/j.issn.1672-271X.2023.02.009

Clinical significance of artificial intelligence technology in the diagnosis of intracranial aneurysms

HE Liu, XING Tao, XU Dinghu, YU Yusheng, ZHANG Hong

(Department of Radiology, Nanjing Jiangning Hospital, Nanjing 211100, Jiangsu, China)

【Abstract】 Objective To explore the clinical significance of computed tomography angiography(CTA) artificial intelligence (AI) post-processing technology in the diagnosis of intracranial aneurysm. **Methods** The clinical and imaging data of 131 patients who suspected clinical diagnosis of intracranial aneurysm and received CTA and DSA examination in our hospital from October 2020 to October 2022 were retrospectively analyzed. The data of working efficiency, image quality and diagnostic efficacy of the two groups were compared statistically by ShuKun CerebralDoc head and neck CT intelligent auxiliary diagnostic system(AI group) and artificial image post-processing(artificial group), respectively. **Results** The AI group was significantly better than the artificial group in terms of average completion time $[(176.74 \pm 17.49) \text{ s} \text{ vs } (822.05 \pm 103.11) \text{ s}]$ and subjective score of image quality $[(3.88 \pm 0.33) \text{ vs } (3.64 \pm 0.48)]$ ($P < 0.05$). The DSA results were considered the gold standard. The detection rates of intracranial aneurysms in the AI group and artificial group were 91.43% and 92.38%, respectively ($P > 0.05$). The sensitivity, specificity, accuracy, positive predictive value and negative predictive value of AI group and artificial group in diagnosing intracranial aneurysm were 91.43% vs 92.38%, 88.46% vs 80.67%, 90.84% vs 90.08%, 96.97% vs 95.10%, 71.88% vs 72.14%, respectively ($P > 0.05$). **Conclusion** AI technology can obtain better post-processing images and improve the work efficiency of radiologists significantly, and get a precise and reliable auxiliary role in the diagnosis of intracranial aneurysm.

【Key words】 artificial intelligence; intracranial aneurysms; computed tomography angiography; image post-process

0 引 言

颅内动脉瘤是因颅内血管壁局部薄弱、张力减退,并在不稳定血流的长期冲击下而形成的病理性膨出^[1]。有资料显示^[2-4],动脉瘤破裂是我国非外伤性蛛网膜下腔出血首要原因,在临床上具有致死率高、

作者单位: 211100 南京,南京市江宁医院医学影像科

(何 柳,邢 滔,许定虎,余玉盛,张 宏)

通信作者: 张 宏, E-mail: jnyyfsk@126.com

致残率高的特点^[5]。因此,对动脉瘤进行早确诊、早干预及积极治疗可以提高患者的存活率和改善预后^[6-7]。临床上,主要采用 CT 血管成像(CTA)、MR 血管成像(MRA)及数字减影血管造影(DSA)等方法来检测动脉瘤,因 CTA 具有无创性的优点备受临床青睐^[8]。但是,头颈 CTA 后处理耗时耗力,且随着社会老龄化、检查人数的不断增多,使得影像医师工作内容日趋繁重,进而导致潜在的漏诊和误诊风险增高。人工智能(artificial intelligence, AI)技术的运用作为当今热门研究领域,被应用于肺结节的筛查及儿童骨龄测算,已为患者带来更精准、高效的诊疗服务^[9-10]。目前,国内关于 AI 技术应用于颅内动脉瘤诊断方面尚处于起步阶段,其在临床中应用价值有待广泛挖掘。因此,本研究旨在探究 AI 后处理技术在诊断颅内动脉瘤中的临床意义。

1 资料与方法

1.1 一般资料 回顾性分析 2020 年 10 月至 2022 年 10 月因临床疑似动脉瘤首次在我院就诊的 131 例患者的临床资料,其中男 71 例,女 60 例,平均年龄 (60.50 ± 15.90) 岁。所有患者 CTA 及 DSA 资料完整,且 CTA、DSA 检查时间间隔小于 2 周。排除标准:①有介入栓塞手术、开颅手术等手术史;② CTA 图像扫描质量差导致 AI 无法识别者;③经 DSA 检出为颅内多发动脉瘤患者。本研究经南京市江宁医院伦理委员会批准(批准号:2023-03-006-K01),患者或其家属均知情同意。

1.2 检查方法

1.2.1 CTA 检查方法 采用西门子第三代双源 CT (SOMATOM Force, Germany)采集原始数据。患者取仰卧位,扫描范围从颅底至颅顶,扫描参数:管电压 80/Sn150 kV,管电流为自动调制技术,螺距 0.7,层厚 1.0 mm,层间距 0.7 mm,重建成分轴为 0.8。于右侧肘正中静脉采用双筒高压注射器注入碘对比剂 50 mL,注射流率 4.5 mL/s,然后同流率追加注入 20 mL 等渗盐水。采用对比剂智能追踪技术触发扫描,监测点设定在升主动脉水平,触发阈值为 100 HU。

1.2.2 DSA 检查方法 采用西门子 Artis zee ceiling 悬吊式数字减影血管造影 X 线机,经股动脉进行穿刺进行全脑血管造影,先选择标准前后正位,左右侧位图投照,后旋转体位选择病灶最佳显示位置采集图像。

1.2.3 图像处理与分析 AI 组:将 CTA 重建原始

薄层数据传输至数坤 CerebralDoc 头颈 CT 智能辅助诊断系统软件,由 AI 软件自动进行图像重建及动脉瘤诊断。人工组:将 CTA 重建原始薄层数据传输至 Syngo Via 后处理工作站,由影像科血管组医师通过容积再现(VR)、最大密度投影(MIP)及曲面重组(CPR)等来完成图像后处理工作,并结合原始横断位、矢状位及冠状位进行诊断。分别记录 2 组完成图像后处理所用时间。

1.2.4 主观图像质量评价 由经验丰富的影像科血管组医师根据 4 分制对 AI 组和人工组图像质量进行评分。评价标准:4 分,血管三维解剖结构显影清晰连续,无静脉及杂质污染,完全满足诊断要求;3 分,血管三维解剖结构及血管主干显示较清晰,无明显伪影,基本满足诊断要求;2 分及以下者,图像质量较差,血管显示模糊或伪影较明显,不能满足诊断^[11]。

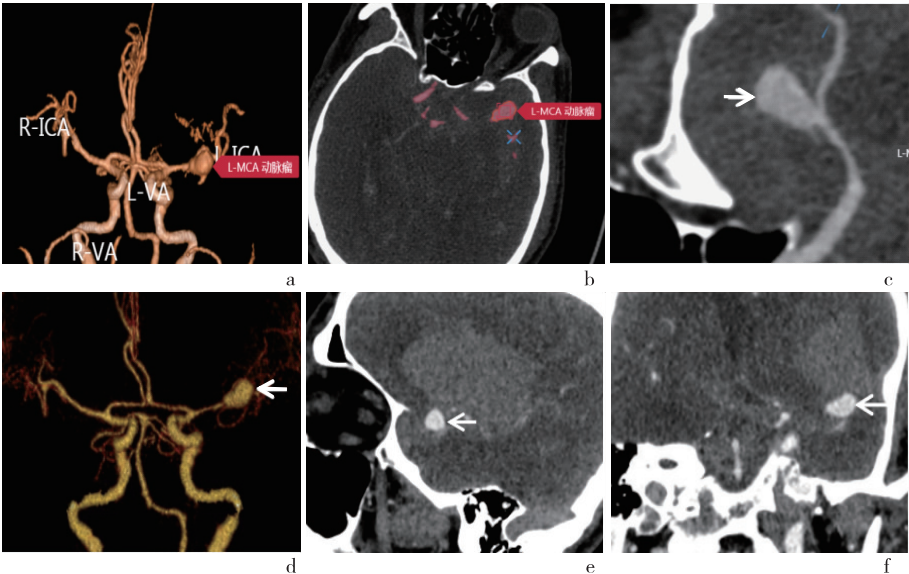
1.2.5 观察指标 诊断以 DSA 检查结果为“金标准”,分别计算 AI 组和人工组对颅内动脉瘤诊断的灵敏度、特异度、准确率、阳性预测值及阴性预测值,对数据进行对比分析。其中,灵敏度=真阳性例数/(真阳性例数+假阴性例数) $\times 100\%$;特异度=真阴性例数/(真阴性例数+假阳性例数) $\times 100\%$;准确率=(真阳性例数+真阴性例数)/总例数 $\times 100\%$;阳性预测值=真阳性例数/(真阳性例数+假阳性例数) $\times 100\%$;阴性预测值=真阴性例数/(真阴性例数+假阴性例数) $\times 100\%$ 。

1.3 统计学分析 使用 SPSS 21.0 软件对数据进行统计学分析。符合正态分布计量资料以均数 \pm 标准差($\bar{x} \pm s$)表示,组间比较采用配对样本 t 检验;计数资料以率($\%$)表示,组间比较采用 χ^2 检验。以 $P \leq 0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 完成图像后处理所用时间比较 AI 组和人工组完成 1 例头颅 CTA 图像后处理重建及动脉瘤诊断平均所用时间分别为 (176.74 ± 17.49) s、 (822.05 ± 103.11) s, AI 组较人工组节省约 645.13 s,工作效率显著提高。见图 1。

2.2 图像质量主观评分结果 AI 组和人工组主观评分分别为 (3.88 ± 0.33) 、 (3.64 ± 0.48) ,差异有统计学意义($P < 0.05$);其中, AI 组图像质量评分为 4 分和 3 分占比分别为 90.08% (118/131)、9.92% (13/131),人工组分别为 64.12% (84/131)、35.88% (47/131)。



a-c: 数坤 CerebralDoc 头颈 CT 智能辅助诊断系统软件自动进行图像重建及动脉瘤诊断, 本例耗时约 180s; d-f: 同一患者经 Syngo Via 后处理工作站人工进行图像重建及动脉瘤诊断, 耗时约 850 s

图 1 AI 组和人工组进行图像重建及动脉瘤诊断比较

2.3 颅内动脉瘤诊断效能对比 以 DSA 检查结果为金标准, 共有 105 例患者诊断出颅内动脉瘤。AI 组、人工组的检出率分别为 91.43%、92.38%, 差异无统计学意义 ($P>0.05$); AI 组与人工组诊断颅内动脉瘤的灵敏度、特异度、准确率、阳性预测值及阴性预测值组间比较差异均无统计学意义 ($P>0.05$)。见表 1、表 2。

表 1 AI 组和人工组颅内动脉瘤检出比较 (n)

组别	DSA		总数
	阳性	阴性	
AI 组			
阳性	96	3	99
阴性	9	23	32
总数	105	26	131
人工组			
阳性	97	5	102
阴性	8	21	29
总数	105	26	131

表 2 AI 组和人工组颅内动脉瘤诊断效能比较 (%)

组别	灵敏度	特异度	准确率	阳性预测值	阴性预测值
AI 组	91.43	88.46	90.84	96.97	71.88
人工组	92.38	80.77	90.08	95.10	72.14

3 讨论

作为一种新兴技术, 人工智能 (AI) 已广泛应用于疾病的早期诊断、精准治疗等医疗领域^[12-13],

现有多个医学中心开展了 AI 辅助诊疗的相关研究, 特别是在医学影像大数据时代, 其目前主要应用于颅内动脉瘤的筛查检出及医学图像后处理。传统人工后处理需要掌握各主支血管起源、走行、变异及分段, 同时要求能够清晰显示颅内动脉瘤所在的具体位置、其形态大小及与载瘤动脉关系等, 通常完成一例所用时间较长, 并受限于医师的工作经验及业务熟练程度, 个体差异比较明显, 且在后处理过程中需去除静脉血管及颅骨骨质, 这会造成部分信息丢失及图像扭曲变形。我院自引进数坤 CerebralDoc 头颈 CT 智能辅助诊断系统软件以来, 协助完成了大量 CTA 后处理工作。本研究中, AI 组平均完成时间较人工组缩短约 645.13 s, 极大提高了工作效率, 其临床应用价值日益突出。另外, 由于 AI 使用 3D 卷积神经网络技术, 不仅可实现头颈血管 CTA 重建, 还能同步自动去除骨质, 其 VR 图像显示效果强于人工组, 尤其是在毗邻骨质时更为突出^[14]。本研究中, 发现人工组有 47 例图像质量评分为 3 分, 占比约 35.88%, 而 AI 组中仅有 13 例图像质量评分为 3 分, 占比约 9.92%, 究其原因主要是静脉污染、个别血管未识别或者错误添加等造成的, 这与既往文献报道^[15] 基本一致。本研究中, 经 DSA 金标准共诊断出 105 例动脉瘤, AI 组、人工组对颅内动脉瘤的检出率分别为 91.43%、92.38%, 差异无统计学意义 ($P>0.05$), 说明 AI 能准确检出颅内动脉瘤, 而且能为影像科医师提供更多客观和定量信息来辅助诊断。与 DSA 金标准比较, 人工组中

有 5 例将动脉圆锥误诊为动脉瘤,而 AI 组只有 1 例,主要是由于传统人工难以识别动脉圆锥顶端发出的细小血管,误将动脉血管起始部漏斗样扩张识别为动脉瘤^[16],AI 组另外 2 例误诊是由于颈内动脉颅内段斑块使得管腔粗细不均所致局部管腔膨出而被误认为是动脉瘤。显然,AI 不仅能够快速、有效地识别动脉瘤,并且在未明显增加假阳性病例情况下,其诊断效能可达人工水平。本研究中,AI 组共漏诊 9 例,其主要是由于动脉瘤直径小于 3 mm、分割过度及非常见部位等造成的,而人工组共漏诊 8 例,分析其原因主要为动脉瘤位置多毗邻骨质从而导致了诊断医师误判,这与陈功等^[17]研究相符。由此可见,在病灶毗邻骨质、钙化较重血管段等情况下,可以借助 AI 辅助技术来减少甚至避免此类误诊及漏诊情况的发生。此外,人工组阳性预测值为 95.10%、阴性预测值为 72.14%,AI 组阳性预测值为 96.97%、阴性预测值为 71.88%,两者之间的差异无统计学意义($P>0.05$),说明 AI 在诊断颅内动脉瘤方面是可靠的。

在临床上,颅内多发动脉瘤、动脉瘤合并血管变异等情况并不少见^[18],但本研究仅评价了 AI 技术和传统人工在颅内单发动脉瘤中的诊断效能,尚未对动脉瘤大小、位置等进行分层分析,存在一定的局限性,相关方面后续将做进一步研究。另外,AI 技术不仅可应用于动脉瘤筛查,还可应用于动脉瘤破裂风险评估、疗效预测等方面^[19-20],但其临床价值有待更深层次探究。

综上所述,采用 AI 不仅可获得较佳的后处理图像及显著提高影像医师的工作效率,同时在颅内动脉瘤诊断方面具有精准可靠的辅助作用。

【参考文献】

- [1] Thompson BG, Brown Jr RD, Amin-Hanjani S, et al. Guidelines for the management of patients with unruptured intracranial aneurysms[J]. *Stroke*, 2015, 46(8):2368-2400.
- [2] 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,中华医学会神经病学分会神经血管介入协作组. 中国蛛网膜下腔出血诊治指南 2019[J]. *中华神经科杂志*, 2019, 52(12):1006-1021.
- [3] Chalouhi N, Hoh BL, Hasan D. Review of cerebral aneurysm formation, growth, and rupture[J]. *Stroke*, 2013, 44:3613-3622.
- [4] Shi Z, Hu B, Schoepf UJ, et al. Artificial intelligence in the management of intracranial aneurysms: current status and future perspectives[J]. *AJNR*, 2020, 41:373-379.
- [5] 麻红梅,李月美,李晓芳,等.动脉瘤性蛛网膜下腔出血患者术后超早期康复对住院时间、并发症和脑血管痉挛影响 meta 分析[J]. *国际脑血管病杂志*, 2022, 30(7):508-512.
- [6] 祝斐,吴明,金卫星,等.大脑中动脉瘤破裂出血合并脑疝的急诊手术治疗[J]. *东南国防医药*, 2020, 22(5):521-523.
- [7] 顾大群,张扬,晁迎九,等.栓塞治疗对老年未破裂颅内动脉瘤患者头痛的效果及影响因素分析[J]. *中华老年医学杂志*, 2022, 41(9):1057-1060.
- [8] 赵伟国,粘琦玉,夏文骞. CTA 联合彩色多普勒超声诊断颅内动脉瘤的准确性及影像特点研究[J]. *中国 CT 和 MRI 杂志*, 2021, 19(1):47-49.
- [9] Larson DB, Chen MC, Lungren MP, et al. Performance of a deep learning neural network model in assessing skeletal maturity on pediatric hand radiographs[J]. *Radiology*, 2018, 287(1):313-322.
- [10] Majkowska A, Mittal S, Steiner DF, et al. Chest radiograph interpretation with deep learning models: assessment with radiologist adjudicated reference standards and population adjusted evaluation[J]. *Radiology*, 2020, 294(2):421-431.
- [11] Sarikaya B, Sarikaya S, Deniz FE, et al. Unregistered subtracted CT angiography for the visualization of intracranial arteries at or near the skull base: preliminary experience[J]. *Diagn Interv Radiol*, 2007, 13:105-108.
- [12] 蔡金秀,任昕,孙兆男,等.基于深度学习训练胸部 X 线片图像性质分类人工智能模型的初步研究[J]. *实用放射学杂志*, 2022, 38(7):1184-1188.
- [13] 赵福琳,陈澜菁,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.
- [14] Fu F, Wei J, Zhang M, et al. Rapid vessel segmentation and reconstruction of head and neck angiograms using 3D convolutional neural network[J]. *Nat Commun*, 2020, 11(1):4829.
- [15] Russick J, Joubert PE, Gillard-Bocquet M, et al. Natural killer cells in the human lung tumor microenvironment display immune inhibitory functions[J]. *J Immunother Cancer*, 2020, 8(2):e001054. doi: 10.1136/jitc-2020-001054
- [16] 杨威威,郑传胜,梁奕,等.320 排动态容积 CT 血管成像诊断颅内动脉瘤的价值[J]. *医学影像学杂志*, 2018, 28(5):706-709.
- [17] 陈功,何康明,秦宣锋,等.脉络膜前动脉起始端动脉瘤新分型及其在介入治疗中的初步应用[J]. *中华放射性杂志*, 2021, 55(2):185-190.
- [18] 徐棣豪,钟丽玲,宋建勋.脑血管几何形态学特征和先天变异的临床意义[J]. *国际脑血管病杂志*, 2019, 27(10):780-785.
- [19] Shi Z, Miao CC, Schoepf UJ, et al. A clinically applicable deep-learning model for detecting intracranial aneurysm in computed tomography angiography images[J]. *Nat Commun*, 2020, 11(1):6090.
- [20] Kim HC, Rhim JK, Ahn JH, et al. Machine learning application for rupture risk assessment in small-sized intracranial aneurysm[J]. *J Clin Med*, 2019, 8(5):683.

(收稿日期:2023-01-05; 修回日期:2023-03-04)

(责任编辑:叶华珍; 英文编辑:朱一超)