

论 著

## CTA和MRI血管成像在颅内动脉瘤破裂风险评估中的应用\*

熊付伟<sup>1</sup> 牛亚琦<sup>2</sup> 张雪瑞<sup>1,\*</sup>

1.河南省第二人民医院医学影像科

2.河南医学高等专科学校医学影像技术系

(河南 郑州 451191)

**【摘要】目的** 分析CT血管造影(CTA)和磁共振血管成像(MRA)在颅内动脉瘤(IA)破裂风险评估中的应用价值。**方法** 回顾性分析我院2021年1月至2024年4月收治的IA患者的临床资料,按IA破裂与否分组,采用倾向性匹配评分法排除干扰因素(卡钳值=0.02),破裂组、未破裂组最终各获得39例。对比破裂组、未破裂组患者的瘤颈宽度、瘤高、瘤最大径、纵横比(AR)、大小比(SR)、瘤颈宽度与载瘤血管横截面直径比(NPR)、面积比等形态学指标。并使用二元Logistic回归分析IA破裂的危险因素,使用受试者工作特征曲线(ROC)分析上述参数对IA破裂的预测效能。**结果** CTA、MRA检查获得的瘤颈宽度、瘤高等IA形态学指标比较均无统计学意义( $P>0.05$ );破裂组的瘤颈宽度、瘤高、瘤最大径、AR、SR、NPR、面积比均较对未破裂组高( $P<0.05$ )。二元Logistic回归分析显示,基于CTA及MRA,瘤最大径、AR、NPR均为IA破裂的独立影响因素(均 $P<0.05$ )。ROC曲线分析显示,基于CTA及MRA,瘤最大径、AR、NPR均对IA破裂有预测价值(均 $P<0.05$ ),且三项参数联合检测的预测效能均较单项检测的预测效能高(均 $P<0.05$ ),但CTA参数联合、MRA参数联合对IA破裂的预测效能比较,差异无统计学意义( $P>0.05$ )。**结论** 基于形态学指标CTA与MRA对IA破裂的预测价值相当,均可通过检测瘤最大径、AR、NPR预测IA破裂。

**【关键词】** 颅内动脉瘤;破裂风险;

CT血管造影成像;磁共振血管成像

**【中图分类号】** R732.2+1**【文献标识码】** A**【基金项目】** 河南省二〇二一年科技发展

计划项目(NO:212102310692)

**DOI:**10.3969/j.issn.1672-5131.2026.01.004

## Application of CTA and MRI Angiography in the Risk Assessment of Intracranial Aneurysm Rupture\*

XIONG Fu-wei<sup>1</sup>, NIU Ya-qi<sup>2</sup>, ZHANG Xue-rui<sup>1,\*</sup>.

1.Department of Medical Imaging, the Second People's Hospital of Henan Province, Zhengzhou 451191, Henan Province, China

2.Department of Medical Imaging Technology, Henan Medical College, Zhengzhou 451191, Henan Province, China

**ABSTRACT**

**Objective** To analyze the application value of CT angiography (CTA) and magnetic resonance angiography (MRA) in the risk assessment of intracranial aneurysm (IA) rupture. **Methods** The clinical data of IA patients in the hospital were retrospectively analyzed from January 2021 to April 2024. The patients were grouped according to whether IA ruptured or not. The propensity matching score method was used to exclude interference factors (caliper=0.02), and 39 cases in ruptured group and 39 cases in unruptured group were finally obtained. The morphological indicators such as tumor neck width, tumor height, tumor maximum diameter, aspect ratio (AR), size ratio (SR), tumor neck width to tumor-bearing vessel cross-sectional diameter ratio (NPR) and area ratio were compared between ruptured group and unruptured group. Binary Logistic regression analysis was used to analyze the risk factors of IA rupture, and receiver operating characteristic curve (ROC) was applied to analyze the predictive efficiency of the above parameters on IA rupture. **Results** There were no statistical differences in IA morphological indicators of tumor neck width and tumor height obtained by CTA and MRA ( $P>0.05$ ). The tumor neck width, tumor height, maximum tumor diameter, AR, SR, NPR and area ratio in ruptured group were higher than those in unruptured group ( $P<0.05$ ). Binary Logistic regression analysis showed that the maximum tumor diameter, AR and NPR were independent influencing factors of IA rupture based on CTA and MRA (all  $P<0.05$ ). ROC curve analysis revealed that based on CTA and MRA, the maximum tumor diameter, AR and NPR all had predictive value on IA rupture (all  $P<0.05$ ), and the predictive efficiency of the combined detection of the three parameters was higher than that of the single detection (all  $P<0.05$ ). However, there was no statistical difference in the predictive efficiency of CTA parameter combination and MRA parameter combination for IA rupture ( $P>0.05$ ). **Conclusion** The predictive value of CTA and MRA based on morphological indicators for IA rupture is comparable, and both can predict IA rupture by detecting the maximum tumor diameter, AR and NPR.

**Keywords:** Intracranial Aneurysm; Rupture Risk; CT Angiography; Magnetic Resonance Angiography

颅内动脉瘤(IA)是一种脑局部血管膨起形成的瘤样改变。IA一旦破裂极易造成患者死亡或致残,是蛛网膜下腔出血的主要原因,因此IA破裂风险评估有重要临床意义<sup>[1-2]</sup>。在目前的临床诊疗中,以数字减影血管造影(DSA)作为诊断IA的金标准,但其属于一种有创操作,检查过程中可能诱发术后出血、血管痉挛等并发症,且还有耗时长、费用昂贵等缺点,导致临床应用受限<sup>[3-4]</sup>。CT血管造影成像(CTA)和磁共振血管成像(MRA)是常用于IA诊断的影像学检查手段,但这两项检查方法的诊断效能差异及是否能替代DSA均存在争议。研究表明,形态学因素在IA破裂风险评估中有重要作用<sup>[5-6]</sup>。因此,本研究从形态学角度,分析CTA、MRA在评估IA破裂风险中的差异,现报告如下。

**1 资料与方法****1.1 一般资料** 回顾性收集我院2021年1月至2024年4月收治的IA破裂患者的临床资料。

**纳入标准:** 经DSA或手术证实为IA<sup>[7]</sup>; DSA或手术前均进行CTA及MRA检查; 临床资料完整,且影像学检查资料清晰可读; 破裂组均符合蛛网膜下腔出血诊断标准,且证实IA破裂; 均为单发动脉瘤; 年龄 $\geq 18$ 岁。排除标准: 合并其他颅内肿瘤疾病或血管畸形; 各项检查时间间隔 $\geq 1$ 周。

采用倾向性匹配评分法排除性别、年龄、病史、动脉瘤位置等干扰因素(卡钳值=0.02),最终破裂组、未破裂组各获得39例。破裂组男19例,女20例; 年龄49-67(58.69 $\pm$ 6.79)岁; 有高血压病史28例,有吸烟史12例,有饮酒史10例; 动脉瘤位置: 前交通动脉13例,后交通动脉9例,大脑中动脉7例,颈内动脉10例。未破裂组男24例,女15例; 年龄46-66(57.12 $\pm$ 6.37)岁; 有高血压病史23例,有吸烟史8例,有饮酒史6例; 动脉瘤位置: 前交通动脉10例,后交通动脉5例,大脑中动脉6例,颈内动脉18例。两组一般资料比较无统计学意义( $P>0.05$ )。

**1.2 检查方法** CTA检查: 患者取仰卧位,使用256层螺旋CT(GE, Revolution CT)进行扫描检查。扫描范围: 自枕骨大孔至颅顶。参数为: 准直器256 $\times$ 0.625 mm,管电压120 kVp,管电流350mA,螺距0.6,层厚0.6 mm。以5.0 mL/s速率经肘静脉注射造影剂(1.5 mL/kg)+50 mL生理盐水,自动触发扫描,20-25s内完成原始数据采集。将图像传至GE

【第一作者】熊付伟,男,主治医师,主要研究方向:影像学临床研究。E-mail: 18530091077@163.com

【通讯作者】张雪瑞,女,主治医师,主要研究方向:影像学临床研究。E-mail: zxr75204738@163.com

AW4.7软件进行后处理,重建得出血管图像。

MRA检查:患者取仰卧位,使用磁共振扫描机(Philips, Ingenia 3.0T型)及头部容积线圈扫描检查。扫描范围:自枕骨大孔至胼胝体上缘2cm处。采用TOF-3D-multi-slab序列,参数为:重复时间为22 ms,回波时间为3.5 ms,层厚0.5mm,层数168,矩阵512×512,视野230mm。原始图像传至Philips IntelliSpace IX/LX Workstations V9星云图像后处理工作站。

图像评价:图像由2名高年资(工作年限≥7年)影像学诊断医师在双盲条件下分析、统计,数据不一致时取均值。

**1.3 观察指标** 包括瘤颈宽度、瘤高(瘤颈面至瘤顶的垂直距离)、瘤最大径、纵横比(瘤最大径/瘤颈宽度, AR)、大小比(瘤最大径/载瘤动脉直径, SR)、瘤颈宽度与载瘤血管横截面直径比(NPR)、面积比(动脉瘤面积/瘤颈处载瘤动脉面积)等形态学指标<sup>[8]</sup>。

**1.4 统计学方法** 采用SPSS 22.0软件统计数据,计数资料以 $n(\%)$ 表示,采用卡方检验;计量资料经检验均符合正态分布,以 $(\bar{x} \pm s)$ 表示,两组间比较采用独立样本t检验;IA破裂的影响因素分析采用二元Logistic回归分析;瘤最大径、AR、NPR对IA破裂的预测价值采用受试者工作特征曲线(ROC)分析。 $P < 0.05$ 表示有统计学意义。

## 2 结果

**2.1 CTA、MRA检查的IA形态学指标比较** CTA、MRA检查获得的瘤颈宽度、瘤高等IA形态学指标比较均无统计学意义( $P > 0.05$ );破裂组的瘤颈宽度、瘤高、瘤最大径、AR、SR、NPR、面积比均较对未破裂组高,差异均有统计学意义( $P < 0.05$ )。见表1。

**2.2 基于CTA多参数二元Logistic回归分析** 将IA破裂赋值为1,未破裂赋值为0。二元Logistic回归分析显示,基于CTA,瘤最大径、AR、NPR为IA破裂的独立影响因素。见表2。

表1 CTA、MRA检查的IA形态学指标比较

项目	破裂(n=39)	未破裂(n=39)	t	P	
CTA	瘤颈宽度(mm)	3.14±0.68	2.78±0.47	2.720	0.008
	瘤高(mm)	4.51±0.67	3.12±0.63	9.439	0.000
	瘤最大径(mm)	5.02±0.82	3.63±0.87	7.261	0.000
	载瘤动脉直径(mm)	2.31±0.51	2.42±0.52	0.943	0.349
	AR	1.59±0.44	1.31±0.35	3.110	0.003
	SR	2.17±0.62	1.51±0.45	5.380	0.000
	NPR	1.36±0.41	1.14±0.33	2.610	0.011
	面积比	3.52±0.93	1.95±0.63	8.728	0.000
MRA	瘤颈宽度(mm)	3.22±0.62*	2.77±0.51*	3.501	0.001
	瘤高(mm)	4.32±0.73*	3.14±0.55*	8.062	0.000
	瘤最大径(mm)	4.98±0.77*	3.61±0.76*	7.908	0.000
	载瘤动脉直径(mm)	2.33±0.55*	2.44±0.49*	0.933	0.354
	AR	1.55±0.40*	1.30±0.33*	3.011	0.004
	SR	2.14±0.56*	1.48±0.44*	5.787	0.000
	NPR	1.38±0.39*	1.13±0.32*	3.095	0.003
	面积比	3.49±0.95*	2.01±0.65*	8.029	0.000

注:与CTA检查比较,\* $P > 0.05$ 。

**2.3 基于MRA多参数二元Logistic回归分析** 将IA破裂赋值为1,未破裂赋值为0。二元Logistic回归分析显示,基于MRA,瘤最大径、AR、NPR为IA破裂的独立影响因素。见表3。

表2 基于CTA多参数二元Logistic回归分析

变量	$\beta$	SE	Wald值	OR	95% CI	P
瘤颈宽度(mm)	1.152	0.637	3.271	3.165	0.908~11.029	0.071
瘤高(mm)	1.124	0.661	2.892	3.077	0.842~11.241	0.090
瘤最大径(mm)	1.129	0.452	6.239	3.093	1.275~7.500	0.013
载瘤动脉直径(mm)	1.127	0.673	2.804	3.086	0.825~11.543	0.095
AR	1.136	0.398	8.147	3.114	1.427~6.794	0.005
SR	1.302	0.752	2.998	3.677	0.842~16.053	0.084
NPR	1.367	0.573	5.692	3.924	1.276~12.062	0.017
面积比	1.254	0.653	3.688	3.504	0.974~12.602	0.055

表3 基于MRA多参数二元Logistic回归分析

变量	$\beta$	SE	Wald值	OR	95% CI	P
瘤颈宽度(mm)	1.135	0.663	2.931	3.111	0.848~11.410	0.088
瘤高(mm)	1.325	0.769	2.969	3.762	0.833~16.983	0.086
瘤最大径(mm)	1.419	0.472	9.038	4.133	1.639~10.424	0.003
载瘤动脉直径(mm)	1.102	0.752	2.147	3.010	0.689~13.143	0.144
AR	1.143	0.532	4.616	3.136	1.105~8.897	0.032
SR	1.169	0.659	3.147	3.219	0.885~11.712	0.077
NPR	1.118	0.415	7.258	3.059	1.356~6.899	0.007
面积比	1.148	0.653	3.091	3.152	0.876~11.335	0.079

**2.4 CTA及MRA参数预测IA破裂的效能比较** 基于CTA,瘤最大径、AR、NPR均对IA破裂有预测价值,且三项参数联合检测的预测效能最高( $Z=2.936/2.551/3.009$ ,  $P=0.003/0.011/0.003$ ),见表4、图1。基于MRA,瘤最大径、AR、NPR也均对IA破裂有预测价

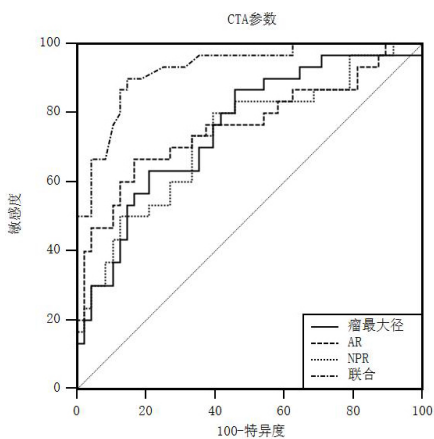
值,且三项参数联合检测的预测效能最高( $Z=2.197/2.899/2.266$ ,  $P=0.028/0.004/0.024$ ),见表5、图2。CTA参数联合、MRA参数联合对IA破裂的预测效能比较,差异无统计学意义( $Z=0.896$ ,  $P=0.370$ )。

表4 CTA参数预测IA破裂的效能

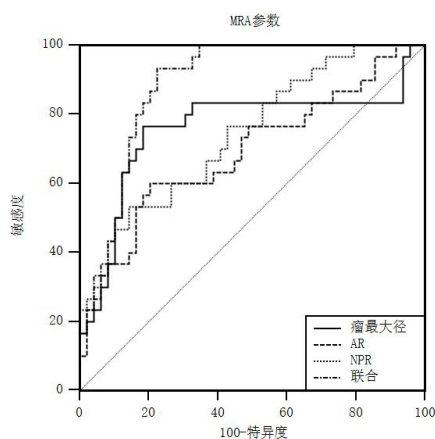
参数	截断值	AUC	SE	95% CI	敏感度	特异度	约登指数	Z	P
瘤最大径(mm)	4.357	0.746	0.057	0.635~0.858	64.10	76.92	0.409	4.322	<0.001
AR	1.482	0.767	0.059	0.652~0.883	66.67	84.62	0.503	4.529	<0.001
NPR	1.211	0.720	0.060	0.601~0.838	79.49	64.10	0.932	3.642	<0.001
联合	-	0.927	0.030	0.870~0.985	94.87	61.54	0.754	14.472	<0.001

表5 MRA参数预测IA破裂的效能

参数	截断值	AUC	SE	95% CI	敏感度	特异度	约登指数	Z	P
瘤最大径(mm)	4.312	0.758	0.065	0.630~0.885	76.92	82.05	0.583	3.968	<0.001
AR	1.467	0.690	0.064	0.565~0.816	58.97	79.49	0.396	2.972	0.003
NPR	1.217	0.741	0.057	0.630~0.853	53.85	84.62	0.391	4.252	<0.001
联合	-	0.888	0.036	0.817~0.959	89.74	76.92	0.709	10.680	<0.001



1



2

图1 CTA参数预测IA破裂的ROC曲线。图2 MRA参数预测IA破裂的ROC曲线。

### 3 讨论

IA是临床常见脑血管疾病，发病率约为3%-7%，多发于50岁以上人群，吸烟、饮酒、高血压等可能是危险因素<sup>[9-10]</sup>。IA破裂是蛛网膜下腔出血的主要原因，一旦发生致死致残风险极高，严重危害患者生命健康，加重社会医疗负担，因此需重视IA破裂风险的评估，以便提前干预、控制，减少IA破裂发生率。

本研究结果显示，破裂组基于CTA、MRA的瘤颈宽度、瘤高、瘤最大径、AR、SR、NPR、面积比均较未破裂组高，证实形态学参数是影响IA破裂风险的因素。瘤颈宽度、瘤高、瘤最大径反映IA大小，其数值越大表示IA越大，破裂风险越高。陈建秋等<sup>[11]</sup>的研究也表明，瘤高、瘤体最大径是IA破裂的独立危险因素，与本研究结果相符。相对而言，动脉瘤瘤体越大，瘤壁越薄，易受血流波动影响，导致破裂<sup>[12]</sup>。AR反映瘤体的纵横比，值越大瘤体越接近椭圆形或不规则形，这会影影响瘤内血流动力学，使得涡流时间较长，损伤血管壁，不仅增加小血栓形成风险，还影响血管内皮功能，从而增加破裂风险<sup>[13]</sup>。也有研究认为，AR值越大，动脉瘤内的血流速度会加快，对瘤壁的冲击力也更大，因此瘤破裂风险更高<sup>[14]</sup>。SR、NPR、面积比均反映载瘤血管上的瘤体大小，也反映瘤突出于血管的程度，值越大表示相对于载瘤血管而言，瘤体越大，膨出更明显，瘤内涡流也相对更复杂，导致瘤壁剪力更明显，因此破裂风险更高<sup>[15]</sup>。可能由于样本量有限，本研究二元Logistic回归分析中只瘤最大径、AR、NPR是IA破裂的独立影响因素。与黄钟情等<sup>[16]</sup>的研究结果相似，其研究结果也表明，瘤最大径、AR较高是IA破裂的独立危险因素。也可由此推测，可基于瘤最大径、AR、NPR预测IA破裂的发生。本研究进一步采用ROC曲线分析形态学参数对IA破裂的预测价值，结果证实基于CTA及MRA，瘤最大径、AR、NPR均对IA破裂有预测价值，

且三项参数联合检测的预测效能均最高。可能是因为瘤最大径、AR、NPR三项联合检测可综合从瘤体大小、形态、瘤体膨出程度等三方面因素，所以联合检测的预测效能更高。吴俊等<sup>[17]</sup>的研究中也发现，IA体颈比值是瘤破裂的独立影响因素，对破裂有预测价值，这与本研究结果存在一致性。

本研究结果显示，CTA、MRA检查获得的瘤颈宽度、瘤高等IA形态学指标比较无显著差异，且CTA参数联合、MRA参数联合对IA破裂的预测效能比较无显著差异，表明基于形态学指标，CTA与MRA对IA破裂的预测价值相当，建议临床可根据患者适应证、禁忌证、费用、时间、创伤性等多方面综合考虑选择检查方式。虽CTA与MRA均属于无创检查，但CTA需注射造影剂，仍会对患者造成一定痛苦。相较而言，MRA更具无创性、安全性且无辐射损害，但MRA费用更高，且不适用于带心脏起搏器、具备铁磁性植入物的患者。另外，CTA、MRA成像均对医师有不同程度的检验技术考验，如颅内3D TOF-MRA成像中如何增强流入增强效应，减少血流的饱和效应等，CTA主要通过三维重建技术对目标血管结构进行多角度显示，对操作人员的图像处理技术要求也较高。依据经验，3D TOF-MRA定位时应使血流垂直于扫描层面，避免二者平行，且选择逆向扫描方向可有效减少血流饱和效应<sup>[18-19]</sup>。本研究为回顾性分析研究，两组患者的CTA、MRA成像医师可能存在经验、技术差异，从而干扰结果，这是研究局限性。

综上所述，基于形态学指标CTA与MRA对IA破裂的预测价值相当，均可通过检测瘤最大径、AR、NPR预测IA破裂。

