

论 著

基于CTA分析颅内动脉瘤破裂危险因素的初步研究*

陈建秋 徐峰* 仇成丞

朱树龙 卞光利 仇莉

刘路路

宿迁市第一人民医院医学影像科

(江苏 宿迁 223800)

【摘要】目的 本研究通过CT血管造影成像(CTA)测量颅内动脉瘤(intracranial aneurysm, IA)的形态学参数,探讨动脉瘤破裂的危险因素。**方法** 回顾性分析101例IA患者的临床资料及CTA形态学参数,包括性别、年龄、高血压史、吸烟史、饮酒史、脑梗死史、形态、长径(H_{max})、高度(H_p)、瘤颈宽度(N_D)、瘤体宽度(W)、载瘤动脉直径(D_v)、动脉瘤角(AA)、血流角(FA)、纵横比(AR)、尺寸比(SR)、瘤颈宽度与载瘤动脉直径的比值(NPR)、面积比,将其分为破裂组48例和未破裂组53例。通过单因素分析及二元Logistic回归筛选有统计学意义的独立危险因素,并绘制受试者工作特征曲线(receiver operating characteristic curve, ROC)比较不同独立危险因素及联合参数的诊断效能。**结果** 101例IA患者,男55例,女46例,中位年龄(62.16 ± 11.84)岁。单因素分析显示形态、年龄、 H_{max} 、 H_p 、 N_D 、 W 、 FA 、 AR 、 SR 、 NPR 及面积比等参数在两组间均具有统计学差异。二元Logistic回归分析显示年龄($OR=1.095$, 95%CI 1.001~1.198, $P=0.047$)、 H_{max} ($OR=1.379$, 95%CI 0.211~9.004, $P=0.005$)、 H_p ($OR=1.002$, 95%CI 0.306~1.163, $P=0.006$)、 SR ($OR=2.019$, 95%CI 0.374~10.913, $P=0.032$)、 NPR ($OR=1.093$, 95%CI 1.023~1.167, $P=0.025$)是动脉瘤破裂的独立危险因素。ROC曲线显示年龄、 H_{max} 、 H_p 、 SR 、 NPR 的截断值分别为63、4.3、3.7、1.61、0.94,曲线下面积(area under the curve, AUC)分别为0.648、0.931、0.928、0.849、0.705,联合参数诊断动脉瘤破裂的AUC为0.973。**结论** 年龄、 H_{max} 、 H_p 、 SR 、 NPR 是颅内动脉瘤破裂的独立危险因素,CTA的联合参数模型具有较高的诊断效能。

【关键词】 CTA; 颅内动脉瘤; 破裂; 危险因素**【中图分类号】** R543.1+6**【文献标识码】** A**【基金项目】** 宿迁市重点研发计划社会发展项目(SY202202)

DOI:10.3969/j.issn.1672-5131.2023.11.009

Preliminary Study on Risk Factors for Intracranial Aneurysm Rupture Based on CTA Analysis*

CHEN Jian-qiu, XU Feng*, QIU Cheng-cheng, ZHU Shu-long, BIAN Guang-li, QIU Li, LIU Lu-lu.

Department of Radiology, the First People's Hospital of Suqian City, Suqian 223800, Jiangsu Province, China

ABSTRACT

Objective In this study, we aimed to analyze risk factors for the rupture of intracranial aneurysm (IA) using morphological parameters with CT angiography (CTA). **Methods** Retrospective analysis of clinical data and CTA morphological parameters of 101 IA patients, including gender, age, history of hypertension, smoking, alcohol consumption, history of cerebral infarction, morphology, diameter (H_{max}), height (H_p), neck width (N_D), tumor width (W), diameter of the parent artery (D_v), aneurysm angle (AA), blood flow angle (FA), aspect ratio (AR), size ratio (SR), ratio of neck width to diameter of the parent artery (NPR) and area ratio. The patients were divided into 48 cases in the ruptured group and 53 cases in the unruptured group. Screening statistically significant independent risk factors through univariate analysis and binary logistic regression, and drawing receiver operating characteristic curve (ROC) to compare the diagnostic efficacy of different independent risk factors and combined parameters. **Results** 101 IA patients, 55 males and 46 females, with a median age of (62.16 ± 11.84) years. Univariate analysis showed statistical differences in parameters such as morphology, age, H_{max} , H_p , N_D , W , FA , AR , SR , NPR , and area ratio between the two groups. Binary logistic regression analysis showed that age ($OR=1.095$, 95%CI 1.001-1.198, $P=0.047$), H_{max} ($OR=1.379$, 95%CI 0.211-9.004, $P=0.005$), H_p ($OR=1.002$, 95%CI 0.306-1.163, $P=0.006$), SR ($OR=2.019$, 95%CI 0.374-10.913, $P=0.032$), and NPR ($OR=1.093$, 95%CI 1.023-1.167, $P=0.025$) were independent risk factors for aneurysm rupture. The ROC curve shows that the cutoff values for age, H_{max} , H_p , SR , and NPR are 63, 4.3, 3.7, 1.61, and 0.94, respectively. The Area under the curve (AUC) is 0.648, 0.931, 0.928, 0.849, and 0.705, respectively. The AUC for combined parameter diagnosis of aneurysm rupture is 0.973. **Conclusion** Age, H_{max} , H_p , SR , and NPR are independent risk factors for intracranial aneurysm rupture, and the combined parameter model of CTA has high diagnostic efficacy.

Keywords: CTA; Intracranial Aneurysm; Rupture; Risk Factors

颅内动脉瘤(intracranial aneurysm, IA)在人群中的患病率是3.2%,其中非创伤性蛛网膜下腔出血的最主要原因是动脉瘤破裂,而颅内动脉瘤破裂的致残、致死率可高达50%,因此颅内动脉瘤的诊断以及破裂风险的评估至关重要^[1]。目前诊断颅内动脉瘤的金标准是DSA,具有较高的诊断效能,但因其有创、花费高、辐射剂量大、并可导致血肿、假性动脉瘤以及肾衰等诸多并发症而在临床运用中受限^[2]。CTA因其无创、花费少、操作简便、检查时长短,同时具有较高的时间和空间分辨力,被越来越多的运用到脑血管疾病的早期筛查中^[3]。基于此,本研究旨在探究CTA对于颅内动脉瘤破裂的诊断价值以及危险因素的筛选。

1 资料与方法

1.1 研究资料

本研究回顾性收集2022.1至2023.2经我院收治的IA患者共103例。

纳入标准: 经头颅CTA及DSA检查证实的IA; 年龄 ≥ 18 岁。排除标准: 合并脑内其他肿瘤、血管畸形的患者; 图像质量差,影响诊断与数据测量。103例患者中,1例合并动静脉畸形的病例被排除,1例CTA图像质量差的病例被排除。

最终纳入101个病例,男/女=55/46,年龄39~87岁(62.16 ± 11.84)。依据动脉瘤是否破裂分为两组: 破裂组48例和未破裂组53例,其中患高血压病史86例,有吸烟史38例,有饮酒史21例,患脑梗死病史63例。

1.2 检查方法

使用Siemens Definition Flash双源CT(Somatom Definition, Siemens Healthcare, Forchheim, Germany)进行3D-CTA扫描。病人仰卧于检查床上,扫描范围自颈4椎体下缘至头颅顶部。扫描参数: 管电压为120kVp,准直器宽度为128 \times 0.6mm,螺距1.2,速度0.33s/圈,视野200mm,重建厚度0.6mm。经肘前静脉由高压注射器注入对比剂,总剂量按1.5mL/Kg标准计算得到,注入速率为5mL/s,随之注入50mL等渗生理盐水。在降主动脉内选择感兴趣区(region of interest, ROI),CT值达100HU时自动触发扫描。

1.3 图像后处理及分析

将扫描图像传至西门子Syngo.VIA后处理软件进行处理,经去除检查床、自动骨去除、编辑骨、去除钙化等得到容积再现(volume rendering, VR)、最大密度投影(maximum intensity projection, MIP)、多平面重建(multiplanar reformation, MPR)等图像,旋转得到最佳观测角度由2名经验丰富的影像诊断主治医师评价图像,采用双盲法及二者结果取平均值来减少患者的扫描次数和个体化差异。依次评价动脉瘤的形态、长径(H_{max})、高度(H_p)、瘤颈宽度(N_D)、瘤体宽度(W)、载瘤动

*【第一作者】陈建秋,男,硕士研究生,主要研究方向:腹部影像学。E-mail: c18351973707@163.com

【通讯作者】徐峰,男,主任医师,主要研究方向:心血管影像学。E-mail: keyisq@163.com

脉直径(DV)、动脉瘤角(AA)、血流角(FA)、纵横比(AR)、尺寸比(SR)、瘤颈宽度与载瘤动脉直径的比值(NPR)及面积比^[4-5]。

1.4 统计学方法 采用SPSS 22.0、Medcalc 19.6统计软件对数据进行处理分析, $P < 0.05$ 认为具有统计学差异。符合正态分布的连续性变量用($\bar{x} \pm s$)描述, 偏态分布数据通过中位值(四分位间距)的形式描述, 二分类变量用定性参数用频率(百分比)的形式描述。定量参数两组间的比较采用独立样本t检验或Mann-Whitney U检验, 二分类变量卡方检验。对组间差异显著的参数, 进一步采用二元Logistic回归分析, 评价各参数对于动脉瘤破裂的诊断效能, 利用Medcalc软件比较受试者工作特征(receiver operator characteristic, ROC)曲线的曲线下面积(area under curve, AUC)、特异性、敏感性、约登指数及截断值。

2 结果

2.1 单因素分析 未破裂组与破裂组动脉瘤的临床资料及形态学参数比较见(表1)。临床资料方面, 仅年龄(59.59 ± 11.57 vs 65.00 ± 11.59 , $P = 0.01$)在两组间比较有统计学差异, 其余临床特征无统计学差异。形态学参数方面, 瘤体形态不规则、 H_{max} 、

H_p 、 N_b 、 W 、 FA 、 AR 、 SR 、 NPR 及面积比在两组间比较有显著的统计学差异, DV 和 AA 则无统计学差异。

2.2 多因素分析 将上述单因素分析有统计学意义的年龄及CTA形态学参数纳入二元多因素Logistic回归, 结果见(表2)。回归结果显示, 年龄($OR = 1.095$, 95%CI 1.001~1.198, $P = 0.047$)、 H_{max} ($OR = 1.379$, 95%CI 0.211~9.004, $P = 0.005$)、 H_p ($OR = 1.002$, 95%CI 0.306~1.163, $P = 0.006$)、 SR ($OR = 2.019$, 95%CI 0.374~10.913, $P = 0.032$)、 NPR ($OR = 1.093$, 95%CI 1.023~1.167, $P = 0.025$)是动脉瘤破裂的独立危险因素。

2.3 ROC分析 ROC曲线(图2)显示年龄的AUC为0.648, 敏感性为68.75%, 特异性为66.04%, 截断值为63。 H_{max} 的AUC为0.931, 敏感性为89.58%, 特异性为94.34%, 截断值为4.3。 H_p 的AUC为0.928, 敏感性为89.58%, 特异性为92.45%, 截断值为3.7。 SR 的AUC为0.849, 敏感性为83.33%, 特异性为77.36%, 截断值为1.61。 NPR 的曲线下面积为0.705, 敏感性为83.33%, 特异性为56.60%, 截断值为0.94。多参数联合模型预测动脉瘤破裂的AUC为0.973, 敏感性为93.75%, 特异性为92.45%。

表1 未破裂组及破裂组动脉瘤的临床资料及形态学参数比较

临床资料及形态学参数	未破裂组(n=53)	破裂组(n=48)	P值
性别(男/女)	(28/25)	(27/21)	0.842 [#]
年龄(岁)	59.59 ± 11.57	65.00 ± 11.59	0.01 [*]
高血压史	42(79.2%)	44(91.7%)	0.098 [#]
吸烟史	17(32.1%)	21(43.8%)	0.304 [#]
饮酒史	13(24.5%)	8(16.7%)	0.462 [#]
脑梗死史	32(60.4%)	31(64.6%)	0.686 [#]
形态不规则	15(28.3%)	30(62.5%)	0.001 [#]
H_{max} (mm)	3.23(1.64)	6.34(2.72)	<0.001 [*]
H_p (mm)	2.75(1.39)	5.60(2.35)	<0.001 [*]
N_b (mm)	1.94(1.38)	2.80(1.41)	<0.001 [*]
W (mm)	2.75(1.62)	4.90(5.23)	<0.001 [*]
DV (mm)	2.17(1.33)	2.01(1.33)	0.862 [*]
AA (°)	62.49 ± 12.45	61.22 ± 10.88	0.586 [*]
FA (°)	129.55(31.01)	147.64(21.13)	<0.001 [*]
AR	1.34(0.50)	1.92(1.25)	<0.001 [*]
SR	1.26(0.64)	2.50(2.08)	<0.001 [*]
NPR	0.92(0.49)	1.15(0.83)	<0.001 [*]
面积比	1.51(1.19)	5.05(4.74)	<0.001 [*]

注: #: 二分类变量比较采用卡方检验。*: 不符合正态分布以中位值(四分位间距)表示, 采用非参数(Kruskal-Wallis)检验。-: 符合正态分布以平均值±标准差表示, 采用t检验。

表2 多参数二元Logistic回归结果

变量	OR	95% CI	P值
年龄	1.095	1.001~1.198	0.047
H_{max}	1.379	0.211~9.004	0.005
H_p	1.002	0.306~1.163	0.006
SR	2.019	0.374~10.913	0.032
NPR	1.093	1.023~1.167	0.025

注: OR=odds ratio=比值比; 95%CI=95% confidence interval=95%置信区间

表3 基于CTA二元Logistic回归参数ROC曲线的面积

变量	敏感性	特异性	约登指数	cut-off	AUC	95%CI
年龄	68.75	66.04	0.3479	63	0.648	0.539~0.757
H_{max}	89.58	94.34	0.8392	4.3	0.931	0.874~0.988
H_p	89.58	92.45	0.8204	3.7	0.928	0.870~0.985
SR	83.33	77.36	0.6069	1.61	0.849	0.776~0.921
NPR	83.33	56.60	0.3994	0.94	0.705	0.601~0.804
联合参数	93.75	92.45	0.8620	0.3791	0.973	0.920~0.995

注: area under the curve = AUC = 受试者工作特性曲线下面积

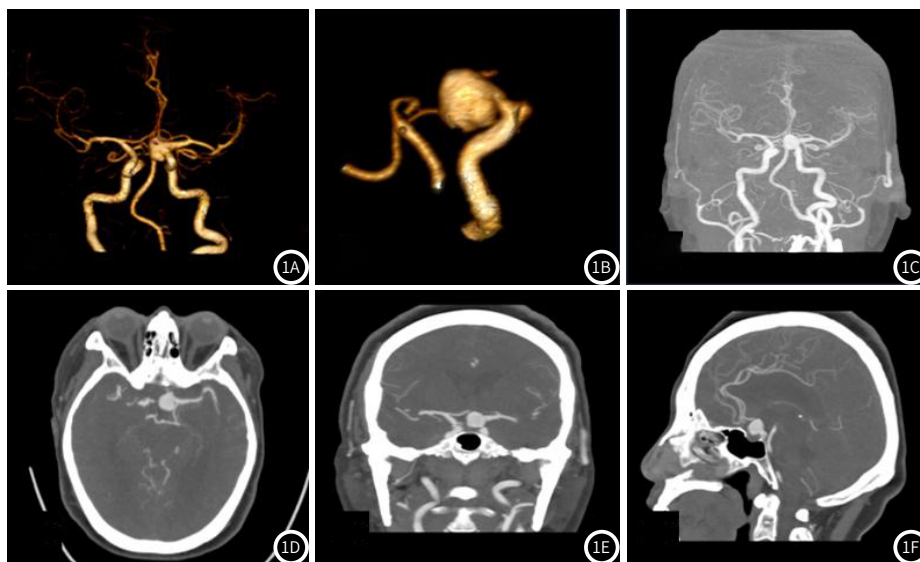


图1A-图1F 双源3D-CTA图像, 女, 66岁。图1A-图1B为VR图像, 图1C为MIP图像, 图1D-图1F分别为带骨轴位、冠状位、矢状位MIP图。3D-CTA图像结果显示左侧颈内动脉交通段动脉瘤破裂, 单发, 形态不规则, 长径为13.69mm、高度为11.59mm、瘤颈宽度为7.27mm、瘤体宽度为12.70mm、载瘤动脉直径3.50mm、动脉瘤角 62.43° 、血流角 131.51° 、纵横比为1.59、尺寸比为3.31、 NPR 为2.08、面积比为5.78。

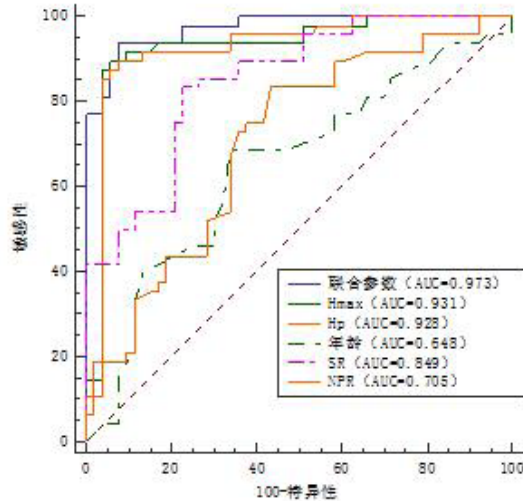


图2 基于CTA独立预测因素及联合参数的ROC曲线

3 讨论

颅内动脉瘤是一种常见的血管疾病，随着全球人口的老龄化，这种疾病被越来越多的发现，动脉瘤一旦破裂可能造成严重后果，因此对于动脉瘤破裂的危险因素预测至关重要^[6]。CTA因其检查便捷、无创、费用低并可清楚的显示动脉瘤与载瘤动脉的形态学关系，有利于常规筛查及指导术前方案的制定^[7]。既往研究认为，对于直径超过3mm的动脉瘤，CTA的敏感性及特异性接近于DSA^[8]。Numminen等认为对于怀疑有动脉瘤或者颅内蛛网膜下腔出血的患者，可优先行CTA检查，必要时行DSA检查^[9]。既往多数研究证实临床危险因素及形态学参数与动脉瘤破裂相关，但尚无统一的结果及预测模型^[10-12]。

在本研究中，我们回顾性地收集了患者的临床特征及动脉瘤详细的形态学参数，研究发现年龄、动脉瘤的长径、高度、SR及NPR是动脉瘤破裂的独立危险因素。同时我们还发现联合这些参数构建的模型具有较高的诊断效能。这些结果表明，患者的年龄及动脉瘤形态学参数有助于评价其破裂风险。黄钟情等研究认为动脉瘤的大小、AR、SR和面积比是动脉瘤破裂的危险因素^[13]。

陈运奎等研究认为子囊、AR、FA、SR是预测动脉瘤破裂的敏感性指标^[14]。Nomura M等研究指出瘤体长径>3.67mm是破裂的独立预测因子^[15]。Greving JP等研究认为年龄是动脉瘤破裂的独立危险因素^[16]。这些既往研究与本研究部分结果一致，其可能原因一是不同研究对象的个体特征不同，二是采用不同的图像评估方法及检查技术。

笔者认为年龄越大，患者的身体机能越差，相应的临床危险因素风险增加，其可能导致血管壁硬化及弹性下降，故而动脉瘤破裂的风险也随之增加。尽管年龄方面，不同研究的结果甚至截然相反，但笔者认为在患者年龄较大但临床评估仍可耐受手术的条件下，应积极处理动脉瘤。动脉瘤越大，其长径、高度、尺寸比及瘤颈宽度与载瘤动脉的直径比值也越大，血流冲击动脉瘤瘤壁的面积及频次增加，因此瘤体处的血流会呈现湍流，复杂的湍流模式导致动脉瘤管壁的剪切应力降低，振荡指数随之增加，从而导致动脉瘤破裂^[17]。本研究中，破裂组与未破裂组两组患者的脑梗死史无明显统计学差异，笔者认为脑梗死可能是动脉瘤破裂后的患者疾病状态，而非动脉瘤破裂的原因。高血压史、吸烟及饮酒史在本研究中并非动脉瘤破裂的独立危险因素，有待于后续更大样本量的研究进一步明确。

本研究存在的一些缺陷与不足：(1)单中心回顾性研究方法决定了样本量偏小，存在选择偏倚，后续需要进一步扩充样本量并联合多中心研究，来获得更加可靠的结果；(2)本研究比较了动脉瘤破裂组及未破裂组的临床特征及形态学参数，并进行多变量分析以减少混杂因素干扰，但动脉瘤破裂后的形态学特征可能发生变化，因此我们部分的研究结果可能代表动脉瘤破裂后的状态。

4 结论

本研究回顾性的收集动脉瘤破裂组及未破裂组患者的临床特征及CTA形态学参数。年龄、大的动脉瘤长径、高度、高的SR及NPR比值是动脉瘤破裂的独立危险因素。年龄联合CTA形态学参数模型具有较高的诊断效能。

参考文献

- [1] 中国医师协会神经介入专业委员会, 中国颅内动脉瘤计划研究组. 颅内动脉瘤影像学判读专家共识[J]. 中国脑血管病杂志, 2021, 18(7): 492-504.
- [2] 王晓慧, 杨娟, 张瑜. 3D-CTA对颅内动脉瘤诊断效能及治疗指导的价值研究[J]. 中国CT和MRI杂志, 2022, 20(1): 18-20.
- [3] 吴磊, 沈龙山, 朱晶洁, 等. 颅内动脉瘤破裂风险评估中CTA的有效性及其形态学特征分析[J]. 蚌埠医学院学报, 2020, 45(9): 1261-1265.
- [4] 陈解南, 黄钟情, 孟志华, 等. 运用CTA分析镜后交通动脉瘤破裂的危险因素[J]. 山西医科大学学报, 2016, 47(5): 463-467.
- [5] 任涛, 刘松, 田超, 等. CT血管成像分析基底动脉尖动脉瘤破裂的危险因素[J]. 中华放射学杂志, 2021, 55(4): 397-402.
- [6] Cui Y, Xing H, Zhou J, et al. Aneurysm morphological prediction of intracranial aneurysm rupture in elderly patients using four-dimensional CT angiography [J]. Clin Neurol Neurosurg, 2021, 208: 106877.
- [7] 黄钦江, 郭宗铎, 张晓冬, 等. CTA对颅内多发动脉瘤的诊断准确性[J]. 中国神经精神疾病杂志, 2016, 42(6): 330-333.
- [8] 中国医师协会神经介入专业委员会, 中国颅内动脉瘤计划研究组. 中国颅内未破裂动脉瘤诊疗指南2021[J]. 中国脑血管病杂志, 2021, 18(9): 634-664.
- [9] Numminen J, Tarkiainen A, Niemelä M, et al. Detection of unruptured cerebral artery aneurysms by MRA at 3.0 tesla: comparison with multislice helical computed tomographic angiography [J]. Acta Radiol, 2011, 52(6): 670-674.
- [10] Hedderich DM, Reess TJ, Thaler M, et al. Hippocampus subfield volumetry after microsurgical or endovascular treatment of intracranial aneurysms—an explorative study [J]. Eur Radiol Exp, 2019, 3(1): 13.
- [11] Nakagawa D, Zanaty M, Hudson J, et al. Plasma soluble human elastin fragments as an intra-aneurysmal localized biomarker for ruptured intracranial aneurysm [J]. Am Heart Assoc, 2018, 7(17): e010051.
- [12] Turan N, Heider RA, Roy AK, et al. Current perspectives in imaging modalities for the assessment of unruptured intracranial aneurysms: a comparative analysis and review [J]. World Neurosurg, 2018, 113: 280-292.
- [13] 黄钟情, 周新卫, 孟志华, 等. 运用CTA分析颅内动脉瘤破裂的危险因素[J]. 临床放射学杂志, 2017, 36(1): 15-19.
- [14] 陈运奎, 符惠宏, 王录兵, 等. 三维CTA检查预测高危颅内动脉瘤破裂出血的应用价值[J]. 医学影像学杂志, 2020, 30(3): 363-366.
- [15] Nomura M, Mori K, Tamase A, et al. Pseudoaneurysm formation due to rupture of intracranial aneurysms: case series and literature review[J]. Neuroradiol J, 2017, 30(2): 129-137.
- [16] Greving JP, Wermer MJ, Brown RD Jr, et al. Development of the PHASES score for prediction of risk of rupture of intracranial aneurysms: a pooled analysis of six prospective cohort studies [J]. Lancet Neurol, 2014 Jan; 13(1): 59-66.
- [17] 陈冠亚, 祁冬, 乔晓春, 等. CTA与MRA在诊断颅内动脉瘤中的临床应用价值对比研究[J]. 吉林医学, 2021, 42(12): 2853-2856.

(收稿日期: 2023-04-23)

(校对编辑: 谢诗婷)