

论 著

基于3D-Slicer软件行CTA重建预测颅内动脉瘤破裂的相关性研究

费 佳 段 凯*

北京市房山区良乡医院影像科(北京 102401)

【摘要】目的 探讨基于3D-Slicer软件行CTA重建的方法预测颅内动脉瘤破裂的危险因素。方法 搜集我院2016.01-2021.06月行CTA检查确诊的颅内动脉瘤200例,用3D-Slicer软件重建头部血管,并测量各项指标。将动脉瘤分为破裂组105例、未破裂组95例。比较各指标在两组之间的差异,行二元Logistic回归分析及ROC曲线确定预测动脉瘤破裂的独立危险因素及诊断效能。结果 两组患者年龄、性别均无统计学差异($P>0.05$)。动脉瘤形态、部位、最大径、宽度、高度、瘤颈宽度、载瘤动脉平均直径、AR、SR、长宽比、入射角度、动脉瘤表面积、体积在两组间均存在显著统计学差异($P<0.001$)。二元Logistic回归分析显示动脉瘤形态不规则、入射角 $>116.22^\circ$ 是预测动脉瘤破裂的独立危险因素。ROC曲线显示AUC达0.916,当最佳临界值为0.41时,诊断效能好,其灵敏度为81.0%、特异度为89.5%。结论 动脉瘤形态不规则、入射角 $>116.22^\circ$ 是预测动脉瘤破裂的独立危险因素。

【关键词】颅内动脉瘤; 3D-Slicer软件; 破裂; 危险因素

【中图分类号】R445.3; R743.9

【文献标识码】A

DOI:10.3969/j.issn.1672-5131.2023.03.014

Risk Factor Analysis of the Rupture of Intracranial Aneurysm by CTA Reconstruction with 3D-Slicer Software

FEI Jia, DUAN Kai*

Department of Radiology, Beijing Fangshan District Liangxiang Hospital, Beijing 102401, China

ABSTRACT

Objective To predict the risk factors affecting the rupture of intracranial aneurysm by CTA reconstruction with 3D-Slicer software. **Methods** The 200 cases with intracranial aneurysm from Beijing Fangshan District Liangxiang Hospital during January 2016 to June 2021 were analyzed and reconstructed by 3D-Slicer software, and morphological parameters were measured. This study was divided into 105 cases of rupture group and 95 cases of non-rupture group. The clinical feature and morphological parameters between groups were compared. The binary regression analysis was used to predict the risk factors for ruptured intracranial aneurysm. The ROC curve was used to identify the diagnostic value for predicting ruptured aneurysm. **Results** There were no statistical difference in age, sex among rupture group and non-rupture group. There were statistically significant differences in aneurysm location, shape, the largest diameter of aneurysm, aneurysm height, aneurysm width, neck width, mean diameter of parent artery, aspect ratio (AR), size ratio (SR), diameter-width ratio, flow angle, surface area and volume between groups. The binary regression analysis results showed irregular shape and flow angle $>116.22^\circ$ were important risk factors in predicting ruptured intracranial aneurysm. The ROC curve displayed higher sensitivity and specificity, respectively 81.0%, 89.5%, with an AUC of 0.916, when the cutoff was 0.41. **Conclusion** The irregular shape and flow angle $>116.22^\circ$ were important risk factors in predicting ruptured intracranial aneurysm.

Keywords: Intracranial Aneurysm; 3D-Slicer Software; Rupture; Risk Factors

随着影像检查技术的不断完善、发展,越来越多的颅内动脉瘤被检出^[1-2]。颅内动脉瘤是引起蛛网膜下腔出血的常见脑血管疾病之一,其临床症状往往不明显,但发生破裂者致死率可达40~50%^[3-6],常引起患者足够的重视,无形中也增加了患者不小的心理负担。因此若能早期预判颅内动脉瘤的破裂风险因素,则能很大程度改善患者的临床预后,提高患者的生存质量。目前尽管关于CTA评估动脉瘤破裂风险的相关报道较多,但由于临床医师与放射科医师对动脉瘤的关注侧重点不同,临床医师更倾向于如何治疗,导致传统后处理工作站的CTA重建方法不能完全满足临床医师的需求。因此,寻求一种全新的CTA重建方法,能更好地发挥影像资料的作用,对临床手术方案的选择具有重要的指导意义。本研究通过3D-Slicer软件对CTA数据进行三维重建,来探讨影响颅内动脉瘤破裂的重要形态学参数,为临床治疗方案提供更直观、形象的影像学依据。

1 资料与方法

1.1 临床资料 搜集北京市房山区良乡医院2016.01-2021.06月行CTA检查确诊的颅内动脉瘤患者200例。根据颅内动脉瘤有无破裂将其分为破裂组105例、未破裂组95例。其中105例破裂组中,男性31例,女性74例,年龄34~87岁,平均年龄 (57.68 ± 9.46) 岁;95例未破裂组中,男性34例,女性61例,年龄20~79岁,平均年龄 (55.87 ± 11.20) 岁。

1.2 纳入标准与排除标准

纳入标准:CTA检查确诊为颅内动脉瘤,且CTA图像清晰、完整。排除标准:梭形动脉瘤、夹层动脉瘤;合并血管畸形、脑外伤、脑肿瘤;动脉瘤手术史;CTA图像不清晰、图像缺失。

1.3 方法

1.3.1 CTA检查及3D-Slicer软件评估 采用GE Optima CT660 64排CT设备,自肘静脉注射碘海醇或碘克沙醇造影剂,从颅底至颅顶进行扫描。将获得的减影CTA序列以Dicom格式导出并拷贝到3D-Slicer软件中进行评阅,主要步骤如下:(1)CTA重建:在Segment Editor模块中点击阈值选择工具(Threshold),调整阈值范围使血管显影清晰从而获得头部血管重建图;(2)图像剪切:使用剪刀(Scissors)工具进行剪切,最终仅保留动脉瘤及载瘤动脉;(3)测量数据:使用刻度尺(Ruler)、角度(Angle)工具测量动脉瘤最大径、动脉瘤宽度、动脉瘤高度、瘤颈宽度、载瘤动脉平均直径、入射角度,测量2次,取平均值,其测量标准参考相关文献^[7],最终用测量的数值计算纵横比(AR)、尺寸比(SR)、长宽比;(4)动脉瘤表面积、体积测量方法:在Segment Editor模块下新建一个空白的分割图层,并运用逻辑运算工具(Logical operators)分别进行加法(Add)、减法(Subtract)运算,最终得到动脉瘤及载瘤动脉分开的两个分割图层;在Models模块下,点击动脉瘤信息,即可显示动脉瘤的表面积、体积。

1.3.2 统计学方法 采用SPSS 22.0软件进行分析。计量资料采用独立样本t检验,数据以

【第一作者】费 佳,男,医师,主要研究方向:神经系统疾病影像诊断。E-mail: 1490634853@qq.com

【通讯作者】段 凯,男,主任医师,主要研究方向:神经系统疾病影像诊断。E-mail: dksyltt@aliyun.com

均数 ± 标准差表示。定性资料采用 χ^2 检验，以百分率(%)表示。二元Logistic回归分析用于确定动脉瘤破裂的独立危险因素。绘制受试者工作特征(receiver operating characteristic, ROC)曲线，得出曲线下面积(AUC)、最佳临界值、敏感性、特异性。 $P<0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 临床资料 两组患者性别、年龄比较，均无统计学差异($P>0.05$)，见表1。

2.2 动脉瘤影像特征比较 约56.2%的破裂组动脉瘤表现为形态不规则，远远高于未破裂组(6.3%)，差异具有显著统计学意义($P<0.001$)。破裂组、未破裂组两组动脉瘤在发病部位上均以颈内动脉居多，分别占37.1%、71.6%，且位于大脑前动脉、前交通

动脉、大脑中动脉、大脑后动脉、椎基底动脉的动脉瘤出现破裂的概率较高，两组间存在显著统计学差异($P<0.001$)，见表1。

两组间动脉瘤最大径、动脉瘤宽度、动脉瘤高度、瘤颈宽度、载瘤动脉平均直径、纵横比(AR)、尺寸比(SR)、长宽比、入射角度、动脉瘤表面积、动脉瘤体积均存在显著统计学差异($P<0.001$)，见表1、图1、2。

2.3 二元Logistic回归分析 将单因素分析中有统计学差异的变量进行二元Logistic回归分析，结果显示，仅动脉瘤形态不规则、入射角度 $>116.22^\circ$ (中位数)为预测动脉瘤的重要影像学指标($P<0.05$)，见表2。

2.4 动脉瘤破裂的危险因素预测价值分析 ROC曲线结果显示：AUC为0.916，见图3。当最佳临界值为0.41，其诊断效果较好，灵敏度为81.0%、特异性为89.5%。

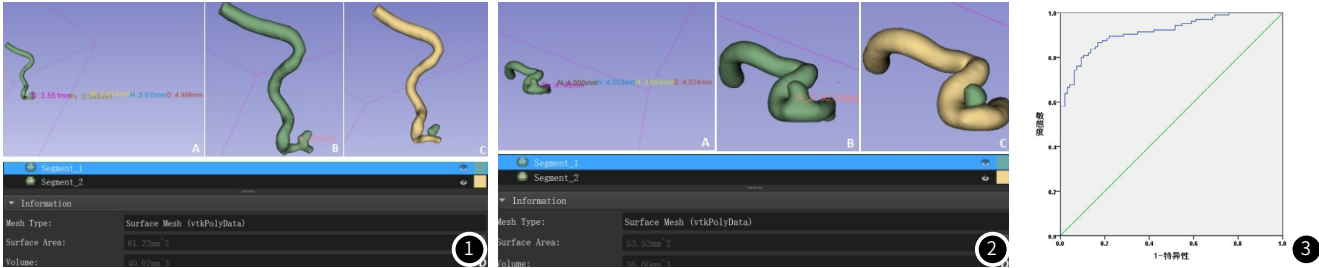


图1 女，54岁，破裂动脉瘤，病变位于右侧颈内动脉交通段，形态不规则。D：动脉瘤最大径5mm；H：动脉瘤高度3.91mm；W：动脉瘤宽度3.57mm；N：瘤颈宽度3.55mm；Pv：载瘤动脉直径2.34mm；A：动脉瘤入射角 124.9° 。C图显示绿色为动脉瘤，黄色为载瘤动脉。D图显示动脉瘤的表面积 61.22mm^2 、体积 40.07mm^3 。图2 女，61岁，未破裂动脉瘤，病变位于左侧颈内动脉眼段，形态规则。D：动脉瘤最大径4.03mm；H：动脉瘤高度3.55mm；W：动脉瘤宽度4.20mm；N：瘤颈宽度4mm；Pv：载瘤动脉直径4.15mm；A：动脉瘤入射角 60° 。C图显示绿色为动脉瘤，黄色为载瘤动脉。D图显示动脉瘤的表面积 53.52mm^2 、体积 35.05mm^3 。图3 ROC曲线。

表2 二元Logistic回归分析结果

变量	B	S.E	Wald	P	Exp(B)	
					均值	95%CI
形态	-2.128	0.690	9.510	0.002	0.119	0.031~0.460
入射角	-0.034	0.010	11.889	0.001	0.967	0.949~0.986
常量	4.167	2.655	2.464	0.117	64.491	

3 讨论

3D-Slicer软件是一种免费的用于医学图像分析、后处理的软件，目前已广泛应用于临床医学研究中，尤其在神经外科领域，深受临床医师的青睐^[8]。既往研究^[9,10]表明，3D-Slicer软件重建的CTA结果与传统后处理工作站的CTA重建结果对颅内动脉瘤的诊断效能相同，该软件的优势在于临床医师不再受影像后处理工

表1 两组动脉瘤的临床资料及影像特征比较

指标	破裂组(105例)	未破裂组(95例)	χ^2/t	P
年龄	57.68±9.46	55.87±11.20	1.233	0.219
性别	男 31(29.5%) 女 74(70.5%)	34(35.8%) 61(64.2%)	0.893	0.345
形态	不规则 59(56.2%) 规则 46(43.8%)	6(6.3%) 89(93.7%)	56.553	<0.001
病变部位	颈内动脉 39(37.1%) 大脑前动脉 4(3.8%) 前交通动脉 15(14.3%) 大脑中动脉 26(24.8%) 大脑后动脉 2(1.9%) 椎动脉 4(3.8%) 基底动脉 15(14.3%)	68(71.6%) 3(3.2%) 7(7.4%) 12(12.6%) 1(1.1%) 3(3.2%) 1(1.1%)	29.631	<0.001
动脉瘤最大径	5.73±3.04	3.09±1.20	8.210	<0.001
动脉瘤宽度	5.18±2.69	3.33±1.62	5.949	<0.001
动脉瘤高度	5.03±3.08	2.76±1.08	7.092	<0.001
瘤颈宽度	4.75±1.90	3.81±1.46	3.952	<0.001
载瘤动脉平均直径	2.38±0.96	3.05±1.13	-4.506	<0.001
纵横比(AR)	1.14±0.77	0.74±0.23	5.063	<0.001
尺寸比(SR)	2.98±2.68	1.28±1.08	5.957	<0.001
长宽比	1.17±0.44	0.97±0.25	3.832	<0.001
入射角	116.22±26.37	85.73±22.96	8.677	<0.001
动脉瘤表面积	110.86±141.13	35.92±32.92	5.285	<0.001
动脉瘤体积	143.38±341.06	23.06±36.59	3.592	<0.001

作站的制约,只需一台电脑即可在任何时间、任何地点对患者的影像数据进行研究、处理,临床医师可以任意角度旋转、全方位观察动脉瘤的形态、位置及其与周围结构的毗邻关系,从而为患者制定合适的治疗方案,降低动脉瘤破裂的风险。

3.1 动脉瘤部位、形态 动脉瘤部位不同,引起流经动脉瘤的血流动力学压力存在差异,导致动脉瘤出现破裂的几率不同,但关于动脉瘤易发生破裂的部位说法不一。有研究^[11-13]指出,发生于前交通动脉的动脉瘤更容易发生破裂;也有学者^[14]指出位于后循环的动脉瘤出现破裂的概率较高。本研究与上述研究结果稍有差异,可能与样本量不足及样本选择有关,本研究认为颈内动脉是颅内动脉瘤的最常见发生部位,且动脉瘤在大脑中动脉、前交通动脉、大脑中动脉、大脑后动脉及椎基底动脉出现破裂的发生率均高于未破裂组。相关研究^[15-17]指出,形态不规则的动脉瘤出现破裂的风险较高,可能是由于动脉瘤壁局部薄弱,引起瘤灶形态呈不规则样改变、动脉瘤管腔内血栓形成,增加了动脉瘤的破裂风险。笔者研究发现,约56.2%的破裂组动脉瘤表现为形态不规则,明显高于未破裂组(6.3%, $P<0.001$),与上述研究结果一致。

3.2 动脉瘤的影像特征 本研究发现动脉瘤最大径、动脉瘤高度、动脉瘤宽度、瘤颈宽度、AR、SR、长宽比、动脉瘤表面积、体积在破裂组动脉瘤中的数值均明显高于未破裂组动脉瘤,对于预测动脉瘤的破裂风险有重要意义,但目前关于预测动脉瘤破裂的临界值仍然不统一。Juvela等^[13]指出动脉瘤最长径 $>7\text{mm}$ 时容易发生破裂,而有学者^[18]认为最长径 5mm 为动脉瘤发生破裂的临界值。本研究发现直径 $>5.73\text{mm}$ 的动脉瘤更容易破裂。AR为动脉瘤高度与瘤颈宽度的比值,有研究^[19]指出AR为1.4为动脉瘤破裂的最佳临界值,也有文献^[20]指出1.65为AR的最佳临界值,而本研究的AR值均较上述报道数值小,临界值为1.14,可能与选取的样本差异有关。SR为动脉瘤最长径与载瘤动脉平均直径的比值,在一定程度上反映了病变部位对动脉瘤最长径的影响,能有效地预测动脉瘤的破裂情况,SR值越高,破裂几率越大。Kazuya等^[21]学者行四维血流动力学MRI成像发现, $\text{SR}>2.1$ 时动脉瘤更易发生破裂,其原因可能是较大的SR会引起血流模式更集中,动脉瘤壁壁面剪应力增大,易发生破裂。而Tong等^[22]学者认为 $\text{SR}>3$ 时,破裂风险较高。本研究发现破裂组动脉瘤的SR值(2.98 ± 2.68)明显高于未破裂组(1.28 ± 1.08 , $P<0.001$),与上述Tong等^[22]学者得出的结果接近,差异具有明显统计学意义($P<0.001$)。长宽比为动脉瘤最长径与动脉瘤宽度的比值,在一定程度上反映了动脉瘤的形状,当比值接近1时,病变趋向于圆形;当比值大于1时,病变呈瘦长形,破裂风险较高^[23]。本研究破裂组动脉瘤的长宽比均值大于1,发生出血的概率高于未破裂组,差异具有显著性($P<0.001$)。本研究认为动脉瘤宽度、动脉瘤高度及瘤颈宽度也是预测动脉瘤破裂的有效指标,其均值越大,破裂风险越高,已有研究报道证实^[24]。动脉瘤表面积、体积分别从二维角度、三维角度上来反映动脉瘤的破裂风险状况,其数值越大,破裂风险越高^[13, 25],本研究也证实了上述结论。值得注意的是,本研究中载瘤动脉平均直径与动脉瘤破裂风险呈负相关,破裂组的载瘤动脉平均直径($2.38\pm 0.96\text{mm}$)明显小于未破裂组($3.05\pm 1.13\text{mm}$),可能是载瘤动脉越细、瘤壁越薄弱,越容易发生破裂。

有研究^[26-28]指出,动脉瘤的入射角是影响动脉瘤破裂的最关键因素之一,入射角度越大,动脉瘤受到的壁面剪应力增大,血流速度更快,更容易发生破裂。Ma等^[29]研究表明动脉瘤入射角 $>120^\circ$ 时,动脉瘤破裂风险更高,其敏感性为85%,特异性为61%。本研究发现破裂组动脉瘤的入射角度明显大于未破裂组,当动脉瘤入射角度 $>116.22^\circ$ 时,易发生破裂。

3.3 动脉瘤破裂的危险因素预测价值分析 不同的影像特征在预判动脉瘤破裂方面价值不同,哪一个指标更具诊断意义仍存在分歧,因此综合、全面分析动脉瘤的影像学特征能够提高破裂动脉瘤的诊断效能。有研究^[30]报道,动脉瘤入射角度是影响动脉瘤破裂的高危因素。王晖等^[31]认为高血压史、有子囊、SR值较高及入射角度较大为预测动脉瘤破裂的独立危险因素。本研究行二元

Logistic回归分析发现,仅动脉瘤形态、入射角度是影响动脉瘤破裂的危险因素,其ROC结果显示当最佳临界值为0.41时,其诊断效能较好,其灵敏度为81.0%、特异度为89.5%。也就是说动脉瘤形态不规则、入射角 $>116.22^\circ$ 时,动脉瘤更易发生破裂,提示临床应尽早干预,从而降低动脉瘤的破裂几率。

本研究由于样本量不足,且样本存在一定的选择性偏倚问题,并且该研究未对患者的临床资料(吸烟、高血压、糖尿病、高血脂等)进行分析,日后将会加大样本量进一步研究影响动脉瘤破裂的风险因子,以帮助临床医生提供精确的影像依据,为患者采取合适的治疗方案。

参考文献

- [1] Etminan N, Rinkel GJ, et al. Unruptured intracranial aneurysms: Development, rupture and preventive management [J]. Nat Rev Neurol, 2017, 13(2): 699-713.
- [2] 汪宁, 张保朝, 温昌明. MCTA及其三维重建在颅内动脉瘤诊断中的临床应用 [J]. 中国CT和MRI杂志, 2019, 17(1): 19-21.
- [3] Juvela S. Growth and rupture of unruptured intracranial aneurysms [J]. J Neurosurg, 2018, 131(3): 843-851.
- [4] Kim MC, Hwang SK. The rupture risk of aneurysm in the anterior communicating artery: A single center study [J]. J Cerebrovasc Endovasc Neurosurg, 2017, 19(1): 36-43.
- [5] Lawton MT, Yates GE. Subarachnoid hemorrhage [J]. N Engl J Med, 2017, 377(3): 257-266.
- [6] 尹伟, 王馨蕊, 陈录广, 等. CE-MRA与磁共振血管成像联合应用对颅内动脉瘤的诊断价值 [J]. 中国CT和MRI杂志, 2017, 15(4): 21-23.
- [7] Wang H, Kang K. Risk factor analysis of the rupture of intracranial aneurysm $<7\text{mm}$ in diameter and establishment of predictive model [J]. Chinese Journal of Cerebrovascular Diseases, 2018, 15(10): 523-529.
- [8] Fedorov A, Beichel R, Kalpathy-Cramer J, et al. 3D slicer as an image computing platform for the quantitative imaging network [J]. Magn Reson Imaging, 2012, 30(9): 1323-1341.
- [9] 裴东领, 刘献志, 陈晓雷. 3D-slicer软件在颅内动脉瘤诊断中的应用价值及与DSA的对比研究 [J]. 中国实用医刊, 2019, 46(5): 27-30.
- [10] 姬将, 赵超云, 王明磊, 等. Slicer三维可视化后处理软件进行3D-CTA重建诊断颅内破裂动脉瘤的准确性 [J]. 中国临床神经外科杂志, 2019, 24(8): 476-479.
- [11] Goertz L, Hamisch C, Telentschak S, et al. Impact of aneurysm shape on intraoperative rupture during clipping of ruptured intracranial aneurysms [J]. World Neurosurg, 2018, 118: e806-e812.
- [12] Tsunoda S, Yoshikawa G, Ishikawa O. A predictive score for identification of rupture site in subarachnoid haemorrhage with multiple intracranial aneurysm [J]. Br J Neurosurg, 2021, 35(2): 145-150.
- [13] Juvela S, Korja M. Intracranial aneurysm parameters for predicting a future subarachnoid hemorrhage: A long-term follow-up study [J]. Neurosurgery, 2017, 81(3): 432-440.
- [14] 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.
- [15] Suzuki T, Takao H, Rapaka S, et al. Rupture risk of small unruptured intracranial aneurysms in Japanese adults [J]. Stroke, 2020, 51(2): 641-643.
- [16] Howard BM, Hu R, Barrow JW, et al. Comprehensive review of imaging of intracranial aneurysms and angiographically negative subarachnoid hemorrhage [J]. Neurosurg Focus, 2019, 47(6): E20.
- [17] AlMatter M, Bhogal P, Aguilar Perez M, et al. The size of ruptured intracranial aneurysms: A 10-year series from a single center [J]. Clin Neuroradiol, 2019, 29(1): 125-133.
- [18] Backes D, Rinkel GJ, Laban KG, et al. Patient- and aneurysm-specific risk factors for intracranial aneurysm growth: A systematic review and meta-analysis [J]. Stroke, 2016, 47(4): 951-957.
- [19] Qiu T, Jin G, Xing H, et al. Association between hemodynamics, morphology, and rupture risk of intracranial aneurysms: A computational fluid modeling study [J]. Neurological sciences, 2017, 38(4): 1-10.
- [20] 王天玉, 时伟玉, 刘俊中, 等. 影响颅内小型动脉瘤破裂的影像解剖特征分析 [J]. 中华解剖与临床杂志, 2021, 26(3): 287-292.
- [21] Futami K, Nambu I, Kitabayashi T, et al. Inflow hemodynamics evaluated by using four-dimensional flow magnetic resonance imaging and the size ratio of unruptured cerebral aneurysms [J]. Neuroradiology, 2017, 59(4): 411-418.
- [22] Tong X, Feng X, Peng F, et al. Morphology-based radiomics signature: A novel determinant to identify multiple intracranial aneurysms rupture [J]. Aging (Albany NY), 2021, 13(9): 13195-13210.
- [23] Elsharkawy A, Lehecka M, Niemela M, et al. Anatomic risk factors for middle cerebral artery aneurysm rupture: Computed tomography angiography study of 1009 consecutive patients [J]. Neurosurgery, 2013, 73(5): 825-837; discussion 836-827.
- [24] 蒋孝先, 罗光华, 周飞, 等. 4D-CTA在颅内动脉瘤诊断中的应用价值 [J]. 中国医科大学学报, 2020, 49(4): 336-341.
- [25] Wang HW, Wu C, Xue Z, et al. A supplemental technique for preoperative evaluation of giant intracranial aneurysm [J]. J Neurol Surg A. Part A Cent Eur Neurosurg, 2021, 82(5): 424-429.
- [26] Skodvin TO, Evju O, Sorteberg A, et al. Prerupture intracranial aneurysm morphology in predicting risk of rupture: A matched case-control study [J]. Neurosurgery, 2019, 84(1): 132-140.
- [27] Mo X, Meng Q, Yang X, et al. The impact of inflow angle on aneurysm hemodynamics: A simulation study based on patient-specific intracranial aneurysm models [J]. Front Neurol, 2020, 11: 534096.
- [28] Shi Z, Chen GZ, Mao L, et al. Machine learning-based prediction of small intracranial aneurysm rupture status using CTA-derived hemodynamics: A multicenter study [J]. AJNR Am J Neuroradiol, 2021, 42(4): 648-654.
- [29] Ma X, Yang Y, Liu D, et al. Demographic and morphological characteristics associated with rupture status of anterior communicating artery aneurysms [J]. Neurosurg Rev, 2020, 43(2): 589-595.
- [30] 尹家和, 张妍, 段传志, 等. 动脉瘤倾斜角对颅内单发动脉瘤破裂出血的影响研究 [J]. 中华神经医学杂志, 2019, 18(7): 692-699.
- [31] 王晖, 康凯. 直径 $<7\text{mm}$ 颅内动脉瘤破裂的危险因素分析和预测模型构建 [J]. 中国脑血管病杂志, 2018, 15(10): 523-529.

(收稿日期: 2021-11-18)

(校对编辑: 谢诗婷)