

• 中枢神经影像学 •

不规则瘤颈的颅内破裂动脉瘤与夹闭术后脑梗死的相关性研究

徐伦, 张旭伟, 顾艳, 刘永保, 刘希光, 张洪伟

【摘要】 目的:分析动脉瘤颈部形态对颅内破裂动脉瘤夹闭术后脑梗死的影响。**方法:**回顾性分析连云港市第一人民医院 203 例经显微夹闭术的颅内破裂动脉瘤患者。术前通过 CTA 确定动脉瘤体形态和颈部形态。据动脉瘤颈部形态是否规则将动脉瘤分为两组,然后据术后是否出现脑梗死将动脉瘤分为两组,分别将两组间的动脉瘤形态和临床指标进行分析,其中术后相关脑梗死的预后因素使用单变量和多变量统计分析确定。**结果:**203 例破裂动脉瘤中动脉瘤形态不规则 81 例,规则 122 例。动脉瘤颈部形态不规则 65 例,形态规则 138 例。发生术后相关脑梗死 40 例,总的脑梗死发生率 19.7%。动脉瘤颈部形态不规则的动脉瘤伴有较高的瘤体形态不规则出现率($\chi^2=37.494, P<0.001$)、术中破裂率($\chi^2=11.604, P=0.001$)、临时载瘤动脉使用率($\chi^2=59.286, P<0.001$)和术后脑梗死发生率($\chi^2=21.262, P<0.001$)。多变量分析中不规则颈部形态($OR=3.023, 95\%CI=1.291\sim7.075, P=0.011$)和术中载瘤动脉瘤临时阻断($OR=2.762, 95\%CI=1.152\sim6.622, P=0.023$)是术后发生脑梗死的相关预后因素。**结论:**显微手术夹闭颅内破裂动脉瘤中动脉瘤颈部形态不规则和术中载瘤动脉瘤临时阻断是发生术后相关脑梗死的相关预后因素。

【关键词】 动脉瘤,破裂;脑梗死;体层摄影术,X线计算机;血管造影术

【中图分类号】 R543.16; R743.33; R814.4; R816.2 **【文献标志码】** A

【文章编号】 1000-0313(2021)10-1200-05

DOI:10.13609/j.cnki.1000-0313.2021.10.001

开放科学(资源服务)标识码(OSID):



Study relationship between irregular aneurysm neck and cerebral infarction after clipping of ruptured intracranial aneurysm XU Lun, GU Yan, ZHANG Xu-wei, et al. Department of Neurosurgery, Lianyungang Hospital of Traditional Chinese Medicine, Jiangsu 222004, China

【Abstract】 Objective: To analyze the impact of aneurysm neck shape on cerebral infarction after ruptured intracranial aneurysm microclipping. **Methods:** Two hundred and three patients with ruptured intracranial aneurysm microclipping were enrolled in this study. The shape of aneurysm body and neck determined by preoperative CTA were retrospectively analyzed. Aneurysms were divided into regular or irregular groups according to the shape of neck, and then those were divided into two groups according to whether there was cerebral infarction after operation. The aneurysm morphology and clinical indicators were analyzed and compared between the groups. The prognostic factors for postoperation-associated cerebral infarction were determined using univariate and multivariate statistical analysis. **Results:** Among all cases, ruptured aneurysms is irregular in 81 cases and regular in 122 cases. Neck of aneurysm was irregular in 65 cases and regular in 138 cases. Forty people suffered with postoperative related cerebral infarction and the total cerebral infarction rate is 19.7%. Irregular neck of aneurysm was associated with higher incidence of irregular aneurysm body ($\chi^2=37.494, P<0.001$), intraoperative rupture ($\chi^2=11.604, P=0.001$), using temporary clipping ($\chi^2=59.286, P<0.001$), and postoperative cerebral infarction ($\chi^2=21.262, P<0.001$). Irregular aneurysm neck ($OR=3.023, 95\%CI=1.291\sim7.075, P=0.011$) and temporary clipping ($OR=2.762, 95\%CI=1.152\sim6.622, P=0.023$) are prognostic factors for postoperative cerebral infarction by the multivariate analysis. **Conclusion:** Irregular aneurysm neck and temporary clipping are prognostic factors for postoperative related cerebral

作者单位: 222004 江苏, 连云港市中医院(徐伦、张旭伟); 江苏, 连云港市第一人民医院(顾艳、刘永保、刘希光、张洪伟)

作者简介: 徐伦(1980-), 男, 江苏连云港人, 硕士, 副主任医师, 主要从事颅内动脉瘤的治疗及预后研究。

通讯作者: 顾艳, E-mail: 13815617997@139.com

基金项目: 江苏省卫生健康委面上项目基金(H2018091)

infarction in patients with ruptured intracranial aneurysm microclipping.

【Key words】 Aneurysm, ruptured; Brain infarction; Tomography, X-ray computed; Angiography

颅内动脉瘤破裂后治疗手段主要有显微夹闭和介入栓塞两种方法。近些年,介入栓塞术虽然有了显著的发展,但是显微夹闭术仍然是颅内动脉瘤最常用的一种安全和有效的治疗方法^[1-3],特别是对于具有复杂形态的前循环动脉瘤,介入栓塞术难以替代。脑梗死是动脉瘤夹闭术后的一种潜在的术后并发症,报道发生率从 0.9%~45.3% 不等^[4-6]。大范围脑梗死可引起严重的神经功能缺损,也是术后死亡主要原因。因此分析术后脑梗死相关预后因素,减少其发生率就非常重要。

有学者^[4,7]分析了夹闭术后脑梗死相关预后因素包括动脉瘤的位置,夹闭术中临时阻断的时间等等。然而,现有文献报道针对动脉瘤形态是否规则对夹闭术后脑梗死的影响报道较少,特别是动脉瘤颈部的形态对夹闭术后相关脑梗死的影响报道。另外,由于前、后循环的动脉瘤存在不同的血流动力学和解剖学因素,且后循环动脉瘤应用介入栓塞术治疗的较多,因此,本研究主要分析颅内破裂的前循环动脉瘤颈部形态是否规则与夹闭术后脑梗塞之间的关系并回归分析动脉瘤夹闭术后脑梗死的相关预后因素以期提前做好术前预警准备,减少并发症的发生。

材料与方法

1. 一般资料

回顾性研究 2015 年 6 月—2020 年 6 月连续在连云港市第一人民医院行显微外科夹闭术的破裂前循环动脉瘤患者。

纳入标准:①颅内囊状动脉瘤破裂后 3d 内接受显微夹闭术的患者;②患者术前均检查过头颅平扫和头颅 CTA 且医学影像学和手术资料齐全;③夹闭术后 3d 内复查头颅 CT 平扫。

排除标准:①多发动脉瘤中其中有一个动脉瘤被夹闭过、治疗过的动脉瘤以及治疗后复发的动脉瘤;②术前 CTA 图像不清晰、无法明确识别动脉瘤形态的患者;③梭形动脉瘤,巨大动脉瘤(≥ 25 mm),霉菌动脉瘤和部分血栓形成的动脉瘤;④术后发生脑血管痉挛的动脉瘤。

每个颅内破裂动脉瘤的以下因素均纳为研究对象:年龄、性别、高血压史、II 型糖尿病史、高血压史、吸烟史、家族史、术前 Hunt-Hess 神经系统分级、动脉瘤部位、动脉瘤高、瘤颈、瘤颈比(aspect ratio, AR)、瘤体是否规则、瘤颈是否规则、术中是否破裂、术中临时阻

断、术后脑内血肿形成、术后梗死形成均纳入研究因素。

本研究为病例-对照研究,经过连云港市第一人民医院伦理委员会的批准(YJ-20180806-01)。由于本研究为回顾性研究且不会泄露患者信息,也不会对患者的权利和福利造成任何影响,因此已申请知情同意书豁免。

2. 影像学检查和相关评价指标

术前所有破裂的颅内动脉瘤患者都接受 CTA 检查,使用的扫描机器为德国 Siemens Somatom Definition Flash 功能 CT 扫描仪,对比剂为非离子型对比剂碘海醇(有机碘 350 g/L,恒瑞医药有限公司,中国,江苏)40 mL。管电压 120 kV,管电流 110 mA,CTA 视野 120 mm,层厚 0.5 mm,层厚 0.3 mm。体素 $0.3 \times 0.3 \times 0.5$ mm。

使用 1 mm 层厚的最大密度投影测量动脉瘤的大小包括瘤颈最大径、瘤高(颈部中点至底部),AR=瘤高/瘤颈。

使用容积再现技术(volume rendering, VR)成像评估动脉瘤的位置和形态。动脉瘤形态和瘤颈部形态由两位主治以上的神经组影像科医师共同阅片决定,意见有分歧时协商解决。

动脉瘤形态以及动脉瘤颈部形态均分为规则和不规则两组,定义如下^[8]:动脉瘤形态规则定义为动脉瘤为单囊、边缘无分叶。动脉瘤形态不规则被定义为动脉瘤呈分叶态,或具有子囊,或多囊;动脉瘤颈部形态规则定义为动脉瘤颈部呈圆柱态,无不规则突起。动脉瘤颈部形态不规则定义为动脉瘤颈部出现不规则性的突起。

3. 外科治疗和相关评价指标

所有颅内动脉瘤破裂患者均采用眶上外侧入路。术前 20 min 给予患者 20% 的甘露醇 250 mL 静脉滴注,将患者血压控制在 120/80 mmHg 左右。为了更好的暴露动脉瘤颈,术中均使用大脑牵引器。发现动脉瘤夹闭困难时则对载瘤动脉实施临时阻断(< 15 min)。未使用术中 DSA。术后,患者进入神经外科重症监护病房。术后每天行颅多普勒超声检查大脑中动脉血管速度,评估有无脑血管痉挛。术后 3 d 内行头颅 CT 平扫,明确是否有术后出血或新发梗死。

脑血管痉挛的诊断标准为^[9]经颅多普勒超声中大脑中动脉平均脑血流速度 ≥ 120 cm/s,或 24 h 内脑血流速度 ≥ 50 cm/s。

夹闭术相关的脑梗死被定义为^[10]术后 3 d 内行头颅 CT 出现的任何新的具有神经功能缺损症状的且位于临时阻断时载瘤动脉供血区的脑梗死。

术中破裂定义为^[10]来自动脉瘤颈部或动脉瘤顶不能独立停止,需要采取手术措施控制的出血。

4. 统计分析

数据分析采用 SPSS 16.0 软件。计量资料年龄、瘤颈、瘤高、瘤颈比以 $\text{mean} \pm s$ 表示,两组间比较采用独立样本 t 检验;计数资料的描述采用例数和构成比如性别、高血压史、吸烟史等两组间比较采用 χ^2 检验进行单因素分析,部分组间差异采用行 $\times$ 列表资料的 χ^2 检验。在单变量分析的基础上筛选出各种统计学指标与术后脑梗死之间的相关性有统计学意义的变量,再采用多变量 Logistic 回归分析,用前进模式,以 $\alpha=0.05$ 为检验水准, $P<0.05$ 作为差异有统计学意义的标准。

结 果

最后经纳入标准及排除标准排除后共 203 例患者的 203 个动脉瘤纳入本研究。203 例患者中男 99 例,女 104 例,年龄在 18~82 岁之间,平均 (57 ± 11) 岁。动脉瘤的瘤高范围 2.9~19.2 mm,平均 (6.3 ± 2.7) mm。术前 Hunt-Hess 神经系统分级 I~III 级的 142 例,IV~V 级的 61 例。203 个动脉瘤中大脑前动脉瘤 39 个,前交通动脉瘤 34 个,大脑中动脉瘤 49 个,颈内动脉瘤 33 个,后交通起始部动脉瘤 48 个。动脉瘤形态不规则的 81 个,规则的 122 个。动脉瘤颈部形态不规则的 65 个,形态规则的 138 个。发生术后相关脑梗死 40 例,未发生术后相关脑梗死 163 例,术后相关脑梗死发生率 19.7%。

据动脉瘤颈部是否规则,将 203 例颅内破裂动脉瘤患者分为两组。动脉瘤体不规则在瘤颈规则组中 39(28.3%)例,瘤颈不规则组中 48(73.8%)例;术中行载瘤动脉临时阻断的瘤颈规则组 30(21.7%)例,瘤颈不规则组 51(78.5%)例;发生术中破裂的瘤颈规则组 17 例,瘤颈不规则组 21(32.3%)例;发生术后相关

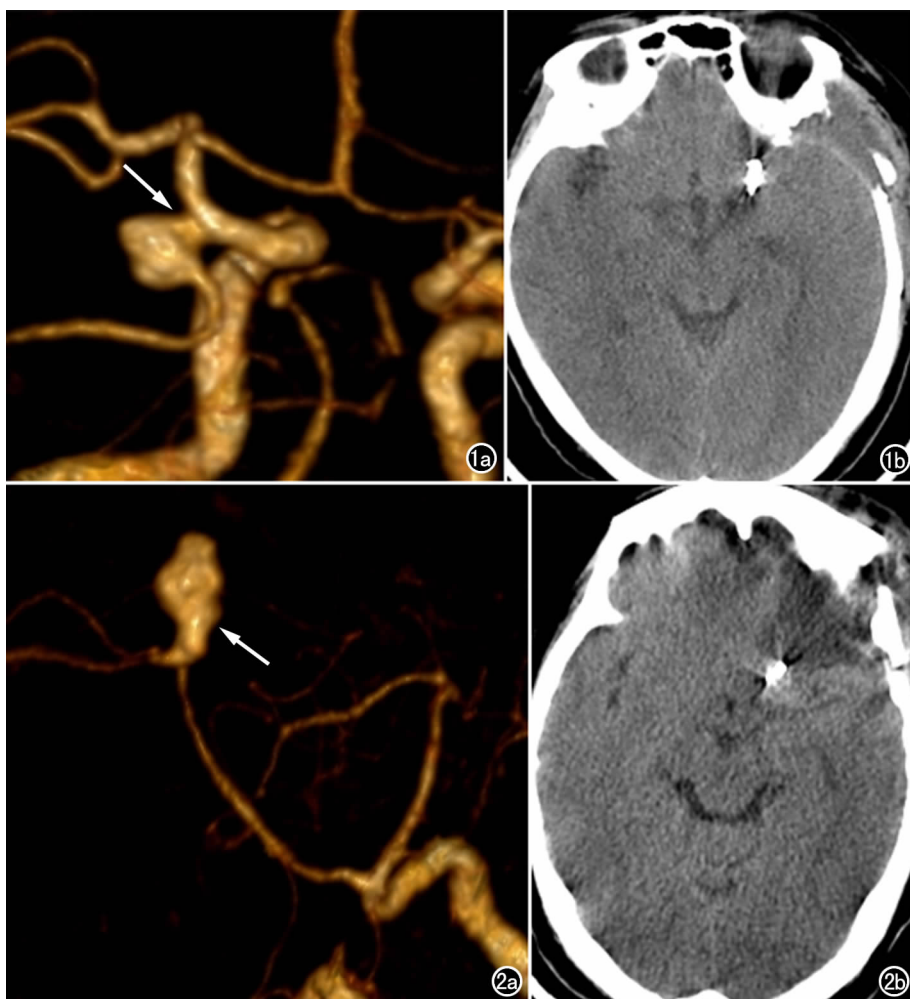


图 1 右侧后交通起始部动脉瘤患者,女,63 岁。a) CTA 的 VR 成像示动脉瘤颈部形态规则,呈圆柱状,未见异常突起(箭); b) 显微夹闭术后 3d 内 CT 平扫图示夹闭术后颅内未见梗死形成。

图 2 左侧大脑前动脉瘤患者,男,57 岁。a) CTA 的 VR 图示动脉瘤颈部形态不规则,小泡状突起(箭); b) 显微夹闭术后 3d 内 CT 平扫图示夹闭术后左侧额叶脑梗死形成。

脑梗死的瘤颈规则组 15(10.9%)例(图 1),不规则组 25(38.5%)例(图 2)。动脉瘤颈部不规则组的动脉瘤体部不规则出现率、术中破裂、术中载瘤动脉临时阻断以及患者术后相关脑梗死的发生率均大于瘤颈部规则组且差异有统计学意义($P<0.05$),而年龄、性别、高血压史、II 型糖尿病史、高血压史、吸烟史、家族史、术前 Hunt-Hess 神经系统分级、动脉瘤部位、动脉瘤高、瘤颈、AR、术后脑内血肿形成、术后相关梗死均无统计学意义($P>0.05$)。

将颅内破裂动脉瘤夹闭术后相关脑梗死可能的预后因素进行单因素分析(表 1)。在有无术后相关脑梗死的两组动脉瘤患者中 AR、动脉瘤颈部不规则、载瘤动脉临时阻断、术中破裂均有统计学意义($P<0.05$),而年龄、性别、高血压史、II 型糖尿病史、高血压史、吸

烟史、家族史、术前 Hunt-Hess 神经系统分级、动脉瘤部位、动脉瘤高、瘤颈、瘤体是否规则在两组中均无统计学意义($P>0.05$)。

表 1 术后有无梗死两组动脉瘤单变量分析 例(%)

组别	术后梗塞 (n=40)	术后无梗塞 (n=163)	统计值	P
性别			1.520 ^b	0.218
女性	23	76		
男性	17	87		
年龄	55±13	57±11	-0.759 ^a	0.449
直径	7.0±4.2	6.2±2.2	1.155 ^a	0.254
瘤颈	3.1±0.9	3.2±0.7	-0.507 ^a	0.614
AR	2.2±1.0	1.9±0.5	2.164 ^a	0.032 [*]
部位			1.542 ^b	0.819
大脑前	9	30		
前交通	5	29		
大脑中	10	39		
颈内动脉	8	25		
后交通起始	8	40		
瘤颈不规则	25	40	21.262 ^b	<0.001 [*]
瘤体不规则	21	66	1.891 ^b	0.169
2 型糖尿病	23	93	0.003 ^b	0.959
吸烟史 [#]	17	96	3.499 ^b	0.061
高血压	20	67	1.038 ^b	0.308
家族史	7	38	0.629 ^b	0.428
神经分级			0.581 ^b	0.446
I—Ⅲ级	26	116		
Ⅳ—Ⅴ级	14	47		
脑内血肿	8	31	0.020 ^b	0.888
临时阻断	28	53	12.205 ^b	<0.001 [*]
术中破裂	14	23	9.404 ^b	0.002 [*]

注：[#]吸烟史是指每天吸烟≥1 支且连续吸烟≥半年；^a为 *t* 值；^b为 χ^2 值；^{*} $P<0.05$ 为差异有统计学意义。

进一步将有意义的变量行回归分析,得出动脉瘤颈部形态不规则(OR = 3.023, 95% CI = 1.291 ~ 7.075, $P=0.011$)和术中载瘤动脉瘤临时阻断(OR = 2.762, 95% CI = 1.152 ~ 6.622, $P=0.023$)是颅内破裂动脉瘤患者夹闭术后脑梗死的相关预后因素(表 2)。

表 2 术后脑梗死相关预后因素的回归分析

组别	B	S. E.	P	OR
瘤颈部不规则	1.106	0.434	0.011	3.023
临时阻断	1.016	0.446	0.023	2.762

讨 论

夹闭术后相关脑梗死是影响颅内动脉瘤患者术后神经功能恢复和患者生活质量的重要因素。ISUIAD^[11]的一项针对 1917 个颅内动脉瘤大型回顾性研究中发现动脉瘤夹闭术后出现脑梗死的人数为 208 人,术后相关脑梗死发生率为 10.9%(208/1917)。Kunz 等^[5]对 363 例未破裂患者研究中发现发生夹闭术后相关脑梗死的 44 例,术后相关脑梗死率为 12.1%。Yao 等^[6]分析 360 例位于前交通动脉的破裂动脉瘤,最后发现夹闭术后 163 例患者出现了术后相关脑梗死,夹闭术后相关脑梗死率 45.3%(163/360)。

这些数据间接的说明了破裂动脉瘤发生夹闭术后脑梗死率明显高于未破裂动脉瘤术后脑梗塞死率。

关于夹闭术后脑梗死相关预后因素,有学者^[6,12-16]认为男性,吸烟史,动脉瘤大小,内部存在血栓,术中破裂,载瘤动脉临时阻断和动脉瘤夹的使用数量等都是相关预后因素。还有研究者^[17,18]发现形态不规则的动脉瘤更容易发生术中破裂,他们认为形态复杂的动脉瘤壁会暴露在更高的壁面剪切力下,瘤壁可能更脆弱,这些改变将导致瘤夹放置更复杂,术中操作时间更长,更容易使动脉瘤发生术中破裂,但是未发现对术后脑梗死有影响。动脉瘤夹的直接作用位置是动脉瘤颈部,但是关于动脉瘤颈部形态是否会影响术中破裂以及夹闭术后相关脑梗死发生,这方面却鲜有报道。

本研究将动脉瘤体的形态和瘤颈部的形态是否规则均纳入了术后相关脑梗死发生的预后因素中研究。经回归分析后发现瘤颈部形态不规则和载瘤动脉的临时阻断是脑梗死的相关预后因素。而动脉瘤体形态不规则不是夹闭术后脑梗死的相关预后因素。既然动脉瘤夹最主要的作用部位是动脉瘤颈部,本研究也发现动脉瘤颈部的形态是否规则是夹闭术后脑梗死的相关预后因素,而不是动脉瘤体本身形态。因此,我们对动脉瘤颈部形态进行了相关研究。发现动脉瘤颈部形态不规则与颈部形态规则组相比更容易合并动脉瘤体部不规则,并且具有更高的术中破裂率、术中载瘤动脉临时阻断和术后相关脑梗死的发生率。动脉瘤颈部不规则组,夹闭术中破裂率增加,这可能是由于颈部不规则的突起处通常是由于血流对动脉瘤壁的不均衡冲击导致的,瘤壁长期在这种不均匀的冲击力作用下发生退变和重塑,相对薄弱处则会在压力冲击作用下形成突起,反过来说就是颈部瘤壁的不规则突起处即为瘤壁相对薄弱之处。我们进行动脉瘤夹闭的过程中颈部不规则的动脉瘤往往会增加手术的复杂性,特别是当动脉瘤夹触碰到动脉瘤颈部不规则突起处时可能会引起该薄弱处瘤壁的破裂即术中破裂。这种情况下破裂出血将迅速造成术中视野模糊,手术难度增大,需要临时阻断载瘤动脉时间延长,术后往往会引起术区周围的血肿以及脑梗死的形成。同样,临时阻断载瘤动脉夹的使用,特别是使用时间的延长,则更进一步加剧了脑组织的缺血,这也是导致术后相关脑梗死形成的非常重要的预后因素。

本研究在单因素分析中还发现 AR 值在有无术后相关脑梗死两组患者中有统计学意义,但是进行多因素回归后 AR 值并不是颅内动脉瘤夹闭术后脑梗死的相关预后因素。我们认为 AR 值是瘤体高度与瘤颈的比值,它不仅与瘤颈有关系,还受到瘤高的影响,如果

瘤高足够高,则 AR 值就会足够大。由于夹闭术主要的作用部位是瘤颈,并不直接作用于瘤体,而瘤高是反应瘤体指标的一部分,因此,AR 值不是颅内动脉瘤夹闭术后梗死的相关预后因素。

如何减少夹闭术后脑梗死的发生风险呢?有学者提出了一些术中预防的策略如术中多普勒超声和神经监测。多普勒超声检查是用于监测脑血流量的经济有效的工具。Pereira 等^[7]报道应用这种技术术后缺血性梗死率从 18%降低到 4%。术中神经生理监测是一种手术过程中对神经系统更精细的识别损伤的方法。Byoun 等^[4]通过体感诱发电位监测能将缺血性并发症的发生率从 5.6%降低到 0.9%。

本研究尚具有一定的局限性。首先,本研究为单中心研究,数量仅为中等,结果可能会有一定的偏倚,仍需要多中心、大样本的研究。其次,目前对于动脉瘤颈部不规则尚无统一的标准定义,本研究主要由两位放射神经组的医师进行判定,有一定的主观性,但是当两者有分歧时通过协商解决,也在一定程度上减少了主观因素所导致的负面作用。最后,本研究患者术后复查采用的是 CT 扫描,没有行磁共振检查,对脑梗死诊断上可能有一定的过度诊断。

虽然我们的研究有一定的局限性,但通过本研究笔者认为在今后的动脉瘤夹闭手术中应在术前评估动脉瘤体的形态,特别是动脉瘤颈部的形态,对于那些复杂形态的动脉瘤或不规则颈部的动脉瘤,加强术中对脑的血流量监测和神经功能的监测,将有利于降低术后相关脑梗死的发生率。

参考文献:

- [1] 程晓青,陈谦,周长圣,等.全脑 CT 灌注成像联合 CT 血管成像评估动脉瘤夹闭和血管内介入术后缺血并发症[J].放射学实践,2015,30(7):710-715.
- [2] He W, Gandhi CD, Quinn J, et al. True aneurysms of the posterior communicating artery: a systematic review and meta-analysis of individual patient data[J]. World Neurosurg, 2011, 75(1): 64-72.
- [3] 徐伦,顾艳,骆孟,等.后交通动脉瘤瘤体指向对夹闭术中或术后并发症的影响[J].实用医学杂志,2019,35(17):2726-2730.
- [4] Byoun HS, Bang JS, Oh CW, et al. The incidence of and risk factors for ischemic complications after microsurgical clipping of unruptured middlecerebral artery aneurysms and the efficacy of intraoperative monitoring of somatosensory evoked potentials: a retrospective study[J]. Clin Neurol Neurosurg, 2016, 151: 128-135.
- [5] Kunz M, Bakhshai Y, Zausinger S, et al. Interdisciplinary treatment of unruptured intracranial aneurysms: impact of intraprocedural rupture and ischemia in 563 aneurysms[J]. J Neurol, 2013,

260(5):1304-1313.

- [6] Yao PS, Chen GR, Zheng SF, et al. Predictors of postoperative cerebral ischemia in patients with ruptured anterior communicating artery aneurysms[J]. World Neurosurg, 2017, 103: 241-247.
- [7] Pereira BJ, Holanda VM, Giudicissi-filho M, et al. Assessment of cerebral blood flow with micro-Doppler vascular reduces the risk of ischemic stroke during the clipping of intracranial aneurysms[J]. World Neurosurg, 2015, 84(6): 1747-1751.
- [8] Zanaty M, Chalouhi N, Tjoumakaris SI, et al. Aneurysm geometry in predicting the risk of rupture. A review of the literature[J]. Neurol Res, 2014, 36(4): 308-313.
- [9] 孙悦华,韩金涛.动脉瘤性蛛网膜下腔出血脑血管痉挛的研究进展[J].中国微創外科杂志,2018,18(6):545-547.
- [10] Fukuda H, Hayashi K, Yoshino K, et al. Impact of aneurysm projection on intraoperative complications during surgical clipping of ruptured posterior communicating artery aneurysms[J]. Neurosurgery, 2016, 78(3): 381-390.
- [11] Wiebers DO, Whisnant JP, Huston J 3rd, et al. Unruptured intracranial aneurysms: natural history, clinical outcome, and risks of surgical and endovascular treatment[J]. Lancet, 2003, 362(9378): 103-110.
- [12] Goertz L, Kabbasch C, Borggreffe J, et al. Preoperative three-dimensional angiography may reduce ischemic complications during clipping of ruptured intracranial aneurysms[J]. World Neurosurg, 2018, 120: e1163-e1170.
- [13] Krakenbuhl N, Erden E, Oinas M, et al. Symptomatic and silent ischemia associated with microsurgical clipping of intracranial aneurysms: evaluation with diffusion-weighted MRI[J]. Stroke, 2009, 40(1): 129-133.
- [14] Li M, Wu J, Chen X, et al. Symptomatic and silent cerebral infarction following surgical clipping of unruptured intracranial aneurysms: incidence, risk factors, and clinical outcome[J]. Neurosurg Rev, 2018, 41(2): 675-682.
- [15] Yamamoto Y, Fukuda H, Yamada D, et al. Association of perforator infarction with clinical courses and outcomes following surgical clipping of ruptured anterior communicating artery aneurysms[J]. World Neurosurg, 2017, 107: 724-731.
- [16] Odilvy CS, Jordan NJ, Ascanio LC, et al. Surgical and endovascular comprehensive treatment outcomes of unruptured intracranial aneurysms: reduction of treatment bias[J]. World Neurosurg, 2019, 126: e878-e887.
- [17] 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.
- [18] Goertz L, Kasuya H, Hamisch C, et al. Impact of aneurysm shape on morbidity after clipping of unruptured intracranial aneurysms[J]. Acta Neurochir (Wien), 2018, 160(11): 2169-2176.

(收稿日期:2020-11-01 修回日期:2020-12-08)