

# 影像融合技术在颅内多发动脉瘤破裂出血后责任动脉瘤判断中的应用

姚安会 任 豪 扶 宇 许百男 王本瀚

**【摘要】目的** 探讨影像融合技术在颅内多发动脉瘤破裂出血后责任动脉瘤判断中应用效果。**方法** 2016 年 1 月至 2020 年 8 月前瞻性收治颅内多发动脉瘤破裂出血 57 例,术前将 CT 及 CTA 扫描 DICOM 格式原始数据导入 3D Slicer 软件进行影像融合,判断出血责任动脉瘤,并与开颅手术记录进行对比。**结果** 融合影像可以精确地显示蛛网膜下腔血肿与动脉瘤的关系。57 例中,54 例(94.7%)融合影像判断责任动脉瘤与手术记录一致,3 例不一致(1 例出血量小、2 例出血量过多,无法根据血肿与动脉瘤的空间关系判定责任动脉瘤)。**结论** 颅内多发动脉瘤破裂出血病人,应用 3D Slicer 软件将 CT 与 CTA 数据进行影像融合,可以精确显示血肿与动脉瘤的空间关系,有助于判断破裂出血的责任动脉瘤。

**【关键词】** 颅内多发动脉瘤;蛛网膜下腔出血;责任动脉瘤;影像融合技术;3D Slicer 软件

**【文章编号】** 1009-153X(2023)02-0073-04 **【文献标志码】** A **【中国图书资料分类号】** R 743.9; R 651.1<sup>2</sup>

**Application of fusion imaging of CT and CTA using 3D Slicer software to determine the ruptured aneurysm in patients with multiple intracranial aneurysms after acute aneurysmal subarachnoid hemorrhage**

YAO An-hui<sup>1</sup>, REN Hao<sup>2</sup>, FU Yu<sup>1</sup>, XU Bai-nan<sup>3</sup>, WANG Ben-han<sup>1</sup>. 1. Department of Neurosurgery, The 988th Hospital of Joint Logistic Support Force, PLA, Zhengzhou 450042, China; 2. Graduate School of Xinxiang Medical College, Xinxiang 45300, China; 3. Department of Neurosurgery, Chinese PLA General Hospital, Beijing 100853, China

**【Abstract】 Objective** To investigate the application value of image fusion techniques in the diagnosis of responsible aneurysms for subarachnoid hemorrhage (SAH) in patients with multiple intracranial aneurysms (MIA). **Methods** Fifty-seven patients with MIA who suffered from SAH were prospectively recruited from January 2016 to August 2020. The original data of CT and CTA scanning in DICOM format were imputted into a 3D Slicer software for image fusion before surgery to determine the responsible aneurysms for SAH, and the clipping records were used as the diagnostic gold standard of the responsible aneurysms for SAH. **Results** Fusion images could accurately show the relationship between subarachnoid hematoma and aneurysms. The responsible aneurysms for SAH were found to be consistent with the surgical records by fusion imaging in 54 patients (94.7%), and inconsistent in 3 patients (light SAH in 1 patient and heavy SAH in 2 patients, making it impossible to determine the responsible aneurysm according to the spatial relationship between hematoma and aneurysm). **Conclusions** For patients with MIA after SAH, fusion images of CT and CTA using a 3D Slicer software can accurately show the spatial relationship between hematoma and aneurysm, and help determine the responsible aneurysm for SAH.

**【Key words】** Multiple intracranial aneurysms; Subarachnoid hemorrhage; Responsible aneurysm; Fusion images; 3D Slicer

颅内动脉瘤在人群中的发病率为 2%~3%<sup>[1,2]</sup>。颅内动脉瘤破裂后可导致蛛网膜下腔出血(subarachnoid hemorrhage, SAH),病死率、致残率较高。颅内多发动脉瘤破裂时,需优先处理破裂的责任动脉瘤,但是确定责任动脉瘤具有一定的挑战性

<sup>[1,3]</sup>。根据头颅 CT 显示的出血模式以及 DSA 显示动脉瘤特征(大小、形态、位置)有助于判断责任动脉瘤<sup>[4]</sup>。本文探讨 CT 和 CTA 融合影像在颅内多发动脉瘤破裂出血后责任动脉瘤判断中的价值。

## 1 资料与方法

**1.1 病例选择标准** 纳入标准:颅内多发动脉瘤,CT 发现 SAH;CT 及 CTA 原始 DICOM 格式数据资料齐全;开颅手术详细记录责任动脉瘤。排除标准:CT 及 CTA 原始 DICOM 格式数据资料不全或手术记录中无法确认责任动脉瘤。

**1.2 研究对象** 2016 年 1 月至 2020 年 8 月前瞻性收治颅内多发动脉瘤破裂出血 57 例,其中男 21 例,女 36

doi:10.13798/j.issn.1009-153X.2023.02.003  
作者单位:450042 郑州,中国人民解放军联勤保障部队第九八八医院神经外科(姚安会、扶宇、王本瀚);453000 河南新乡,新乡医学院研究生院(任豪);100853 北京,中国人民解放军总医院神经外科医学部(许百男)  
通讯作者:王本瀚,E-mail:wangbenhan@sina.com  
许百男,E-mail:xbn\_301@126.com

例;平均年龄(60.2±9.2)岁。动脉瘤部位:颈内动脉后交通动脉 33 个,大脑中动脉分叉部 30 个,前交通动脉 23 个,颈内动脉末端分叉部 7 个,大脑中动脉 M1 段 5 个,大脑前动脉 A2/A3 段 5 个,颈内动脉眼动脉段 4 个,基底动脉 4 个,大脑后动脉 P2 段 4 个,大脑前动脉 A1 段 3 个,大脑后动脉 P1 段 2 个,小脑前下动脉 2 个。

1.3 影像融合 第一步,将 CT 数据导入 3D Slicer 软件(<http://www.slicer.org>)。蛛网膜下腔的血通过 Editor Module 进行重建,首先通过 paint effect、draw effect、wand effect、land tracing effect、threshold effect 等工具反复切换使用,对血肿进行精确选择,尤其是 Willis 环附近的血肿,然后使用 make model effect 将选择的血肿重建为三维模式,保存备用。

第二步,将 CTA 原始 DICOM 数据导入 3D Slicer 软件,使用 Volume rendering 模块进行血管的重建。首先选择 Display 下方的 Preset 选项中合适的方法,可以很好的将颅内血管自动重建出来。

第三步,将保存的血肿三维图像再次调入,与血管的 CTA 图像进行融合。通过 Crop 工具裁剪多余的骨质,充分暴露血肿与动脉瘤。调整角度,充分显

示蛛网膜下腔血肿与动脉瘤的空间关系。

1.4 结果判读 首先,组内多个成员根据融合影像判读、确定出血的责任动脉瘤;然后,与手术记录进行比对。

2 结果

2.1 融合影像判断结果 57 例中,39 例根据 CT 可直观判断责任动脉瘤,并经融合影像确认,与手术记录一致;其余 18 例单纯 CT 或 CTA 判定责任动脉瘤比较困难,融合影像判断结果与与手术记录一致 15 例,不一致 3 例(2 例出血过多、1 例出血过少,无法根据血肿与动脉瘤的空间关系判定责任动脉瘤)。57 例颅内多发破裂动脉瘤中,54 例(94.7%)融合影像明确责任动脉瘤。

2.2 典型病例

病例 1:48 岁女性,因突发头痛伴恶心、呕吐 5 h 入院。入院体格检查:神志嗜睡,颈部抵抗;GCS 评分 14 分;Hunt-Hess 分级 II 级。头颅 CT 示 SAH(图 1A)。头颅 CTA 示右侧大脑中分叉部动脉瘤,右侧颈内动脉末端 A1 起始部动脉瘤,左侧颈内动脉末端动脉瘤(图 1B)。根据术前 CT 及 CTA 检查,判断责

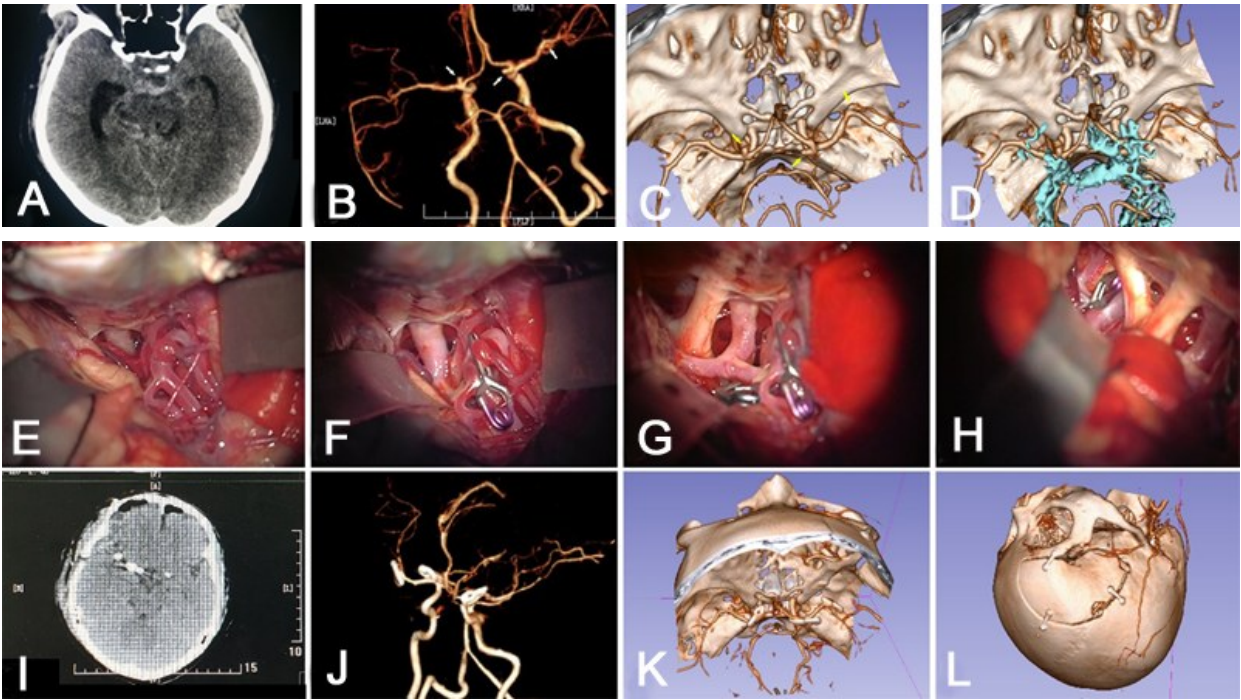


图 1 颅内多发动脉瘤破裂出血开颅夹闭术治疗前后影像

A. 术前 CT 平扫显示蛛网膜下腔出血;B. 术前 CTA 显示右侧大脑中分叉部动脉瘤,右侧颈内动脉末端 A1 起始部动脉瘤,左侧颈内动脉末端动脉瘤(白色↑示);C. 3D Slicer 软件重建后 CTA(黄色↑示动脉瘤);D. 将蛛网膜下腔出血重建(绿色部分)并与 CTA 融合,显示每个动脉瘤与血肿的空间位置关系,推测右侧颈内动脉末端 A1 起始部动脉瘤为责任动脉瘤;E. 术中分离右侧侧裂显示大脑中动脉分叉部动脉瘤;F. 右侧大脑中分叉部动脉瘤夹闭后;G. 右侧颈内动脉末端 A1 起始部动脉瘤夹闭后,周围可见明显血肿;H. 左侧颈内动脉末端动脉瘤夹闭后;I. 夹闭术后复查头颅 CT;J. 术后 CTA 重建,显示动脉瘤夹闭完全;K. 术后三维重建;L. 术后重建显示骨窗的大小、范围



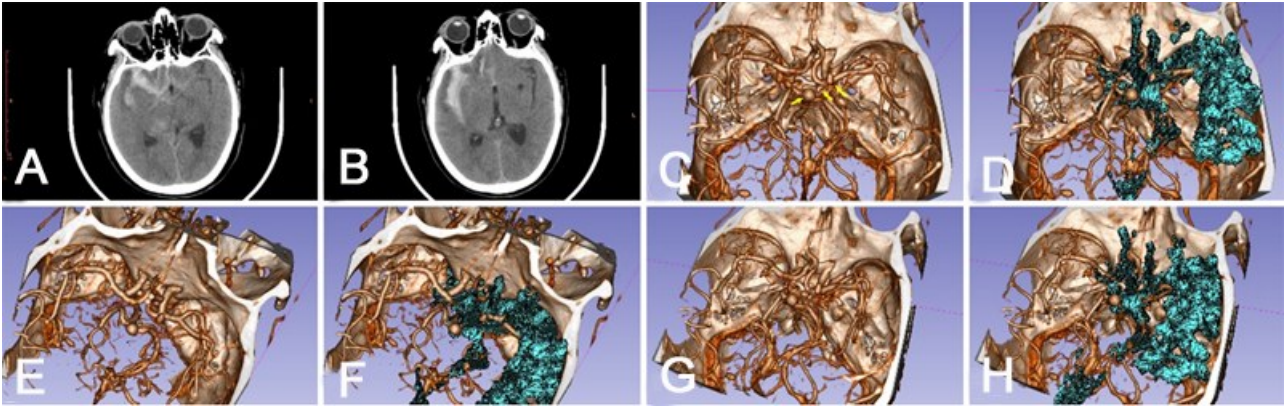


图2 颅内多发动脉瘤破裂出血开颅夹闭术治疗前影像

A、B. 术前CT平扫明确右侧侧裂为主的蛛网膜下腔出血；C、E、G. 术前CTA显示右侧颈内动脉后交通段动脉瘤，颈内动脉分叉部动脉瘤，基底动脉尖动脉瘤(黄色↑示)；D、F、H. 将蛛网膜下腔出血的血肿进行重建(绿色部分)并与CTA融合，显示每个动脉瘤与血肿的空间位置关系

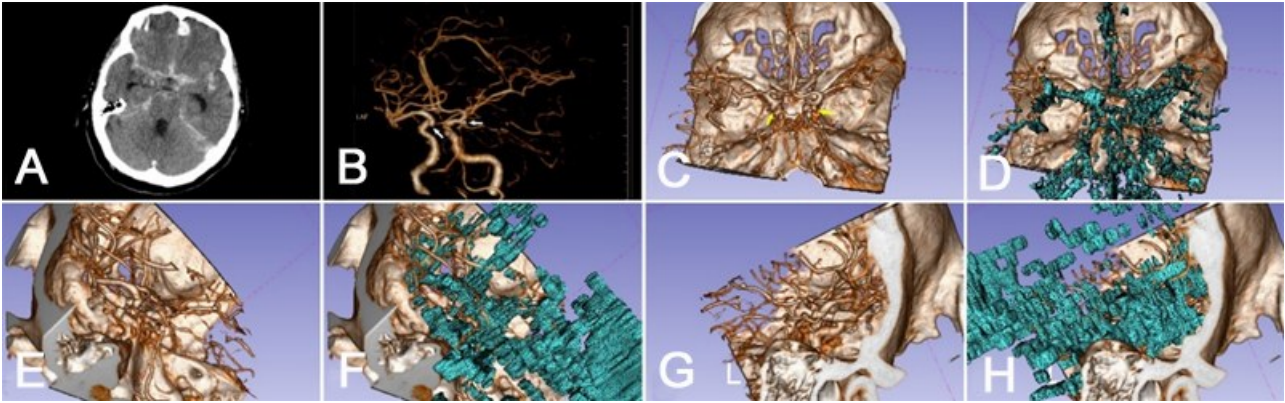


图3 颅内多发动脉瘤破裂出血开颅夹闭术治疗前影像

A. CT显示以双侧外侧裂、鞍上池、前纵裂池、环池广泛的线样高密度影；B. CTA显示双侧颈内后交通动脉瘤(白色↑示)；C、E、G. 3D Slicer软件重建的CTA，不同角度显示双侧后交通动脉瘤(黄色↑示)；d、f、h. 使用3D Slicer软件将蛛网膜下腔出血的血肿进行重建(绿色部分)并与CTA融合，显示每个动脉瘤与血肿的空间位置关系

任动脉瘤比较困难。使用3D slicer软件将CT数据与CTA数据进行融合(图1C、1D)。融合影像可以显示动脉瘤与蛛网膜下腔血肿的位置关系,发现右侧颈内动脉末端A1起始部动脉瘤瘤顶被血肿包裹,而另两个动脉瘤瘤顶未被血肿包裹(图1D),推测责任动脉瘤为右侧颈内动脉末端A1起始部动脉瘤。完善术前准备,进行右侧翼点入路颅内多发动脉瘤夹闭术。术中证实责任动脉瘤为右侧颈内动脉末端A1起始部动脉瘤(图1E),动脉瘤周围可见明显的血凝块。处理右侧2枚动脉瘤后(图1F、1G),向对侧调整显微镜角度(图1H),分离视交叉池、对侧颈动脉池,充分显露左侧颈内动脉末端动脉瘤并夹闭。术后CT、CTA显示动脉瘤夹闭完全(图1I~L)。

病例2:63岁女性,因突发头痛伴恶心、呕吐1 h入院。入院体格检查:神志浅昏迷,颈部抵抗;GCS评分8分;Hunt-Hess分级Ⅲ级。头颅CT示以右侧

侧裂为主的SAH(图2A、2B)。头颅CTA示右侧颈内动脉后交通段动脉瘤,颈内动脉分叉部动脉瘤,基底动脉尖动脉瘤(图2C、2E、2G)。根据术前CT及CTA检查判断责任动脉瘤比较困难。使用3D Slicer软件将CT数据与CTA数据进行融合(图2D、2F、2H)。融合影像显示动脉瘤与蛛网膜下腔血肿的位置关系,发现右侧颈内动脉分叉部动脉瘤瘤顶及基底动脉尖动脉瘤未被血肿包裹,而后交通动脉瘤瘤体及瘤顶被血肿包裹(图2D、2F、2H),推测责任动脉瘤为右侧颈内动脉后交通段动脉瘤。

病例3:71岁女性,因突发意识障碍2 h入院。入院体格检查:神志浅昏迷,颈部抵抗;GCS评分7分;Hunt-Hess分级Ⅲ级。头颅CT示以双侧外侧裂、鞍上池、前纵裂池、环池广泛的线样高密度影(图3A)。头颅CTA示双侧颈内动脉后交通动脉瘤(图3B)。根据术前CT及CTA检查判断责任动脉瘤比较

困难。使用 3D Slicer 软件将 CT 数据与 CTA 数据与 CTA 数据进行融合。融合影像显示动脉瘤与蛛网膜下腔血肿的位置关系,发现左侧颈内动脉后交通动脉瘤瘤顶未被血肿包裹,而右侧后交通动脉瘤瘤体及瘤顶被血肿包裹(图 3G~H),推测右侧颈内动脉后交通动脉瘤为责任动脉瘤。

3 讨论

颅内多发动脉瘤并不少见,占颅内动脉瘤的 10%~30%<sup>[2,5]</sup>;当发生 SAH 时,需要优先处理破裂的动脉瘤,尤其是无法一次手术处理所有动脉瘤时<sup>[6]</sup>。约 1/3 的颅内多发动脉瘤发生 SAH,常规影像无法确定责任动脉瘤,一旦错误定位责任动脉瘤,可能导致灾难性后果<sup>[7,8]</sup>。研究发现与动脉瘤破裂相关的危险因素有动脉瘤形状<sup>[5,9,10]</sup>、大小和形态比例<sup>[5,11,12]</sup>、血流冲击角度<sup>[10,13]</sup>以及动脉瘤壁及周围的解剖结构<sup>[14,15]</sup>。也有研究报道动脉瘤瘤颈/瘤体比例<sup>[16]</sup>及不规则形态<sup>[2,17,18]</sup>与动脉瘤破裂相关。Steven 等<sup>[19]</sup>一项多中心回顾性研究发现 SAH 病史、饮酒史、性别、纵横比>1.5、后循环动脉瘤、不规则形态、分叉部位与多发动脉瘤破裂相关。研究发现特殊的 MRI 序列(如对比增强、磁敏感、黑血序列)可以区分动脉瘤破裂点<sup>[2,17,18]</sup>。然而,MRI 血管壁成像有明显的局限性<sup>[19,20]</sup>:几乎所有 MRI 序列轻度移动可引起严重的图像质量下降、出现伪影;对于重症病人,获得高质量的图像具有挑战性,可能需要在麻醉下进行。赵曰圆等<sup>[21]</sup>发现颅内多发动脉瘤出血后,采用 CT 与 3D-DSA 融合技术有助于准确判断责任动脉瘤。我们将颅内多发动脉瘤病人 CT 与 CTA 进行融合,达到同样的效果,即充分显示血肿与动脉瘤之间的空间关系,尤其是 SAH 为“非确定性出血模式”的情况。但是,鉴于 CT 扫描层厚的影响,在少数情况下,可能会影响三维血肿重建的精准性;另外,如果蛛网膜下腔血肿过多或过少,如果重建后无法明确血肿与动脉瘤之间的空间位置关系,将无法使用该方法判断责任动脉瘤。

总之,颅内多发动脉瘤破裂后出现 SAH 时,CT 与 CTA 融合影像可以精确显示血肿与动脉瘤之间的空间关系,有助于判断破裂出血的责任动脉瘤。

【参考文献】

[1] Ahmed O, Kalakoti P, Hefner M, *et al.* Seven intracranial aneurysms in one patient: treatment and review of literature [J]. J Cerebrovasc Endovasc Neurosurg, 2015, 17: 113-119.

[2] Backes D, Vergouwen MD, Velthuis BK, *et al.* Difference in aneurysm characteristics between ruptured and unruptured aneurysms in patients with multiple intracranial aneurysms [J]. Stroke, 2014, 45(5): 1299-1303.

[3] Xu Y, Chen SD, Lei B, *et al.* One-stage operation for rare multiple mirror intracranial aneurysms: a case report and literature review [J]. Turk Neurosurg, 2014, 24(4): 598-601.

[4] Orning JL, Shakur SF, Alaraj A, *et al.* Accuracy in identifying the source of subarachnoid hemorrhage in the setting of multiple intracranial aneurysms [J]. Neurosurgery, 2018, 83(1): 62-68.

[5] Morita A, Kirino T, Hashi K, *et al.* The natural course of unruptured cerebral aneurysms in a Japanese cohort [J]. N Engl J Med, 2012, 366(26): 2474-2482.

[6] Greving JP, Rinkel GJ, Buskens E, *et al.* Cost-effectiveness of preventive treatment of intracranial aneurysms: new data and uncertainties [J]. Neurology, 2009, 73(4): 258-265.

[7] Lee KC, Joo JY, Lee KS. False localization of rupture by computed tomography in bilateral internal carotid artery aneurysms [J]. Surg Neurol, 1996, 45(5): 435-441.

[8] Hino A, Fujimoto M, Iwamoto Y, *et al.* False localization of rupture site in patients with multiple cerebral aneurysms and subarachnoid hemorrhage [J]. Neurosurgery, 2000, 46(4): 825-830.

[9] Raghavan ML, Ma B, Harbaugh RE. Quantified aneurysm shape and rupture risk [J]. J Neurosurg, 2005, 102(2): 355-362.

[10] de Rooij NK, Velthuis BK, Algra A, *et al.* Configuration of the circle of Willis, direction of flow, and shape of the aneurysm as risk factors for rupture of intracranial aneurysms [J]. J Neurol, 2009, 256(1): 45-50.

[11] Lauric A, Baharoglu MI, Malek AM. Ruptured status discrimination performance of aspect ratio, height/width, and bottleneck factor is highly dependent on aneurysm sizing methodology [J]. Neurosurgery, 2012, 71(1): 38-45.

[12] Hoh BL, Siström CL, Firment CS, *et al.* Bottleneck factor and height-width ratio: association with ruptured aneurysms in patients with multiple cerebral aneurysms [J]. Neurosurgery, 2007, 61(4): 716-723.

[13] Matsukawa H, Uemura A, Fujii M, *et al.* Morphological and clinical risk factors for the rupture of anterior communicating artery aneurysms [J]. J Neurosurg, 2013, 118(5): 978-983.



分离,按照优先游离载瘤动脉近端和远端,再游离动脉瘤的原则,常规阻断载瘤动脉近端,尽量将瘤颈周围软组织剥离完全,便于动脉瘤夹的释放,并确认后方是否有分支血管,避免误夹;④对于容易破裂及夹闭困难的动脉瘤,在瘤颈分离前应提前阻断颈内动脉,防止出血影响手术操作;⑤术中动脉瘤瘤颈暴露及夹闭困难,可使用内镜辅助了解深部情况,避免因操作不当引起动脉瘤破裂出血。

综上所述,颅内前循环破裂动脉瘤急性期经额外侧入路锁孔手术治疗是一种安全、快捷、微创的手段,但需要充分的术前准备、评估以及术中的精细操作。该入路的优势主要体现在出血量少、创伤小、手术时间短、术后并发症少、恢复快等。随着术中显微器械及辅助技术的发展,如内镜辅助、电生理监测等,手术治疗效果可进一步提高<sup>[10]</sup>。

【参考文献】

[1] 宋朝理,郑小强,庄进学,等. 一期治疗颅内多发动脉瘤的临床分析[J]. 中国临床神经外科杂志,2014,19(3):148-149.

[2] 薛洪利,孙荣君,闻 华,等. 一期锁孔手术治疗大脑前循环多发动脉瘤[J]. 中国临床神经外科杂志,2018,23(9):598-599.

[3] 许志剑,陈云祥,陈俊良,等. 改良眶上入路结合脑室外引

流术治疗前循环动脉瘤[J]. 中国微侵袭神经外科杂志,2018,23(4):172-174.

[4] Kin S, Kang M, Choi JH, *et al.* Safety of coil occlusion of the parent artery for endovascular treatment of anterior communicating artery aneurysm [J]. *Neuroradiol J*, 2016, 29(3): 201-207.

[5] Steiger HJ, Etminan N, Hnggi D. Aneurysms of the Anterior Cerebral Artery [M]. *Microsurgical Brain Aneurysms*. Berlin Heidelberg: Springer, 2015. 67-79.

[6] Yasargil MG, Antic J, Laciga R, *et al.* Microsurgical pterional approach to aneurysms of the basilar bifurcation [J]. *Surg Neurol*, 1976, 6(2): 83-91.

[7] 杨亦春,倪世慧,杨秀环,等. 多锁孔入路下前交通动脉复合体的解剖学研究[J]. 中国医师进修杂志,2013,(29):62-64.

[8] 赵庚水,黄 楹. 经缩小额外侧入路治疗前循环动脉瘤的临床分析[J]. 天津医科大学学报,2015,21(1):65-67.

[9] Salma A, Alkandari A, Sammet S, *et al.* Lateral supraorbital approach vs pterional approach:an anatomic qualitative and quantitative evaluation [J]. *Neurosurgery*, 2011, 68(3-4): 364.

[10] 王红光,王世波,方占海,等. 单侧额外侧锁孔入路显微手术治疗双侧前循环动脉瘤的临床疗效观察[J]. 中国神经外科杂志,2021,37(1):64-67.

(2022-11-27 收稿,2022-01-27 修回)

(上接第 76 页)

[14] San MRD, Yilmaz H, Dehdashti AR, *et al.* The perianeurysmal environment: influence on saccular aneurysm shape and rupture [J]. *AJNR Am J Neuroradiol*, 2006, 27(3): 504-512.

[15] Satoh T, Omi M, Ohsako C, *et al.* Influence of perianeurysmal environment on the deformation and bleb formation of the unruptured cerebral aneurysm: assessment with fusion imaging of 3D MR cisternography and 3D MR angiography [J]. *AJNR Am J Neuroradiol*, 2005, 26(8): 2010-2018.

[16] Ryu CW, Kwon OK, Koh JS, *et al.* Analysis of aneurysm rupture in relation to the geometric indices: aspect ratio, volume, and volume- to- neck ratio [J]. *Neuroradiology*, 2011, 53(11): 883-889.

[17] Bjorkman J, Frosen J, Tahtinen O, *et al.* Irregular shape identifies ruptured intracranial aneurysm in subarachnoid hemorrhage patients with multiple aneurysms [J]. *Stroke*, 2017, 48(7): 1986-1989.

[18] Feng X, Tong X, Peng F, *et al.* Development and validation of a novel nomogram to predict aneurysm rupture in patients with multiple intracranial aneurysms: a multicentre retrospective study [J]. *Stroke Vasc Neurol*, 2021, 6(3): 433-440.

[19] Steven AJ, Milburn JM, Gulotta P, *et al.* Clinical images: vessel wall imaging in the management of subarachnoid hemorrhage and multiple intracranial aneurysms [J]. *Ochsner J*, 2016, 16(3): 199-202.

[20] Zolnourian A, Borg N, Akhigbe T, *et al.* Vessel wall imaging after subarachnoid hemorrhage in patients with multiple intracranial aneurysms: a cautionary case [J]. *World Neurosurg*, 2019, 127: 414-417.

[21] 赵曰圆,秦 杰,秦海林,等. 判断颅内多发动脉瘤出血责任动脉瘤的新方法[J]. 中国临床神经外科杂志,2021,26(5):321-323.

(2022-11-17 收稿,2023-01-14 修回)