

- [13] Rygh OM, Selbekk T, Torp SH, et al. Comparison of navigated 3D ultrasound findings with histopathology in subsequent phases of glioblastoma resection. *Acta Neurochir (Wien)*, 2008, 150(10):1033-1042.
- [14] Prada F, Mattei L, Del Bene M, et al. Intraoperative cerebral glioma characterization with contrast enhanced ultrasound. *Biomed Res Int*, 2014, 2014:484261.
- [15] Wang H, Ye ZP, Huang ZC, et al. Intraoperative ultrasonography combined with indocyanine green video-angiography in patients with cerebral arteriovenous malformations. *J Neuroimaging*, 2015, 25(6):916-921.
- [16] Goren O, Monteith SJ, Hadani M, et al. Modern intraoperative imaging modalities for the vascular neurosurgeon treating intracerebral hemorrhage. *Neurosurg Focus*, 2013, 34(5):E2.
- [17] Prada P, Vetrano IG, Filippini A, et al. Intraoperative ultrasound in spinal tumor surgery. *J Ultrasound*, 2014, 17(3):195-202.
- [18] Coburger J, Scheuerle A, Thal DR, et al. Linear array ultrasound in low-grade glioma surgery: histology-based assessment of accuracy in comparison to conventional intraoperative ultrasound and intraoperative MRI. *Acta Neurochir*, 2015, 157(2):195-206.
- [19] Selbekk T, Jakola AS, Solheim O, et al. Ultrasound imaging in neurosurgery: approaches to minimize surgically induced image artefacts for improved resection control. *Acta Neurochir (wien)*, 2013, 155(6):973-980.

颅内微小动脉瘤血管内治疗研究进展

秦飞云¹ 综述 李真保^{*2},方兴根² 审校

1. 皖南医学院,安徽 芜湖 241000;

2. 皖南医学院附属弋矶山医院神经外科,安徽 芜湖 241001

摘要:最大径小于 3mm 的颅内动脉瘤被称为微小动脉瘤。微小动脉瘤的外科治疗一直存在着较大争议。因为较高的术中破裂率及绝大多数相对宽颈,微小动脉瘤的血管内治疗一直是具有挑战性的。随着介入材料的更新及各种辅助技术的应用,微小动脉瘤的血管内治疗较之前有了较大的进步。术中破裂、血栓形成等术中并发症的发生率及术后复发率较前有了明显的改善。

关键词:颅内微小动脉瘤;血管内治疗;栓塞

DOI:10.16636/j.cnki.jinn.2016.05.020

一般将最大径小于 3mm 的颅内动脉瘤称之为微小动脉瘤(tiny intracranial aneurysms, TIA)。因为微小动脉瘤瘤体小、瘤壁薄,绝大多数相对宽颈,因此 TIA 的血管内治疗一直具有技术上的挑战性。随着介入材料及介入、影像技术的发展,微小动脉瘤的血管内治疗有了较大的发展。本文结合近几年的文献报道对 TIA 的血管内治疗的研究进展进行相关综述。

1 微小动脉瘤治疗的必要性和有效性

随着 3D 脑血管造影的普及应用,直径小于 3mm 的微小动脉瘤在临床上已不鲜见。破裂微小

动脉瘤占颅内破裂动脉瘤的 15.4%^[1],未破裂微小动脉瘤占未破裂动脉瘤的 21.7%^[2]。同时有学者发现相对于普通动脉瘤,直径 < 5 mm 的小动脉瘤破裂所致蛛网膜下腔出血的 Fisher 分级重症患者比例更高,且小动脉瘤破裂后所致的脑血管痉挛程度和预后与其他动脉瘤并无明显差异^[3]。目前普遍认为,微小动脉瘤尤其是破裂微小动脉瘤的治疗是必要的^[3-5]。因为微小动脉瘤瘤壁薄、瘤腔小,以及术中破裂率相对较高,因此 TIA 的血管内治疗一直被认为是技术上有挑战性的。随着介入材料及技术的发展,越来越多的微小动脉瘤成功的进行

收稿日期:2016-06-07;修回日期:2016-10-17

作者简介:秦飞云(1987-),男,在读硕士研究生,主要从事脑血管病基础与临床研究

通讯作者:李真保,主任医师、副教授,硕士研究生导师。

了血管内治疗并获得较高的完全栓塞率。Suzuki等^[6]报道的21例颅内破裂微小动脉瘤均达满意栓塞,平均随访25个月,无再出血,仅1例需再次栓塞,其余20例复查造影时达完全栓塞。顾斌贤等^[7]对77例微小动脉瘤进行单个弹簧圈栓塞,完全或近全栓塞72个,栓塞率高达93.5%,无一例发生临床死亡。研究表明,微小动脉瘤血管内治疗后即刻和长期随访的完全栓塞率分别达到了85%和91%,79%的患者在长期的随访中取得了较好的临床预后^[8]。这些表明微小动脉的血管内栓塞治疗是有效的。

2 微小动脉瘤血管内治疗的技术要点

在微小动脉瘤的血管内治疗中,下面的技术因素与降低术中破裂风险,获得成功的血管内治疗密切相关。首先,良好的微导管塑形对于微小动脉瘤的成功栓塞是至关重要的,有时要多次塑形甚至更换微导管。根据动脉瘤不同部位、指向、瘤颈与载瘤动脉成角以及载瘤动脉的走形,将微导管头端塑成不同的形状。同时,保持微导管尖端的方向与瘤颈的方向一致。第二,弹簧圈本身在获得稳定框架和良好栓塞中也起着关键的作用。与较大的动脉瘤相比,微小动脉瘤内弹簧圈的置入和缠绕时会与动脉瘤壁产生更大的摩擦力,增加最初的破裂出血的风险。柔软的较小尺寸的弹簧圈的设计可以提高微小动脉瘤的填塞比率并减少动脉瘤破裂出血的危险^[9]。Fang等^[10]使用软的或超软弹簧圈进行疏松填塞,取得了较好的栓塞效果,术中并未发生动脉瘤的破裂或穿孔。Hwang等^[11]对43例动脉瘤患者使用的第一枚弹簧圈均小于2.5 mm,获得了较满意的填塞,仅一例发生了术中破裂穿孔。第三,以安全栓塞为血管内治疗的主要目标,不应过分追求致密栓塞,否则会增加动脉瘤术中破裂的风险。Lu等^[12]认为,为了获得一个长期的治疗效果,动脉瘤的完全栓塞并不是必须的。对于术中破裂非常高的技术上具有挑战性的微小动脉瘤,他们建议可以行最初的部分栓塞,后期随着渐进性血栓形成达到一个长期完全的闭塞。最后,操作者的丰富的经验,包括对颅内血管的熟悉程度,术中的轻柔操作,针对不同的病例选择不同的栓塞方法都是成功栓塞颅内微小动脉瘤的重要保证。

3 辅助技术的应用

3.1 双微导管技术

利用1支微导管越过瘤颈,阻挡填塞的弹簧圈

脱入载瘤动脉,另1支微导管进入瘤腔进行填塞,待填塞紧密后撤出辅助微导管。双导管技术操作简单,对载瘤动脉影响小,术后无需长期服用抗血小板聚集药物。Wei等^[13]采用双导管技术结合一种超软螺旋弹簧圈栓塞14例微小动脉瘤,取得了满意的填塞率,仅2例发生了术后再通,无术中破裂或血栓形成。但双导管技术也有其应用局限性,对于瘤颈/瘤体大于1.0的绝对宽颈动脉瘤,双导管技术有时难以实现栓塞,只能行支架辅助或开颅夹闭术治疗^[14]。

3.2 球囊辅助栓塞技术

由于微小动脉瘤相当大一部分比例是宽颈动脉瘤,单纯弹簧圈栓塞存在线圈脱入载瘤动脉和致密栓塞率低等不足,治疗起来非常困难,有时甚至无法栓塞治疗。球囊可有效防止弹簧圈脱入载瘤动脉,显著提高微小动脉瘤的栓塞率。球囊辅助技术可重塑瘤颈,借助“remodeling”球囊,可将微导管置于瘤颈部,保持微导管始终处于动脉瘤外,进行囊外填塞,降低术中破裂率。Gil等^[15]应用球囊辅助技术对4例最大径<2 mm的破裂微小动脉瘤进行了弹簧圈填塞,术中无一例破裂出血。但球囊辅助瘤颈成形术也存在一定的风险,包括引起微血管痉挛、脑梗塞以及球囊撤除后线圈脱入载瘤动脉等并发症。另外如果球囊过度充盈,将会有引起载瘤动脉血管壁受损甚至破裂。Phatouros等^[16]认为在操作过程中,球囊持续充盈的最长时间不应超过6 min,以防止远端缺血。

3.3 支架辅助栓塞技术

支架作为载瘤动脉内支撑物覆盖瘤颈,阻挡弹簧圈凸入载瘤动脉,改变瘤腔内的血流动力学,促进动脉瘤腔内血栓形成,从而达到治疗微小动脉瘤的目的。支架辅助技术主要有支架网孔技术和支架监禁(coil-jailing)技术。前者有时因微导管不能通过支架网孔而导致栓塞失败,因此目前多推荐使用支架监禁技术。支架监禁技术是指将微导管贴压在支架与动脉壁之间,动脉瘤致密栓塞后解脱弹簧圈,支架将残余的弹簧圈覆盖,以防止线圈脱入载瘤动脉,该技术简化了栓塞过程,降低了术中破裂率。Li等^[17]使用支架监禁技术成功栓塞了16枚微小动脉瘤,9例达到了完全栓塞,其余7例在随访中因渐进性血栓形成而达到完全栓塞。支架辅助栓塞的并发症有支架内狭窄,对于不全栓塞的患者因需服用抗血小板药物有再出血的风险。

3.4 单纯支架植入术

早期的动物实验和体外模拟研究显示:载瘤动脉内支架置入能够减少动脉瘤内涡流、降低作用于动脉瘤壁的切应力以及增加动脉瘤内的黏滞度,引起动脉瘤内血流淤滞甚至血栓形成^[18,19]。Kim 等^[20]采用单纯支架置入治疗了 8 枚破裂微小动脉瘤,3 例完全栓塞,其余 5 例动脉瘤体积变小或保持不变,无再出血或再生长。王大明等^[21]应用单纯支架植入治疗 11 例前循环未破裂微小动脉瘤,随访发现仅 1 例达到完全闭塞,2 例动脉瘤变小,其余 8 例瘤体大小无变化,他们认为单纯支架置入虽然安全,但短期随访闭塞率低,对于动脉瘤性 SAH 患者,由于支架放置后需应用抗血小板聚集药物,若不能行弹簧圈栓塞治疗,有再出血的风险,应尽量避免单纯放置支架。

3.5 血流导向装置技术

血流导向装置如 Silk, Pipeline, Tubridge 等具有高金属覆盖率及低孔率的特征,可以重塑动脉瘤局部的血液流向,将载瘤动脉向动脉瘤内的冲击血流通过血流导向装置导向远端正常血管内,减少局部血流对动脉瘤的冲击,同时内皮沿覆盖瘤颈的支架生长,造成瘤颈缩窄和瘤腔内血流减少,最终促进瘤腔内血栓的形成和闭塞^[22,23]。Kulcsar 等^[23]单独使用 SILK 支架治疗了 3 例破裂微小动脉瘤,患者均达到了理想的血管重塑,所有动脉瘤取得了延迟的完全闭塞,无动脉瘤的再破裂出血,取得了较为满意的效果。

4 术中术后并发症的发生及预防

①术中破裂是微小动脉瘤血管内治疗过程中最严重的并发症,文献报道发生率为 3.7% ~ 16.7%^[24]。由于微小动脉瘤的瘤腔小、瘤壁薄,在微导管植入和弹簧圈填塞过程中,任何一个轻微意想不到的举动都可能导致动脉瘤破裂。Van Rooij 等^[1]报道,微小动脉瘤的术中破裂率为 7.7%。随着介入材料和介入技术的发展,微小动脉瘤血管内治疗的术中破裂率已经有所改善。在 Brinjikji 等^[5]之前的研究中,他们报道了微小动脉瘤栓塞术中破裂率为 10.7%,而他们关于微小动脉瘤的最新 Meta 分析显示这一数字为 7%^[8]。为防止动脉瘤的术中破裂,有学者主张在瘤颈的一侧放置气囊,但 Mansour 等认为在预防性放置球囊来防止术中破裂出血时,应权衡其可能带来的其他风险^[25,26]。

②动脉瘤栓塞后再通或复发是影响长期预后

的关键。与外科手术相比,血管内治疗存在致密栓塞率低、远期容易复发等不足。微小动脉瘤的术后复发率约为 6%^[8]。Yang 等^[27]认为动脉瘤大小、位置、是否破裂、术后即可栓塞结果及有无辅助设施与动脉瘤复发率有很大关系。动脉瘤越小,复发的可能性越小,致密栓塞能够降低微小动脉瘤术后复发的几率。但有学者认为微小动脉瘤的弹簧圈填塞率与其复发率无关。Goddard 等^[28]报道了 25 个微小动脉瘤的弹簧圈栓塞治疗,尽管填塞率不能令人满意,但长期随访仍获得满意的疗效,他们认为即使没有完全栓塞的微小动脉瘤,也能够因进行性血栓形成而达到完全闭塞。

5 结语

与动脉瘤夹闭术相比,血管内治疗具有创伤小、恢复快等优点,尽管微小动脉瘤的血管内治疗仍然存在着很多技术上的挑战,但随着技术经验的不断丰富和越来越多更好设计、更小尺寸的材料的设计和开发,血管内栓塞治疗颅内微小动脉瘤的优势将被进一步放大,成为越来越多微小动脉瘤患者的最佳治疗选择。

参 考 文 献

- [1] van Rooij WJ, Keeren GJ, Peluso JP, et al. Clinical and angiographic results of coiling of 196 very small (≤ 3 mm) intracranial aneurysms. *Am J Neuroradiol*, 2009, 30 (4): 835-839.
- [2] Weir B, DisneY L, Karrison T. Sizes of ruptured and unruptured aneurysms in relation to their sites and the ages of patients. *J Neurosurg*, 2002, 96 (1): 64-70.
- [3] Taylor CL, Steele D, Kopitnik TA Jr, et al. Outcome after subarachnoid hemorrhage from a very small aneurysm: a case-control series. *Neurosurgery*, 2004, 100 (4): 623-625.
- [4] Wong GK, Teoh J, Chan EK, et al. Intracranial aneurysm size responsible for spontaneous suhrachnoid hemorrhage. *Br J Neurosurg*, 2013, 27 (1): 34-39.
- [5] Brinjikji W, Lanzino G, Cloft HJ, et al. Endovascular treatment of very small (3 mm or smaller) intracranial aneurysms: report of a consecutive series and a meta-analysis. *Stroke*, 2010, 41 (1): 116-121.
- [6] Suzuki S, Kurata A, Ohmomo T, et al. Endovascular surgery for very small ruptured intracranial aneurysms. Technical note. *J Neurosurg*, 2006, 105 (5): 777-780.
- [7] 顾斌贤, 李明华, 王武等. 单个弹簧圈栓塞颅内微小动脉瘤的单中心经验, 介入放射学杂志, 2012, 21 (1): 7-13.
- [8] Yamaki VN, Brinjikji W, Murad MH, et al. Endovascular

- treatment of very small intracranial aneurysms : meta-analysis. *AJNR*, 2016, 37 (5) : 862-867.
- [9] Harada K, Morioka J. Initial experience with an extremely soft bare platinum coil, ED coil-10 Extra Soft, for endovascular treatment of cerebral aneurysms. *J Neurointerv Surg*, 2013, 5 (6) : 577-581.
- [10] Fang C, Li MH, Zhu YQ, et al. The effectiveness and feasibility of endovascular coil embolization for very small cerebral aneurysms : mid- and long-term follow-up. *Ann Vasc Surg*, 2010, 24 (3) : 400-407.
- [11] Hwang JH, Roh HG, Chun YI, et al. Endovascular coil embolization of very small intracranial aneurysms. *Neuroradiology*, 2011, 53 (5) : 349-357.
- [12] Lu J, Liu JC, Wang LJ, et al. Tiny intracranial aneurysms : endovascular treatment by coil embolisation or sole stent deployment. *Eur J Radiol*, 2012, 81 (6) : 1276-1281.
- [13] Wei M, Ren H, Yin L, et al. The combinational use of dual microcatheter technique and new hypersoft helical coil for endovascular treatment of tiny intracranial aneurysm with difficult geometry, *Interv Neuroradiol*, 2015, 22 (1) : 18-25.
- [14] 喻博, 洪扬, 陈亮宇等, 双微导管技术栓塞颅内动脉瘤 (附 58 例报告), *中华神经外科杂志*, 2013, 29 : 693-697.
- [15] Gil A, Vega P, Murias E, et al. Balloon-assisted extrasaccular coil embolization technique for the treatment of very small cerebral aneurysms. *J Neurosurg*, 2010, 112 (3) : 585-588.
- [16] Phatouros C, Halbach VV, Malek AM, et al. Simultaneous subarachnoid hemorrhage and carotid cavernous fistula after rupture of a paraclinoid aneurysm during balloon assisted coil embolization. *AJNR*, 1999, 20 (6) : 1100-1102.
- [17] Li CH, Su XH, Zhang B, et al. The stent-assisted coil-jailing technique facilitates efficient embolization of tiny cerebral Aneurysms, *Korean J Radiol*, 2014, 15 (6) : 850-857.
- [18] Ohta M, Wetzel SG, Dantan P, et al. Rheological changes after stenting of a cerebral aneurysm : a finite element modeling approach. *Cardiovasc Intervent Radiol*, 2005, 28 (6) : 768-772.
- [19] Geremia G, Haklin M, Brennecke L. Embolization of experimentally created aneurysms with intravascular stent devices. *Am J Neuroradiol*, 1994, 15 (7) : 1223-1231.
- [20] Kim YJ, Ko JH. Sole stenting with large cell stents for very small ruptured intracranial aneurysms. *Intervent Neuroradiology*, 2014, 20 (1) : 45-53.
- [21] 陆军, 王大明, 刘加春等, 载瘤动脉内单个支架置入治疗前循环未破裂宽颈微小动脉瘤的短期疗效, *中华外科杂志*, 2015, 53 (7) : 538-542.
- [22] 杨鹏飞, 刘建民, 黄清海等, 新型血流导向装置 Tubridge 治疗颅内动脉瘤的初步经验, *介入放射学杂志*, 2011, 20 (5) : 357-362.
- [23] Kulcsar Z, Wetzel SG, Augsburg L, et al. Effect of flow diversion treatment on very small ruptured aneurysms. *Neurosurgery*, 2010, 67 (3) : 789-793.
- [24] Starke RM, Chalouhi N, Ali MS, et al. Endovascular treatment of very small ruptured intracranial aneurysms : complications, occlusion rates and prediction of outcome. *Neurointerv Surg*, 2013, Suppl 3 : iii66-71.
- [25] Nguyen TN, Masoud H, Tarlov N, et al. Expanding endovascular therapy of very small ruptured aneurysms with the 1.5-mm coil, *Intervent Neurol*, 2015, 4 (1 - 2) : 59-63.
- [26] Mansour M, Megahed O, Schumacher M, et al. Coiling of ruptured tiny cerebral aneurysms, feasibility, safety, and durability at midterm follow-up, and individual experience, *Clin Neuroradiol*, 2013, 23 (2) : 103-111.
- [27] Yang H, Sun Y, Jiang Y, et al. Comparison of stent-assisted coiling vs coiling alone in 563 intracranial aneurysms : Safety and Efficacy at a High-Volume Center. *Neurosurgery*, 2015, 77 (2) : 241-247.
- [28] Goddard JK, Moran CJ, Cross DT, et al. Absent relationship between the coil-embolization ratio in small aneurysms treated with a single detachable coil and outcomes. *Am J Neuroradiol*, 2005, 26 (8) : 1916-1920.