

• 神经介入 Neurointervention •

单纯支架治疗颅内宽颈囊性小动脉瘤的临床疗效分析

程吉勇, 洪波, 许奕, 黄清海, 杨鹏飞, 赵文元, 刘建民

【摘要】 目的 探讨和总结单纯支架植入治疗颅内宽颈囊性小动脉瘤的可行性、安全性和疗效。**方法** 2001 年 2 月到 2009 年 11 月, 采用单纯支架植入法治疗 36 例颅内宽颈囊性小动脉瘤。按临床 Hunt & Hess 分级, 0 级 22 例, I 级 8 例, II 级 5 例, III 级 1 例。动脉瘤直径为 1.8 ~ 5.0 mm, 平均 3.6 mm。分别位于基底动脉(1 例)、前交通动脉(1 例)、后交通动脉(11 例)、颈内动脉床突上段(18 例)、脉络膜前动脉(4 例)和大脑中动脉(1 例)。采用 DSA 或 MRA 及改良 MRS(modified rankin scale)评分进行影像和临床随访。**结果** 36 例颅内宽颈囊性小动脉瘤患者共成功植入 37 枚支架。术后即刻造影显示 1 例动脉瘤完全不显影, 2 例血管迂曲度明显改变, 3 例明显对比剂滞留。对 22 例患者进行了影像学随访, 其中 20 例采用 DSA 造影, 2 例采用增强 MRA, 平均随访时间为 16 个月(3 ~ 59 个月)。动脉瘤完全愈合 11 例(50%), 动脉瘤颈变窄伴动脉瘤体缩小 9 例(40%), 单纯动脉瘤颈变窄 1 例(5%), 单纯动脉瘤体缩小 1 例(5%)。临床随访除 1 例失访外, 其余 35 例均无病情恶化或遗留永久神经功能缺失。术中、术后并发症有短暂脑缺血发作 1 例, 血管痉挛 3 例, 股动脉穿刺点血肿 1 例, 颅内感染 1 例。**结论** 对于传统血管内介入和开颅夹闭存在一定困难的颅内宽颈囊性小动脉瘤, 单纯支架植入术是可供选择的治疗方法之一。近期疗效满意, 远期疗效、安全性和疗效仍需大宗病例的验证。

【关键词】 宽颈, 囊性, 小颅内动脉瘤; 单纯支架

中图分类号: R743.4 文献标志码: A 文章编号: 1008-794X(2010)-06-0429-06

Sole stenting treatment for small wide-necked saccular intracranial aneurysms: a clinical therapeutic analysis CHENG Ji-yong, HONG Bo, XU Yi, HUANG Qing-hai, YANG Peng-fei, ZHAO Wen-yuan, LIU Jian-min. Department of Neurosurgery, the Affiliated Changhai Hospital, Second Military Medical University, Shanghai 200433, China

Corresponding author: LIU Jian-min

【Abstract】 Objective To discuss the feasibility, safety and efficacy of sole stenting technique for the treatment of small wide-necked saccular intracranial aneurysms. **Methods** Between February 2001 and November 2009, 36 consecutive patients with small wide-necked saccular intracranial aneurysms (18 males and 18 females, aged 19 – 75 years, with a mean age of 52.3 years) were treated with stenting technique only. Of 36 patients, the Grade 0 of Hunt & Hess classification was seen in 22, Grade I in 8, Grade II in 5 and Grade III in 1. The aneurysmal diameter ranged from 1.8 mm to 5.0 mm, with a mean diameter of 3.6 mm. The aneurysms were located at the anterior communicating artery ($n = 1$), posterior communicating artery ($n = 11$), intradural paraclinoid internal carotid artery ($n = 18$), basilar artery ($n = 1$), anterior choroidal artery ($n = 4$) or middle cerebral artery ($n = 1$). The clinical manifestations, the angiographic findings and the follow-up observations were analyzed and the results were evaluated by means of the Modified Rankin Scale, magnetic resonance angiography and digital subtraction angiography. **Results** Sole stenting treatment was performed in 36 patients with small wide-necked saccular intracranial aneurysms. A total of 37 stents were successfully delivered and deployed at the targeted location. Immediate post-procedural angiography showed that complete occlusion was obtained in one aneurysm, a sluggish intra-aneurysmal vortex motion in 3 aneurysms and a correction of the angle of the parent vessel in two cases, whereas no change was seen in the remaining 30 aneurysms. Angiographic follow-up was carried out in 22 of the 36 patients (61%)

during a mean following-up period of 16 months (ranged from 3 to 59 months). The

follow-up angiography showed that the complete occlusion was seen in 11 cases, narrowed aneurysmal neck with shrinkage of the aneurysm in 9 cases, narrowed aneurysmal neck only in 1 case, and shrinkage of the aneurysm only in 1 case. All the patients remained neurological intact at the most recent clinical follow-up, except one patient who lost touch with the authors. The complications occurred during and after the operation included transient insufficiency attack ($n = 1$), vascular spasms ($n = 3$), hematoma at the femoral puncture site ($n = 1$) and intracranial infection ($n = 1$). **Conclusion** Sole stenting therapy is an alternative treatment to the conventional endovascular management or craniotomy for small wide-necked saccular intracranial aneurysms. The short-term effectiveness of sole stenting therapy is quite satisfying although the long-term efficacy is hard to be evaluated before the large series study is accomplished. (J Intervent Radiol, 2010, 19: 429-434)

【Key words】 wide-necked saccular intracranial aneurysm; sole stenting treatment

随着影像技术和设备的发展,越来越多的直径 0 ~ 4.9 mm 的颅内宽颈囊性小动脉瘤 (small wide-necked saccular intracranial aneurysm) 被发现^[1]。颅内宽颈囊性小动脉瘤的治疗对于神经外科医师仍是一个挑战。由于其特殊的形态特点,采用传统的血管内介入和外科手术夹闭治疗存在一定困难。近年来随着颅内支架血管成形技术的成熟,支架辅助弹簧圈治疗颅内宽颈动脉瘤的研究越来越多。最近已有少量报道单纯支架植入治疗囊性、梭形和夹层动脉瘤^[2-6]。我们回顾性分析采用单纯支架植入治疗的 36 例颅内宽颈囊性小动脉瘤的临床及影像治疗和随访结果,现报道如下。

1 材料与方法

1.1 临床资料

2001 年 2 月到 2009 年 11 月,本中心采用单纯支架植入方法共治疗 36 例颅内宽颈囊性小动脉瘤患者。男女各 18 例,年龄 19 ~ 75 岁,平均 52 岁。临床 Hunt & Hess 分级:0 级 22 例,Ⅰ级 8 例,Ⅱ级 5 例,Ⅲ级 1 例。动脉瘤直径为 1.8 ~ 5.0 mm,平均 3.6 mm。分别位于基底动脉(1 例)、前交通动脉(1 例)、后交通动脉(11 例)、颈内动脉床突上段(18 例)、脉络膜前动脉(4 例)和大脑中动脉(1 例)。14 例破裂动脉瘤患者临床表现为突发头痛伴恶心呕吐,其中 2 例伴有短暂意识障碍,均经 CT 证实有蛛网膜下腔出血(SAH)。22 例未破裂动脉瘤中,5 例多发动脉瘤,14 例因直系近亲 SAH 家族史行 MRA 检查发现,2 例健康体检时发现。所有未破裂动脉瘤患者均由于对动脉瘤出血高度担心焦虑,严重影响正常生活而要求治疗。

1.2 方法

1.2.1 治疗时机和支架选择 14 例破裂动脉瘤(5 例急症入院,9 例外院转入)患者均在 SAH 的亚急

性和稳定期进行介入治疗,SAH 发病与支架植入之间的间隔为 4 ~ 35 d(平均 24 d)。

1.2.2 支架的选择和治疗策略 BX 球囊扩张支架的直径与所植入的血管直径相等。Neuroform 和 LEO 支架的直径均大于载瘤血管直径 0.5 ~ 1 mm。Enterprise 支架在植入支架段血管直径 2.5 ~ 4.5 mm 时选用。支架的长度选择根据以下公式:支架长度(mm) \geq 动脉瘤颈的长度 + 10 mm。36 例患者中,8 例支架植入后试用弹簧圈进一步填塞失败,2 例弹簧圈填塞失败后改用单纯支架植入术,其余 26 例直接采用单纯支架植入术。

1.2.3 治疗过程 患者全麻成功后,股动脉穿刺置入 6 F 动脉鞘,全身肝素化。5 F 造影导管行常规多角度和三维脑血管造影,测量动脉瘤的大小及载瘤血管的直径,根据测量结果选择合适的支架。在路图下将支架系统输送到载瘤动脉的动脉瘤段。透视下缓慢释放支架并造影确定支架位置,最后缓慢撤出支架释放系统。

1.2.4 围手术期处理 破裂动脉瘤在支架植入前 2 h,给予抗血小板药物(阿司匹林 300 mg 和氯吡格雷 300 mg)口服或纳肛;未破裂动脉瘤术前 3 d 给予抗血小板药物(阿司匹林 300 mg/d 和氯吡格雷 75 mg/d)口服。术后不中和肝素,继续给予低分子肝素钙 0.4 ml 肌内注射,12 h 1 次连续 3 d。抗血小板聚集治疗(阿司匹林 300 mg/d 和氯吡格雷 75 mg/d),持续 6 周后停用氯吡格雷,阿司匹林 300 mg/d 维持治疗半年,复查造影。如无内膜过度增生,将阿司匹林减量到 100 mg/d,终生服用。股动脉穿刺点用封堵器封堵或 2 h 后拔除,局部加压包扎。

1.2.5 随访 采用改良 MRS(modified rankin scale)评分进行临床随访,分别通过门诊及住院复查或电话询问方式对患者进行 MRS 评估。采用 DSA 和增强 MRA 进行影像学随访。影像学随访结果分为:完

全愈合、动脉瘤颈变窄、动脉瘤体缩小。完全愈合为动脉瘤完全不显影;动脉瘤颈变窄为随访动脉瘤切线位的瘤颈最大径小于术后即刻结果;动脉瘤体缩小为随访动脉瘤切线位瘤体的最大径小于术后即刻结果。

2 结果

2.1 植入支架类型和手术成功率

36 例颅内宽颈囊性小动脉瘤患者共成功植入支架 37 枚,其中 BX 支架 2 枚,Neuroform 支架 19 枚,LEO 支架 9 枚,Enterprise 支架 7 枚;35 例为单一支架,1 例为双支架。所有支架均准确释放到位,成功率为 100%。35 例患者术后 72 h 痊愈出院回家,1 例因脑室外引流后颅内感染继续在医院治疗,痊愈后出院。术后即刻造影:完全不显影 1 例,明显对比剂滞留 3 例,无变化 30 例,载瘤动脉迂曲度明显改变 2 例。

2.2 不良反应

2.2.1 操作相关并发症 5 例发生与手术操作相关的并发症,其中 3 例血管痉挛,1 例术后短暂脑缺血发作(transient ischemic attack, TIA)和 1 例股动脉穿刺点血肿。

2.2.2 非操作相关并发症 脑室外引流术后颅内感染 1 例。所有并发症均未遗留永久神经功能缺失。无颅内出血、动脉瘤再破裂和脑梗塞等并发症。

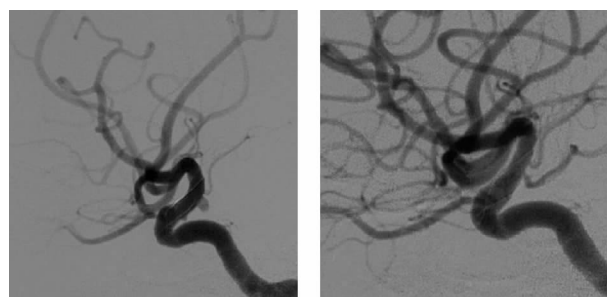
2.3 随访

22 例患者进行了影像学随访,其中 20 例采用 DSA 造影,2 例采用增强 MRA,平均随访时间为 16 个月(3 ~ 59 个月)。随访时动脉瘤完全愈合 11 例(50%),动脉瘤颈变窄伴动脉瘤体缩小 9 例(40%),单纯动脉瘤颈变窄 1(5%)例,单纯动脉瘤体缩小 1 例(5%)。随访 3 ~ 5 个月,4 例次均见动脉瘤颈变窄,其中 3 例伴动脉瘤体缩小。随访 6 ~ 12 个月,14 例中 7 例次完全愈合,6 例动脉瘤颈变窄伴动脉瘤体缩小,1 例单纯瘤体缩小。随访 12 个月以上者 10 例次,其中 6 例完全愈合,3 例动脉瘤颈变窄伴动脉瘤体缩小,1 例单纯瘤颈变窄。随访期间无动脉瘤再生长,无支架移位、支架内血栓、支架内狭窄、血管内皮过度增生等并发症。其余 14 例患者中,10 例未到影像学随访时间,3 例因临床病情明显好转拒绝影像学随访,1 例因家庭住址变化失去随访。临床随访显示:除 1 例失访外,其余 35 例患者临床均无病情恶化或遗留永久神经功能缺失,MRS 评分均为 0。

3 讨论

人群中颅内动脉瘤的发生率为 1% ~ 8%,每年每 10 万人口有 6 ~ 8 例发生颅内动脉瘤破裂引起 SAH,病死率高达 40% ~ 50%^[7]。自 1990 年 GDC 首次应用于临床以来,已被广泛应用于治疗颅内动脉瘤。2002 年 ISAT (International Subarachnoid Aneurysm Trial)结果的发表,使血管内介入治疗的颅内动脉瘤越来越多^[8]。各种新型的弹簧圈和栓塞技术的出现扩大了血管内介入治疗的范围,如:三维弹簧圈^[9]、球囊辅助技术^[10]、支架辅助技术^[11-13]等。但是对于颅内宽颈囊性小动脉瘤,即使采用上述方法也仍然存在一定困难。体外和动物实验表明支架植入可以产生以下作用:①减缓瘤腔内血流^[14-17],降低瘤壁剪切力^[16]、阻止动脉瘤的再生长,从而促进动脉瘤内血栓形成,治愈动脉瘤^[2,14,18]。支架孔率越低对瘤腔内血流影响越明显,越有利于瘤腔内血栓形成^[5,18]。②为内皮细胞生长覆盖动脉瘤颈提供支撑结构,为永久治愈动脉瘤提供有利条件。③改变血管的形态和迂曲度,纠正血管本身的动脉瘤易发因素^[4]。目前临床应用的支架均为高孔率支架,并且在支架植入术后,为防止支架内血栓形成,需要抗血小板治疗,因此对于颅内大动脉瘤单纯高孔率支架植入,动脉瘤愈合的速度和愈合率均较低^[4]。而有研究认为颅内小动脉瘤与大动脉瘤相比,在支架植入术后更易血栓形成^[18],特别是侧壁型小动脉瘤,支架植入后瘤内血流速度冲击力及剪切力降低更明显^[18-19]。当然对于颅内未破裂小动脉瘤的治疗到目前为止仍有争议。Ishibashi 等^[1]报道日本人颅内小动脉瘤每年发生出血的概率为 0.8%,对于既往有 SAH 病史者,出血率更高。而国际未破裂动脉瘤研究 ISUIA (the International Study of Unruptured Aneurysms Investigators)的结果认为直径小于 7 mm 的颅内动脉瘤每年破裂出血的概率为 0.1%^[20],但该研究分组偏倚较大。中国人颅内动脉瘤的发生率及破裂的风险目前尚无确切的数据。但是中国人由于种族或生活环境的原因,动脉瘤的体积与西方人相比相对较小,中国人种与日本人种在生理和生活环境等很多方面又具有很大的相似性。且最近的基因研究发现日本人和芬兰人颅内动脉瘤破裂的风险更高^[21-22]。目前没有证据表明中国人的颅内动脉瘤有更低的发生率和破裂率。因此,患者年龄、动脉瘤的大小、形状、位置、SAH 病史、家族史及患者对无症状动脉瘤的担心和焦虑都是动脉瘤治疗与否要考虑的因素^[22]。本中心在综合考虑上述因素后,采用单纯支

架植入治疗 36 例颅内宽颈囊性小动脉瘤。随着影像学随访时间的延长,我们观察到动脉瘤从瘤颈逐渐变窄、瘤体逐渐缩小到完全愈合的过程(图 1~4)。我们通过动物实验及本研究的结果认为,除了改变动脉瘤及载瘤动脉的血流动力学外,单纯支架治疗小动脉瘤的主要作用是内膜覆盖支架的同时逐渐将瘤颈覆盖,减缓瘤腔内的血流,从而降低血流对瘤体的冲击和剪切力对瘤壁的作用,消除动脉瘤再生长促发因素,使瘤体逐渐萎缩直至最后完全消失,载瘤动脉从而获得重建修复。



a 因 SAH 行脑血管造影发现颅内动脉宽颈动脉瘤,用单纯 LEO 支架植入治疗 **b** 随访 10 个月动脉瘤完全愈合

图 1 颅内动脉宽颈动脉瘤支架植入随访时见愈合

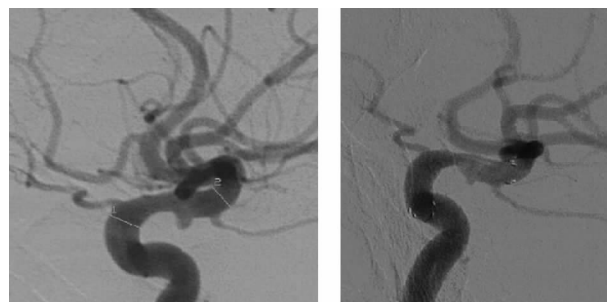


a, b 因 SAH 造影发现颅内动脉 2 个相邻动脉瘤,其中大动脉瘤采用支架辅助弹簧圈栓塞,小动脉瘤采用单纯支架(Neuroform)植入的方法治疗

c, d, e 随访 15 个月时可见单纯支架植入的小动脉瘤完全愈合。支架辅助弹簧圈栓塞的大动脉瘤仍有瘤颈残留

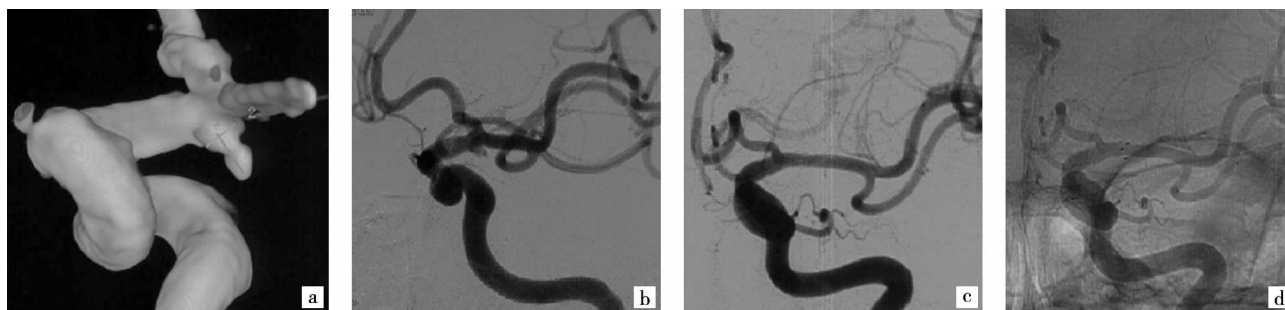
图 2 颅内动脉 2 枚动脉瘤 Neuroform 支架植入随访时动脉瘤消失和瘤颈残留

随着颅内专用支架在临床的应用,以及支架释放技术的成熟^[23],即使颅内微小动脉瘤血管内介入也取得良好的治疗效果^[24-25],但仍有相当一部分颅内宽颈囊性小动脉瘤由于其形态特点,支架植入后很难进一步堵塞弹簧圈。最早应用冠状动脉球囊扩张支架^[26],由于其柔顺性较差,经常会遇到支架到位困难和造成动脉夹层的情况。自从颅内自膨式支架应用于临床后,其柔顺性和操作性大大提高,即使对于 Willis 环以远血管亦可安全植入^[13,27]。本组 3 例动脉瘤位于 Willis 环以远或后循环系统,载瘤血管在支架植入后血管的形态变化较大,纠正了动脉



a 因 SAH 家族史,行 MRA 检查发现颅内动脉床突上段动脉瘤,采用 Neuroform 单纯支架植入的方法治疗 **b** 32 个月随访时可见瘤颈变窄瘤体缩小

图 3 动脉瘤支架植入远期随访瘤体缩小



a, b 因 SAH 造影发现颅内动脉宽颈小动脉瘤,采用 Neuroform 植入的方法治疗

c, d 10 个月 DSA 随访动脉瘤完全愈合

图 4 颅内动脉宽颈小动脉瘤 Neuroform 支架植入 10 个月随访动脉瘤完全愈合

瘤的易发因素,因此治疗效果较理想。本组患者的动脉瘤大部分位于颈内动脉系统,由于解剖原因,血管的可塑性较差,颅内支架支撑力对血管的形态

改变程度有限。这可能是本研究中动脉瘤近期随访治愈率低的原因之一。因此,支架的经向支撑力是影响单纯支架治愈动脉瘤的重要因素之一。特别是

后循环及 Willis 环以远的血管, 由于管径细、管壁薄, 血管周围缺乏坚硬组织支撑, 同样的支撑力血管的形态及角度更易发生改变, 支架植入术后对血流动力学变化影响更大, 因此在后循环及 Willis 环以远的颅内动脉瘤单纯支架植入后, 治愈率较高。支架的孔率是影响支架治愈动脉瘤的另一重要因素。目前临床应用的支架网孔率都很高, 网丝对血流动力学的影响有限, 有学者采用双支架重叠技术或不对称支架及密网孔支架提高动脉瘤颈网丝覆盖率^[5,18,28-29], 从而提高了动脉瘤的治愈率。本研究采用双支架重叠植入技术治疗 1 例动脉瘤, 术后即刻造影即见瘤腔内对比剂明显滞留。如何在不降低支架的柔顺性和可操作性的前提下, 降低支架孔率、提高经向支撑力是目前支架研究的热点。

当然, 本研究中动脉瘤的治愈率比 ISAT 研究中的治愈率(66%)低^[30]。ISAT 研究中, 动脉瘤的形态均为比较适宜介入栓塞治疗的动脉瘤, 而本研究中的则为传统介入方法失败而手术夹闭又很困难且风险很高的破裂动脉瘤。虽然短期随访中的影像学治愈率并不太高, 但是所有随访动脉瘤均无再生增大迹象。并且在影像学动态随访中观察到, 从瘤颈变窄、瘤体变小到动脉瘤完全愈合的过程, 与 Lopes 等^[31]的报道相一致。本研究临床随访中无一例病情加重或遗留永久神经功能缺失者, 这对于治疗有一定困难的颅内小动脉瘤来说, 其结果可以接受。

我们必须警惕支架植入术潜在的风险和可能出现的严重并发症, 如: 支架内血栓形成^[18,32]、颅内出血^[32-33]、支架内狭窄和血管夹层^[32]等。颅内出血是最严重的并发症, CARAT 研究 (Cerebral Aneurysm Rerupture after Treatment Trial)^[33] 报道术后仍然有 2.2%再出血率。特别是破裂的动脉瘤单纯支架植入后瘤腔内无弹簧圈保护, 而术后为防止支架内血栓形成需要的抗血小板聚集治疗会延迟瘤内血栓形成^[34], 一旦出血将使患者处于两难的尴尬境地。因此 SAH 急性期患者是否应用抗血小板治疗目前仍有争议^[35]: 有人认为围手术期的抗凝、抗血小板聚集治疗风险高于收益; 但是也有研究者认为未破裂动脉瘤术前 3 d 给予常规量的抗血小板治疗, 破裂动脉瘤术前 2 h 给予负荷量抗血小板治疗是安全的^[36]。虽然本研究无破裂动脉瘤再出血情况的发生, 但是对于破裂动脉瘤抗血小板聚集的安全性仍需进一步研究。血栓事件是支架治疗动脉瘤又一严重的并发症。本研究中除 1 例发生 TIA 外, 围手术期无支架相关性严重缺血事件发生。所有影像学随访中未

见支架内血栓、支架内狭窄、血管内皮过度增生及支架植入血管供血区脑梗死等并发症, 这与严格的抗血小板聚集治疗是分不开的。另外, 动脉瘤的载瘤血管条件与颅内狭窄患者不同, 相对于动脉硬化颅内动脉狭窄的患者, 颅内动脉瘤的载瘤动脉多无动脉硬化的情况, 因此支架血栓和狭窄的发生可能性也就相对较低。3 例操作相关性血管痉挛, 均发生于 Willis 环以远的血管, 由于解剖原因血管形态在受到刺激后较易发生改变引起痉挛。此种痉挛经用罂粟碱并暂停操作后可以很快缓解, 一般不会遗留神经功能缺失。

本研究认为对传统血管内介入和开颅夹闭存在一定困难的颅内宽颈性小动脉瘤, 单纯支架术是可选择的方法之一, 近期疗效满意, 远期疗效和安全性仍需大宗病例验证。

[参考文献]

- [1] Ishibashi T, Murayama Y, Urashima M, et al. Unruptured intracranial aneurysms incidence of rupture and risk factors [J]. stroke, 2009, 40: 313 -316.
- [2] Zenteno MA, Murillo-Bonilla LM, Guinto G, et al. Sole stenting bypass for the treatment of vertebral artery aneurysms; technical case report[J]. Neurosurgery, 2005, 57(1 Suppl): E208.
- [3] Juszkat R, Nowak S, Wieloch M, et al. Complete obliteration of a basilar artery aneurysm after insertion of a self-expandable leostent into the basilar artery without coil embolization[J]. Korean J Radiol, 2008, 9: 371 - 374.
- [4] Zenteno MA, Santos-Franco JA, Freitas-Modenesi JM, et al. Use of the sole stenting technique for the management of aneurysms in the posterior circulation in a prospective series of 20 patients [J]. J Neurosurg, 2008, 108: 1104 - 1118.
- [5] Benndorf G, Herbon U, Sollmann WP, et al. Treatment of a ruptured dissecting vertebral artery aneurysm with double stent placement: case report[J]. AJNR, 2001, 22: 1844 - 1848.
- [6] Zhao WY, Krings T, Alvarez H, et al. Management of spontaneous haemorrhagic intracranial vertebrobasilar dissection: review of 21 consecutive cases [J]. Acta Neurochir (Wien), 2007, 149: 585 -596.
- [7] Linn FH, Rinkel GJ, Algra A, et al. Incidence of subarachnoid hemorrhage: role of region year and rate of computed tomography: a metaanalysis[J]. Stroke, 1996, 27: 625 - 629.
- [8] Molyneux A, Kerr R, Stratton I, et al. International subarachnoid aneurysm trial (ISAT) of neurosurgical clipping versus endovascular coiling in 2143 patients with ruptured intracranial aneurysms: a randomised trial[J]. Lancet 2002, 360: 1267 - 1274.
- [9] Cloft HJ, Joseph GJ, Tong FC, et al. Use of three-dimensional Guglielmi detachable coils in the treatment of wide-necked cerebral aneurysms[J]. AJNR, 2000, 21: 1312 - 1314.

- [10] Baldi S, Mounayer C, Piotin M, et al. Balloon-assisted coil placement in wide-neck bifurcation aneurysms by use of a new, compliant balloon microcatheter[J]. AJNR, 2003, 24: 1222 - 1225.
- [11] 刘建民, 洪波, 许奕, 等. 血管内支架治疗颅内动脉瘤[J]. 介入放射学杂志, 2001, 10: 195 - 198.
- [12] 黄清海, 刘建民, 许奕, 等. 难治性颅内动脉瘤血管内支架治疗的初步结果[J]. 介入放射学杂志, 2004, 4: 297 - 300.
- [13] Huang Q, Xu Y, Hong B, et al. Stent-assisted embolization of wide-neck anterior communicating artery aneurysms: review of 21 consecutive cases[J]. AJNR, 2009, 30: 1502 - 1506.
- [14] Wakhloo AK, Schellhammer F, de Vries J, et al. Self-expanding and balloon-expandable stents in the treatment of carotid aneurysms: An experimental study in a canine model[J]. AJNR, 1994, 15: 493 - 502.
- [15] 张鑫, 刘建民, 黄清海. 脑动脉瘤血流动力学数值模拟研究及其临床意义[J]. 介入放射学杂志, 2008, 17: 898 - 902.
- [16] Liou TM, Liou SN, Chu KL. Intra-aneurysmal flow with helix and mesh stent placement across side-wall aneurysm pore of a straight parent vessel[J]. J Biomech Eng, 2004, 126: 36 - 43.
- [17] Liu J, Zhao W, Zhang X, et al. Pathology of stented common carotid aneurysm in dogs comparison between stenting and stent-assisted coiling[J]. Intervent Neuroradiol, 2005, 11: 333 - 340.
- [18] Doerfler A, Wanke I, Egelhof T, et al. Double-stent method: therapeutic alternative for small wide-necked aneurysms. Technical note[J]. J Neurosurg, 2004, 100: 150 - 154.
- [19] Liou TM, Li YC. Effects of stent porosity on hemodynamics in a sidewall aneurysm model[J]. J Biomech, 2008, 41: 1174 - 1183.
- [20] Wiebers DO, Whisnant JP, Huston J, et al. Unruptured intracranial aneurysms: natural history, clinical outcome, and risks of surgical and endovascular treatment[J]. Lancet, 2003, 362: 103 - 110.
- [21] Morita A, Fujiwara S, Hashi K, et al. Risk of rupture associated with intact cerebral aneurysms in the Japanese population: a systematic review of the literature from Japan [J]. J Neurosurg, 2005, 102: 601 - 606.
- [22] Otawara Y, Ogasawara K, Kubo Y, et al. Anxiety before and after surgical repair in patients with asymptomatic unruptured intracranial aneurysm[J]. Surg Neurol, 2004, 62: 28 - 31.
- [23] Hong B, Patel NV, Gounis MJ, et al. Semi-jailing technique for coil embolization of complex, wide-necked intracranial aneurysms[J]. Neurosurgery, 2009, 65: 1131 - 1139.
- [24] 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[J]. Stroke, 2010, 41: 116 - 121.
- [25] Im SH, Han MH, Kwon OK, et al. Endovascular coil embolization of 435 small asymptomatic unruptured intracranial aneurysms: procedural morbidity and patient outcome[J]. AJNR, 2009, 30: 79 - 84.
- [26] Zenteno M, Modenesi Freitas JM, Aburto-Murrieta Y, et al. Balloon-expandable stenting with and without coiling for wide-neck and complex aneurysms[J]. Surg Neurol, 2006, 66: 603 - 610.
- [27] Turk AS, Niemann DB, Ahmed A, et al. Use of self-expanding stents in distal small cerebral vessels[J]. AJNR, 2007, 28: 533 - 536.
- [28] Ionita CN, Paciorek AM, Dohatcu A, et al. The asymmetric vascular stent: efficacy in a rabbit aneurysm model[J]. Stroke, 2009, 40: 959 - 965.
- [29] Marotta TR, Gunnarsson T, Penn I, et al. A novel endovascular clip system for the treatment of intracranial aneurysms: technology, concept, and initial experimental results. Laboratory investigation[J]. J Neurosurg, 2008, 108: 1230 - 1240.
- [30] Molyneux AJ, Kerr RS, Yu LM, et al. International subarachnoid aneurysm trial (ISAT) of neurosurgical clipping versus endovascular coiling in 2143 patients with ruptured intracranial aneurysms: a randomised comparison of effects on survival, dependency, seizures, rebleeding, subgroups, and aneurysm occlusion[J]. Lancet, 2005, 366: 809 - 817.
- [31] Lopes D, Sani S. Histological postmortem study of an internal carotid artery aneurysm treated with the Neuroform stent [J]. Neurosurgery, 2005, 56: E416.
- [32] Lylyk P, Ferrario A, Pasbon B, et al. Buenos Aires experience with the Neuroform self-expanding stent for the treatment of intracranial aneurysms[J]. J Neurosurg, 2005, 102: 235 - 241.
- [33] Johnston SC, Dowd CF, Higashida RT, et al. Predictors of rehemorrhage after treatment of ruptured intracranial aneurysms: the Cerebral Aneurysm Rerupture after Treatment (CARAT) study[J]. Stroke, 2008, 39: 120 - 125.
- [34] Suzuki S, Kurata A, Ohmomo T, et al. Endovascular surgery for very small ruptured intracranial aneurysms Technical note[J]. J Neurosurg, 2006, 105: 777 - 780.
- [35] Katsaridis V, Papagiannaki C, Violaris C. Embolization of acutely ruptured and unruptured wide-necked cerebral aneurysms using the neuroform2 stent without pretreatment with antiplatelets: a single center experience[J]. AJNR, 2006, 27: 1123 - 1128.
- [36] Lanzino G, Kanaan Y, Perrini P, et al. Emerging concepts in the treatment of intracranial aneurysms: stents, coated coils, and liquid embolic agents[J]. Neurosurgery, 2005, 57: 449 - 459.

(收稿日期:2010-01-18)