

DOI:10.3724/SP.J.1008.2015.00661

## 血管内治疗大脑中动脉动脉瘤的研究进展

王川川, 黄清海\*

第二军医大学长海医院神经外科, 上海 200433

**[摘要]** 大脑中动脉(MCA)动脉瘤的最佳治疗方式仍存在争议。开颅手术夹闭一直是治疗 MCA 动脉瘤的首选方法,但随着血管内介入技术的进步和器具的改进,血管内治疗 MCA 动脉瘤的安全性和疗效也有进一步改善,并逐渐成为一种重要治疗方法。本文对 MCA 动脉瘤血管内治疗新技术及其安全性与疗效进行文献综述,以期为 MCA 动脉瘤治疗方式选择提供更多证据。

**[关键词]** 颅内动脉瘤; 大脑中动脉; 血管内治疗

**[中图分类号]** R 651.122 **[文献标志码]** A **[文章编号]** 0258-879X(2015)06-0661-05

### Endovascular treatment of middle cerebral artery aneurysms: recent progress

WANG Chuan-chuan, HUANG Qing-hai\*

Department of Neurosurgery, Changhai Hospital, Second Military Medical University, Shanghai 200433, China

**[Abstract]** Controversy still exists as to the best mode for treating middle cerebral artery (MCA) aneurysms. Surgical clipping remains the optimal treatment in many institutions. With the progression of endovascular technique and devices, the safety and efficacy of endovascular treatment of MCA aneurysms have been further improved and endovascular approach has become an acceptable alternative. This review discussed the recent progress on endovascular treatment of MCA aneurysms and assessed its safety and effectiveness, hoping to provide evidences for neurointerventionalists to select appropriate therapies.

**[Key words]** intracranial aneurysm; middle cerebral artery; endovascular treatment

[Acad J Sec Mil Med Univ, 2015, 36(6): 661-665]

近年来血管内治疗颅内动脉瘤已经成为趋势<sup>[1]</sup>。由于大脑中动脉(middle cerebral artery, MCA)动脉瘤多为宽颈且形态学复杂,血管内治疗存在一定困难且并发症发生率及复发率较高,但其解剖位置表浅使得开颅手术夹闭显得相对容易,因此许多医院仍将开颅手术夹闭作为其首选的治疗方法<sup>[2-3]</sup>。然而随着血管内治疗技术、相关材料的不断进步及术者经验的不断积累,血管内治疗方式逐渐成熟并已成为治疗 MCA 动脉瘤的重要方法。本文就 MCA 动脉瘤的血管内治疗进展作一综述,对其安全性及疗效进行分析,并与开颅手术夹闭进行比较,以期为 MCA 动脉瘤最佳治疗方式的选择提供依据。

### 1 血管内治疗 MCA 动脉瘤的技术与材料进展

由于技术的不成熟及材料的限制,早期的血管

内治疗 MCA 动脉瘤实践显得尤为困难。在 1999 年,Regli 等<sup>[4]</sup>报道了血管内治疗与开颅手术夹闭治疗 MCA 动脉瘤的对比研究。该研究纳入了 30 例患者共 34 个动脉瘤,采用优先应用血管内治疗且只有在血管内治疗方式失败或存在不适合血管内治疗的解剖学因素才选择开颅手术夹闭的方法;13 个动脉瘤首选血管内治疗,其余选择开颅手术夹闭治疗;然而在这 34 个动脉瘤中仅有 2 个(6%)成功进行了单纯弹簧圈栓塞,11 个(32%)在栓塞失败后选择夹闭治疗;最终 32 个(94%)动脉瘤采取了开颅夹闭治疗。

近年来,多项血管内介入技术的进步和材料的发展使得血管内治疗的安全性及疗效取得了极大的进步并扩大了手术适应证。2011 年 Brinjikji 等<sup>[5]</sup>在 1 项纳入了 1 030 例患者 1 076 个 MCA 动脉瘤的系统综述中报道了 20.4%的动脉瘤应用辅助栓塞技

**[收稿日期]** 2014-11-17 **[接受日期]** 2015-01-27

**[基金项目]** “十二五”国家科技与支撑计划(2011BAI08B14),第二军医大学长海医院“1255”学科特色提升项目(CH125520100)。Supported by the National Science & Technology Pillar Program during the “12<sup>th</sup> Five-year” Plan Period (2011BAI08B14) and the “1255” Program of Changhai Hospital of Second Military Medical University (CH125520100).

**[作者简介]** 王川川, 硕士生. E-mail: xiaoerwang2013@163.com

\* 通信作者 (Corresponding author). Tel: 021-31161784, E-mail: chstroke@163.com

术,并取得较好的栓塞结果及临床预后。双微导管技术通过瘤内放置2个微导管交替送入弹簧圈,使得弹簧圈在动脉瘤腔内的稳定性增加,不易突入载瘤动脉,用于宽颈动脉瘤的治疗。Kwon等<sup>[6]</sup>报道了应用双微导管技术治疗25例复杂MCA动脉瘤,所有动脉瘤均成功栓塞,作者认为该技术对于治疗复杂宽颈MCA动脉瘤安全可行。

球囊再塑形技术是利用球囊充盈后封闭瘤颈,防止弹簧圈经瘤颈突入载瘤动脉,提高动脉瘤的完全栓塞率。现有文献研究表明,球囊再塑形技术栓塞MCA动脉瘤安全、有效<sup>[7]</sup>。而Vendrell等<sup>[8]</sup>报道应用球囊再塑形技术治疗63例MCA动脉瘤,发现尽管该技术有助于治疗形态学更为复杂的动脉瘤,但长期随访的动脉瘤复发率升高。此外,球囊还能用于控制术中动脉瘤破裂出血。随着高顺应性球囊的出现,球囊的应用将更加广泛。2014年,在Kadkhodayan等<sup>[9]</sup>报道的应用血管内介入方法治疗的346例MCA动脉瘤研究中,66.5%应用了球囊辅助技术。

血管内支架的应用使颅内动脉瘤血管内治疗适应证得到进一步拓展。Henkes等<sup>[10]</sup>报道了血管内支架在MCA动脉瘤中的应用。Johnson等<sup>[11]</sup>应用该技术治疗了100例MCA动脉瘤,结果显示90.6%达到完全栓塞,而瘤颈残留与部分栓塞分别为3.5%和5.9%,病死率和病残率均为1%,表明支架辅助技术是安全、有效的。Vendrell等<sup>[12]</sup>报道了应用支架辅助技术治疗52例复杂MCA动脉瘤,其病死率(0%)、长期病残率(4.3%)与既往报道单纯栓塞或使用其他辅助栓塞技术的研究结果相仿(2.2%~9.8%),而中期随访复发率(14.6%)较其他研究结果(20%~27%)更低<sup>[8,13]</sup>。但一些研究表明,与单纯栓塞相比,支架辅助栓塞治疗MCA动脉瘤发生术中并发症的概率明显增加<sup>[14]</sup>。并且,与未破裂动脉瘤相比,治疗破裂MCA动脉瘤的致残率及病死率显著升高<sup>[15]</sup>。Zhou等<sup>[16]</sup>报道了应用血管内支架治疗72例复杂MCA动脉瘤的经验,9例发生手术相关并发症,包括27例破裂动脉瘤中的7例(25.9%)和45例未破裂动脉瘤中的2例(4.4%),统计分析表明动脉瘤破裂为支架辅助栓塞MCA动脉瘤的独立危险因素(OR=7.35)。微导管瘤内成襻技术克服了对于载瘤动脉迂曲、分支血管成角明显、形态复杂的MCA动脉瘤难以将微导管输送至动脉瘤远端分支进而辅助栓塞的困难。Cho等<sup>[17]</sup>报道应用微导管在载瘤动脉内成襻技术对36例分

支血管明显成角的MCA动脉瘤的治疗经验,在微导丝超选足够远的情况下,将成襻的微导管拉直,可以避免将辅助微导管超选进入动脉瘤内。结果证实该技术能保证安全超选宽颈动脉瘤远端分支血管。

近年来亦有许多新型装置的设计研发出来,为血管内治疗提供了更多选择。血流导向装置是一种新型的自膨式、高金属覆盖率、低孔率、微导管输送的装置,目前包括Pipeline<sup>[18]</sup>、SILK<sup>[19]</sup>等。Yavuz等<sup>[20]</sup>报道使用Pipeline支架(Pipeline Embolization Device, PED)治疗25例MCA动脉瘤,21例(84%)达到完全栓塞,12例动脉瘤的载瘤动脉发出穿支血管,随访发现有6例管径变细、3例完全闭塞但均无症状,无死亡病例。WEB装置是一种通过阻断瘤内血流、促进瘤体血栓形成进而栓塞动脉瘤的新型血流阻断装置;一项欧洲的早期多中心研究初步证实了该技术治疗MCA动脉瘤较好的安全性及有效性,纳入了34例MCA动脉瘤患者,术中并发症发生率为3.1%(均为术中动脉瘤破裂),无手术导致死亡病例,83.3%的动脉瘤获得了完全栓塞或瘤颈残留<sup>[21]</sup>。pCONus是一种新型的类似支架的自膨胀镍钛合金植入物,远端打开后可重塑瘤颈继而辅助弹簧圈栓塞;一项纳入11例MCA动脉瘤的早期研究中,应用该装置未出现手术相关并发症<sup>[22]</sup>。

## 2 血管内治疗MCA动脉瘤的安全性与有效性

Brinjikji等<sup>[5]</sup>系统回顾分析了2001—2008年血管内治疗MCA动脉瘤的疗效。术中破裂出血在未破裂与破裂MCA动脉瘤中分别占1.7%和4.8%,破裂动脉瘤术后早期再出血率为1.1%。未破裂与破裂动脉瘤的手术相关总体病残率和病死率分别为5.1%和6%。造影随访动脉瘤总体治愈率为82.4%,动脉瘤复发需要再治疗则达到了9.6%。作者认为血管内治疗方式对于合适的病例是可行且有效的,术中并发症率和术后再出血率不可忽略,动脉瘤复发再治疗率高仍为血管内治疗的主要缺点。

Gory等<sup>[23]</sup>进行了一项血管内治疗MCA动脉瘤的前瞻性队列研究,该研究纳入了120例随机患者131个动脉瘤,手术并发症发生率为13.7%,行支架辅助栓塞并发症率更高( $P=0.002$ , OR=4.86);总体病残率和病死率为3.3%,且根据应用不同血管内治疗方式而变化显著;复发率为15.6%,且与治疗方式无关,大型动脉瘤为复发的危险因素;10例进行了再治疗(7.6%)。研究表明,支架的置入大大增加了并发症的发生概率,首先,这与



需要使用支架辅助的动脉瘤形态、位置比较复杂,技术操作困难有关;其次,支架辅助栓塞后常规使用抗血小板药物,这也增加了出血并发症的发生率。

Mortimer 等<sup>[24]</sup>对 300 例接受血管内治疗的 MCA 动脉瘤(包括 244 例破裂动脉瘤)进行了回顾性报道:技术失败率为 2.3%(13 例),完全栓塞和瘤颈残余总比例达到了 91.4%;15 例动脉瘤出现术中破裂出血(5%),17 例发生血栓栓塞(5.7%),3 例发生术后早期破裂再出血(1%);79.4%的破裂动脉瘤获得了良好的临床结局(GOS 评分,4~5 分),33 例死亡(13.6%);术后随访复发需要再治疗为 13 例(4.3%)。结果证明血管内治疗方式具有较高的技术成功率及较低的复发再治疗率,手术并发症发生率较以往研究基本持平,并认为血管内治疗可作为 MCA 动脉瘤的首选治疗方式。

Kadkhodayan 等<sup>[9]</sup>报道了应用血管内治疗方法治疗 346 例 MCA 动脉瘤的单中心 16 年的回顾性研究,术中动脉瘤破裂出血发生率为 2.6%,总体术中血栓栓塞事件发生率为 13.6%(多发生在破裂动脉瘤,27.4%, $P < 0.001$ )。30 d 随访病残率为 2.9%(破裂动脉瘤为 8.4%,未破裂 0.8%, $P < 0.001$ )。术后 6 个月造影复查动脉瘤治愈率为 91.8%。结果显示血管内治疗 MCA 动脉瘤安全有效,术后复发率明显下降,与使用辅助技术特别是球囊辅助(66.5%)关系密切。但破裂动脉瘤存在更高的无症状血栓栓塞事件发生率,与前期抗血小板治疗不规范有关。

从上述各研究的结果来看,各种栓塞材料及技术的改进提高了血管内治疗的安全性和有效性,扩大了血管内治疗的适应证。动脉瘤复发再治疗仍是目前血管内治疗面临的主要困难,而一些辅助器械特别是支架的应用可能会大大降低动脉瘤复发率,但可能会增加手术并发症的发生概率。术前术后规范的抗血小板治疗仍是保证手术安全的重要因素。

### 3 MCA 动脉瘤介入治疗与手术夹闭的比较

目前,尚无大规模的随机对照试验来对比血管内治疗与开颅手术夹闭治疗 MCA 动脉瘤的安全性及有效性,仅有几项回顾性研究可供参考。在 ISAT 研究中,对于破裂 MCA 动脉瘤的亚组分析显示,血管内治疗组相比开颅手术组获得了较差的临床结局(46/162,28.4% vs 39/139,28.1%),但差异无统计学意义<sup>[25]</sup>。Diaz 等<sup>[26]</sup>回顾了 5 年单中心的 84 例共 90 个 MCA 动脉瘤治疗经验(50 例血管内治疗,

34 例开颅夹闭),发现两种治疗方式的动脉瘤即刻闭塞结果与临床结局的差异无统计学意义,但有关再治疗率与术中并发症发生率,血管内治疗组相对开颅手术夹闭更高且差异有统计学意义。Kim 等<sup>[27]</sup>比较了接受血管内治疗的 30 例与同期开颅夹闭的 78 例 MCA 动脉瘤,结果显示二者术后即刻造影结果及并发症率相当,但对于存在开颅手术夹闭损伤豆纹动脉高危因素(如 M1 段短缩等)的患者,或许血管内栓塞治疗是更合适的选择。在另一项单中心回顾性研究中对比了栓塞与夹闭治疗复杂 MCA 动脉瘤的疗效,结果显示血管内治疗的动脉瘤完全闭塞率(46.1%)低于开颅手术夹闭(52.5%)<sup>[28]</sup>。上述回顾性研究有较大局限性,包括选择偏倚、样本量小、组间不均、单中心等,尚不能对 MCA 动脉瘤治疗方式的选择提供有效证据。但对于一些特殊的 MCA 动脉瘤,治疗方式的选择存在一定倾向性。

对于破裂出血的 MCA 动脉瘤,合并大量脑内血肿( $>50$  mL)导致严重的占位效应是开颅清除血肿进而手术夹闭的指征,而在 3.5 h 内清除血肿会大大改善患者预后<sup>[29]</sup>。但对于合并血肿量不大的破裂动脉瘤,在清除血肿前进行单纯弹簧圈栓塞保护可能更加合适。对未保护的破裂动脉瘤进行血肿清除手术会增加术中破裂再出血机会<sup>[30]</sup>。Mortimer 等<sup>[24]</sup>报道了 20 例术前 WFNS 评分在 III 分以上(14/20 为 IV 或 V 分)的破裂 MCA 动脉瘤,通过应用上述单纯弹簧圈栓塞保护后行血肿清除的治疗方式,40%的患者出院 GOS 评分达到了 4 分。

对于未破裂 MCA 动脉瘤,动脉瘤的大小、位置及形态学特征和患者的年龄及全身状况可能是选择手术方式的重要标准。对于大型复杂动脉瘤或合并患者高龄,血管内治疗也许更合适。在 ISUIA 研究中,MCA 动脉瘤占 29%,开颅手术相关病残率和病死率为 13.7%<sup>[31]</sup>。而在基于对国际疾病分类数据库的数据分析得出,2 535 例患未破裂 MCA 动脉瘤的患者接受血管内治疗的不良事件发生率更低(6.6% vs 13.2%),病死率降低(0.9% vs 2.5%),平均住院天数也更短(4.5 d vs 7.4 d)<sup>[32]</sup>。Brinjikji 等<sup>[33]</sup>基于上述数据库统计对比了 2001—2008 年各年龄组患者两种治疗方式治疗的结果,显示开颅夹闭病残率为 14%,而血管内治疗为 4.9%,且在各个年龄段差异均存在统计学意义;开颅夹闭病死率为 1.2%,相比之下血管内治疗为 0.6%,但在 $<50$  岁组差异无统计学意义。

对于约占 MCA 动脉瘤 16%的 M1 段动脉

瘤<sup>[29]</sup>,多项研究显示血管内治疗更具优势。Zhou等<sup>[34]</sup>报道了血管内治疗 29 例 M1 段动脉瘤,2 例(6.9%)出现了术中颞支或豆纹动脉闭塞,并导致 1 例出现偏瘫。在另一项纳入 61 例血管内治疗 M1 段动脉瘤的回顾性研究中,未出现手术相关并发症,仅有 1 例出现术后迟发一过性神经缺损症状,40 例(87%)获得了长期稳定的栓塞,仅 2 例(4.3%)出现复发<sup>[35]</sup>。而对于开颅手术夹闭 M1 段动脉瘤有多项报道,其中一项回顾了开颅手术夹闭 21 例患者共 25 例 M1 段动脉瘤,其中 8 例术后出现脑梗死,5 例为无症状性,1 例额支和豆纹动脉受累出现偏瘫、失语,2 例分别出现完全 MCA 供血区和后循环脑梗死<sup>[36]</sup>。

#### 4 展 望

近年来,随着神经介入器械的不断更新和辅助栓塞技术的持续发展,血管内治疗 MCA 动脉瘤的指征不断扩大,手术的安全性和疗效也在不断提高。而有关 MCA 动脉瘤最佳治疗方式的选择,目前尚无有效的研究证据支持何种治疗方式更具优势,还需要通过大规模的随机对照试验来比较血管内治疗与开颅手术夹闭的疗效。虽然对于 MCA 动脉瘤首选治疗方式仍有争议,但不可否认,血管内治疗已经成为治疗 MCA 动脉瘤的重要方法,是与开颅手术夹闭互补的、不可或缺的治疗方式。

#### [参考文献]

[1] Pierot L, Spelle L, Vitry F. Immediate clinical outcome of patients harboring unruptured intracranial aneurysms treated by endovascular approach: results of the ATENA study[J]. *Stroke*,2008,39:2497-2504.

[2] Nanda A, Ambekar S, Sharma M. Surgical management of middle cerebral artery aneurysms[J]. *J La State Med Soc*,2014,166:160-167.

[3] Regli L, Dehdashti A R, Uske A, de Tribolet N. Endovascular coiling compared with surgical clipping for the treatment of unruptured middle cerebral artery aneurysms: an update[J]. *Acta Neurochir Suppl*,2002,82:41-46.

[4] Regli L, Uske A, de Tribolet N. Endovascular coil placement compared with surgical clipping for the treatment of unruptured middle cerebral artery aneurysms: a consecutive series[J]. *J Neurosurg*,1999,90:1025-1030.

[5] Brinjikji W, Lanzino G, Cloft H J, Rabinstein A, Kallmes D F. Endovascular treatment of middle cerebral artery aneurysms: a systematic review and single-

center series[J]. *Neurosurgery*,2011,68:397-402.

[6] Kwon O K, Kim S H, Kwon B J, Kang H S, Kim J H, Oh C W, et al. Endovascular treatment of wide-necked aneurysms by using two microcatheters: techniques and outcomes in 25 patients[J]. *AJNR Am J Neuroradiol*,2005,26:894-900.

[7] Pierot L, Cognard C, Spelle L, Moret J. Safety and efficacy of balloon remodeling technique during endovascular treatment of intracranial aneurysms: critical review of the literature[J]. *AJNR Am J Neuroradiol*,2012,33:12-15.

[8] Vendrell J F, Menjot N, Costalat V, Hoa D, Moritz J, Brunel H, et al. Endovascular treatment of 174 middle cerebral artery aneurysms: clinical outcome and radiologic results at long-term follow-up[J]. *Radiology*,2009,253:191-198.

[9] Kadkhodayan Y, Delgado Almandoz J E, Fease J L, Scholz J M, Blem A M, Tran K, et al. Endovascular treatment of 346 MCA aneurysms: results of a 16-year single center experience[J]. *Neurosurgery*,2015,76:54-60.

[10] Henkes H, Bose A, Felber S, Miloslavski E, Berg-Dammer E, Kuhne D. Endovascular coil occlusion of intracranial aneurysms assisted by a novel self-expandable nitinol microstent (neuroform)[J]. *Interv Neuroradiol*,2002,8:107-119.

[11] Johnson A K, Heiferman D M, Lopes D K. Stent-assisted embolization of 100 middle cerebral artery aneurysms[J]. *J Neurosurg*,2013,118:950-955.

[12] Vendrell J F, Costalat V, Brunel H, Riquelme C, Bonafe A. Stent-assisted coiling of complex middle cerebral artery aneurysms: initial and midterm results[J]. *AJNR Am J Neuroradiol*,2011,32:259-263.

[13] Iijima A, Piotin M, Mounayer C, Spelle L, Weill A, Moret J. Endovascular treatment with coils of 149 middle cerebral artery berry aneurysms[J]. *Radiology*,2005,237:611-619.

[14] Piotin M, Blanc R, Spelle L, Mounayer C, Piantino R, Schmidt P J, et al. Stent-assisted coiling of intracranial aneurysms: clinical and angiographic results in 216 consecutive aneurysms[J]. *Stroke*,2010,41:110-115.

[15] Chalouhi N, Jabbour P, Singhal S, Drueding R, Starke R M, Dalyai R T, et al. Stent-assisted coiling of intracranial aneurysms: predictors of complications, recanalization, and outcome in 508 cases[J]. *Stroke*,2013,44:1348-1353.

[16] Zhou Y, Yang P F, Li Q, Zhao R, Fang Y B, Xu Y, et al. Stent placement for complex middle cerebral artery aneurysms[J]. *J Stroke Cerebrovasc Dis*,2014,

- 23;1447-1456.
- [17] Cho Y D, Kang H S, Kim J E, Son Y J, Lee J Y, Lee S J, et al. Microcatheter looping technique for coil embolization of complex configuration middle cerebral artery aneurysms[J]. *Neurosurgery*,2012,71:1185-1191.
- [18] Nelson P K, Lylyk P, Szikora I, Wetzel S G, Wanke I, Fiorella D. The pipeline embolization device for the intracranial treatment of aneurysms trial[J]. *AJNR Am J Neuroradiol*,2011,32:34-40.
- [19] Wong G K, Kwan M C, Ng R Y, Yu S C, Poon W S. Flow diverters for treatment of intracranial aneurysms: current status and ongoing clinical trials[J]. *J Clin Neurosci*,2011,18:737-740.
- [20] Yavuz K, Geyik S, Cekirge S, Saatci I. Double stent-assisted coil embolization treatment for bifurcation aneurysms: immediate treatment results and long-term angiographic outcome[J]. *AJNR Am J Neuroradiol*, 2013,34:1778-1784.
- [21] Pierot L, Klisch J, Cognard C, Szikora I, Mine B, Kadziolka K, et al. Endovascular WEB flow disruption in middle cerebral artery aneurysms: preliminary feasibility, clinical, and anatomical results in a multicenter study[J]. *Neurosurgery*,2013,73:27-35.
- [22] Aguilar-Perez M, Kurre W, Fischer S, Bazner H, Henkes H. Coil occlusion of wide-neck bifurcation aneurysms assisted by a novel intra- to extra-aneurysmatic neck-bridging device (pCONus): initial experience [J]. *AJNR Am J Neuroradiol*,2014,35:965-971.
- [23] Gory B, Rouchaud A, Saleme S, Dalmay F, Riva R, Caire F, et al. Endovascular treatment of middle cerebral artery aneurysms for 120 nonselected patients: a prospective cohort study[J]. *AJNR Am J Neuroradiol*, 2014,35: 715-720.
- [24] Mortimer A M, Bradley M D, Mews P, Molyneux A J, Renowden S A. Endovascular treatment of 300 consecutive middle cerebral artery aneurysms: clinical and radiologic outcomes [J]. *AJNR Am J Neuroradiol*, 2014,35:706-714.
- [25] Molyneux A J, Kerr R S, Yu L M, Clarke M, Sneade M, Yarnold J A, 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.
- [26] Diaz O M, Rangel-Castilla L, Barber S, Mayo R C, Klucznik R, Zhang Y J. Middle cerebral artery aneurysms: a single-center series comparing endovascular and surgical treatment[J]. *World Neurosurg*,2014,81: 322-329.
- [27] Kim K H, Cha K C, Kim J S, Hong S C. Endovascular coiling of middle cerebral artery aneurysms as an alternative to surgical clipping [J]. *J Clin Neurosci*, 2013,20:520-522.
- [28] Guresir E, Schuss P, Berkefeld J, Vatter H, Seifert V. Treatment results for complex middle cerebral artery aneurysms. A prospective single-center series[J]. *Acta Neurochir (Wien)*,2011,153:1247-1252.
- [29] Rinne J, Hernesniemi J, Niskanen M, Vapalahti M. Analysis of 561 patients with 690 middle cerebral artery aneurysms: anatomic and clinical features as correlated to management outcome[J]. *Neurosurgery*,1996, 38:2-11.
- [30] Houkin K, Kuroda S, Takahashi A, Takikawa S, Ishikawa T, Yoshimoto T, et al. Intra-operative premature rupture of the cerebral aneurysms. Analysis of the causes and management[J]. *Acta Neurochir (Wien)*, 1999,141:1255-1263.
- [31] Wiebers D O, Whisnant J P, Huston J 3<sup>rd</sup>, Meissner I, Brown R D Jr, Piegras D G, et al. Unruptured intracranial aneurysms: natural history, clinical outcome, and risks of surgical and endovascular treatment [J]. *Lancet*,2003,362:103-110.
- [32] Higashida R T, Lahue B J, Torbey M T, Hopkins L N, Leip E, Hanley D F. Treatment of unruptured intracranial aneurysms: a nationwide assessment of effectiveness[J]. *AJNR Am J Neuroradiol*,2007,28:146-151.
- [33] Brinjikji W, Rabinstein A A, Lanzino G, Kallmes D F, Cloft H J. Effect of age on outcomes of treatment of unruptured cerebral aneurysms: a study of the National Inpatient Sample 2001-2008[J]. *Stroke*,2011,42:1320-1324.
- [34] Zhou Y, Yang P F, Fang Y B, Xu Y, Hong B, Zhao W Y, et al. Endovascular treatment for saccular aneurysms of the proximal (M1) segment of the middle cerebral artery [J]. *Acta Neurochir (Wien)*, 2012, 154: 1835-1843.
- [35] Cho Y D, Lee W J, Kim K M, Kang H S, Kim J E, Han M H. Endovascular coil embolization of middle cerebral artery aneurysms of the proximal (M1) segment[J]. *Neuroradiology*,2013,55:1097-1102.
- [36] Park D H, Kang S H, Lee J B, Lim D J, Kwon T H, Chung Y G, et al. Angiographic features, surgical management and outcomes of proximal middle cerebral artery aneurysms [J]. *Clin Neurol Neurosurg*, 2008, 110:544-551.