

# 球囊辅助弹簧圈在血管内栓塞颅内动脉瘤中的应用和中长期随访

张 锋, 王 武, 顾斌贤, 李明华

**【摘要】 目的** 探讨球囊辅助弹簧圈栓塞(balloon-assisted coiling embolization, BACE)颅内动脉瘤的应用价值和中长期随访结果。**方法** 回顾性分析 2006 年至 2011 年 48 例使用新一代 BACE 治疗的颅内动脉瘤患者,其中 38 例破裂出血。42 例宽颈动脉瘤,7 例瘤颈  $> 4$  mm,37 例体颈比  $\leq 1.5$ ,16 例最大径为 5 ~ 7 mm,25 例 3 ~ 5 mm,7 例小于 3 mm。术后 3、12、24 个月复查脑血管造影。**结果** BACE 成功栓塞颅内动脉瘤 44 例,其余 4 例使用了支架;完全栓塞 39 例,次全栓塞 9 例,术后 48 h 内 2 例出现缺血事件,随访发现 3 例无症状性脑梗死。43 例至少造影随访 1 次,36 例造影随访超过 24 个月,完全栓塞病例中无一例再通,次全栓塞 9 例中 2 例稳定,2 例进行性血栓形成,5 例再通,其中 3 例进行了支架辅助下弹簧圈栓塞。无再出血病例。**结论** BACE 治疗最大径小于 7 mm 的颅内动脉瘤有效、安全,但宽颈动脉瘤有时需要支架辅助弹簧圈栓塞。

**【关键词】** 颅内动脉瘤;球囊辅助弹簧圈栓塞;血管内治疗;支架

中图分类号:R743.4 文献标志码:A 文章编号:1008-794X(2011)-12-0925-06

**The balloon-assisted coiling embolization in performing endovascular treatment of intracranial aneurysms: its clinical application and mid-to-long term effectiveness** ZHANG Feng, WANG Wu, GU Bin-xian, LI Ming-hua. Department of Radiology, Fire Control General Hospital of People's Armed Police, Shanghai 200443, China

Corresponding author: WANG Wu

**【Abstract】 Objective** To discuss the application of balloon-assisted coiling embolization (BACE) in performing endovascular treatment of intracranial aneurysms and to analyze its mid-to-long term effectiveness. **Methods** A total of 48 patients with intracranial aneurysms, encountered in the hospital during the period from 2006 to 2011, were enrolled in this study. Most up-to-date BACE technique was employed in performing endovascular treatment of intracranial aneurysms in all the patients. Of the total 48 cases, acute subarachnoid hemorrhage was found in 38. Of the total 48 patients, wide-neck aneurysm was seen in 42, neck size  $> 4$  mm in 7, dome-to-neck ratio  $\leq 1.5$  in 37. The maximum dimension of the aneurysm was 5 - 7 mm in 16 cases, 3 - 5 mm in 25 cases and  $< 3$  mm in 7 cases. Cerebral angiography re-examination was carried out at 3, 12 and 24 months after the treatment. The results were analyzed. **Results** BACE was successfully accomplished in 44 cases, and neuroform stent-assisted coiling embolization was adopted in the remaining 4 cases. Complete occlusion of the aneurysm was obtained in 39 cases, and subtotal occlusion of the aneurysm in 9 cases. Two patients developed ischemic events within 48 hours after the procedure. During the follow-up period, asymptomatic cerebral infarction was detected in 3 patients. At least one angiographic reexamination was carried out in 43 patients. Thirty-six patients were followed up for over 24 months. No re-canalized aneurysm was seen in the 39 patients whose aneurysms had been completely obstructed. Of the nine patients whose aneurysms had been sub-totally occluded, stable condition was seen in 2, progressive thrombosis in 2 and reopen of the aneurysms in 5, among them neuroform stent-assisted coiling embolization had to be employed in 3. No re-bleeding occurred in all cases. **Conclusion** For the intracranial aneurysms with the maximum dimension  $< 7$  mm, BACE is an effective and safe treatment, but sometimes neuroform stent-assisted coiling embolization may be needed for the wide-necked

作者单位:200443 上海 武警上海市消防总队医院放射科(张 锋);上海交通大学附属第六人民医院介入影像科(王 武、顾斌贤、李明华)  
通信作者:王 武

aneurysms. (J Intervent Radiol, 2011, 20: 925-930)

**【Key words】** balloon-assisted coiling embolization; intracranial aneurysm; coil; endovascular treatment; stent

血管内弹簧圈栓塞已成为颅内动脉瘤首选治疗方法,可以降低早期再出血率、病残率和病死率,其有效性已得到公认<sup>[1-2]</sup>,但宽颈动脉瘤一直是血管内栓塞治疗的难题<sup>[3-5]</sup>。随着介入治疗材料和技术的发展,复杂弹簧圈、液体胶、双导管、球囊和支架辅助技术在很大程度上克服了这一困难<sup>[5-10]</sup>,自从 1997 年 Moret 等<sup>[11-12]</sup>首次大样本报道球囊辅助技术以来,许多文献报道球囊辅助弹簧圈栓塞(balloon-assisted coiling embolization, BACE)颅内宽颈和不规则瘤颈的动脉瘤有效,而且与单纯性弹簧圈栓塞并发的缺血事件差异无统计学意义<sup>[13-16]</sup>。随着新一代高顺应性球囊的出现,在越来越多的情况下可使用 BACE,甚至在一些中心已成为常规<sup>[15-21]</sup>,本文就上海交通大学附属第六人民医院放射科使用新一代球囊 BACE 治疗颅内动脉瘤的经验总结如下。

## 1 材料与方法

### 1.1 一般资料

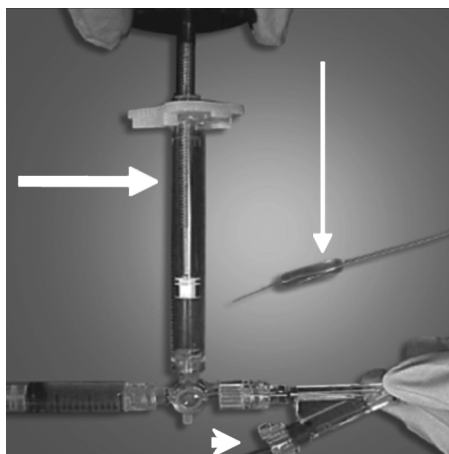
收集我科 2006 年至 2011 年颅内动脉瘤患者 48 例,其中男 13 例,女 35 例,年龄 33 ~ 78 岁,中位年龄 58 岁,均使用新一代高顺应性球囊(HyperForm/HyperGlide)BACE 治疗,48 例中 38 例破裂出血。

### 1.2 方法

**1.2.1 脑血管造影<sup>[2]</sup>** 全麻下单侧腹股沟股动脉穿刺置 6 F 血管鞘,行脑血管造影后引入 6 F 导引导管(90 cm, Cordis)于病变侧颈内动脉或椎动脉(椎体 C2 段水平),同时实施全身肝素化,静脉团注首次剂量 4 000 ~ 5 000 u,三维(3D)旋转造影选择最佳工作角度,再测量动脉瘤的最大径、瘤颈、前后径和上下径,计算体颈比(瘤体最大径/瘤颈)。

**1.2.2 治疗过程<sup>[2]</sup>** 对所有病例使用新一代高顺应性球囊,包括 HyperForm(4 mm × 7 mm)和 HyperGlide(4 mm × 15/20 mm)球囊系统(EV3-MT1, Irvine, Calif),专用 X-pedion 亲水微导丝(0.010 英寸)封堵单腔球囊侧孔,导丝头端超过球囊 10 cm,推荐使用螺口 1 ml 的注射器(Micro Therapeutics Inc)缓慢注射 1:1 的对比剂-生理盐水溶液充盈球囊(图 1)。前者应用于分叉部或瘤颈存在分支的动脉瘤,后者用于颈内动脉和椎基底动脉的侧壁宽颈动脉瘤(图 2),

球囊充盈时间不超过 3 min。使用的弹簧圈有 GDC 系列(Boston Scientific, Natick, Mass)、MicroPlex 和 Hydrocoil 系列(MicroVention, Aliso Viejo, Calif)、Nexus 和 Axium 系列(ev3, Irvine, Calif)、Orbit 系列(Cardis, Miami Lakes, FL);支架有 Neuroform2 和 3 (Boston Scientific)。应用球囊的纳入标准:①最大径 ≤ 7 mm 的宽颈动脉瘤(瘤颈 > 4 mm 或体颈比 ≤ 1.5);②微导管头置管不稳定;③瘤颈存在分支血管;④出血量较大,术后需要脑室引流或去骨瓣减压术及对植入支架有禁忌;⑤术中破裂可能性大的动脉瘤,尤其是最大径 ≤ 3 mm 的微小动脉瘤。排除标准为瘤颈是最大径的动脉瘤。



长箭示部分充盈的球囊,呈椭圆形;短粗箭示 Y 阀和 X-pedion 亲水微导丝;长粗箭示连接于三通的 1 ml 螺口注射器,操作时去除普通注射器

图 1 HyperGlide 球囊体外排气操作示意图

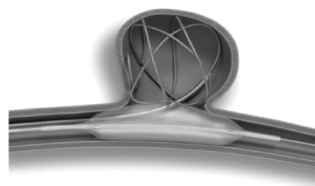


图 2 HyperGlide 球囊辅助弹簧圈栓塞示意图

所有体颈比 ≤ 1.5 的宽颈动脉瘤首先引入球囊导管,球囊部分或完全覆盖动脉瘤瘤颈,再引入填塞弹簧圈的微导管(Enchclone-10, EV3-MT1; Excelsior SL-10, Boston Scientific),头端于动脉瘤瘤腔中外 1/3 处,操作如遇困难,则后撤球囊导管,根据动脉瘤大小选择合适成篮的 3D 弹簧圈,首先不充盈球囊填塞弹簧圈,利用增加的微导管支撑力调

整弹簧圈成篮,若存在弹簧圈突出到载瘤动脉或微导管头端不稳定,则缓慢部分或完全充盈球囊(旋转螺口注射器 1 圈相当于 0.02 ml),每个弹簧圈的填塞时间少于 2 min,然后打开三通自然缓慢松懈球囊观察 2~3 min,确定弹簧圈的稳定性,在球囊充盈状态下解脱弹簧圈。所有球囊充盈和松懈均在路径图下进行,确保解脱前弹簧圈无移位,必要时更换弹簧圈,球囊完全充盈一定要保留动脉瘤的流出道通畅,遇到微导管头紧贴瘤壁,这时需要部分松懈球囊降低瘤内压;继续放置弹簧圈重复前述操作过程,直到动脉瘤完全不显影或无法继续填塞弹簧圈。若存在动脉瘤瘤颈弹簧圈突出,观察 30 min,至少 2 个角度造影,只要载瘤动脉血流改变或弹簧圈形态改变,则更换弹簧圈或立即植入支架<sup>[22-23]</sup>。

### 1.3 围手术期处理

术后复查头颅 CT 后开始口服阿司匹林 100 mg,至少连续 4 周;植入支架处理同以前的报道<sup>[22-23]</sup>。术后 3、7 和 14 d 评价临床症状<sup>[2]</sup>,出院前至少行 1 次头颅 CT 检查。

### 1.4 随访

出院后 3、12 和 24 个月常规复查脑血管造影,评价弹簧圈栓塞疗效和头颅 CT 评价有无再出血和

梗死灶。门诊或电话随访临床体征。

## 2 结果

本组动脉瘤大小、瘤颈、体颈比和分布见表 1 (颈内动脉分布为 C5~7 段;前交通分布为 A1、2 交界处和前交通动脉;大脑中动脉分布为 M1 段和分叉部;椎基底动脉分布为椎动脉颅内段和基底动脉主干及顶端),其中合并其他部位动脉瘤 5 例(3 例同期进行治疗,没有使用 BACE)。BACE 技术成功率为 100%,治疗成功率为 91.7%(44/48)。37 例动脉瘤首先引入球囊导管,其余 11 例在弹簧圈填塞过程中引入球囊导管,其中微导管头不稳定 5 例,弹簧圈成篮困难 3 例,保护分支血管 3 例,防止血管痉挛 2 例,更加致密填塞 2 例。28 例使用 Hyperform 球囊导管系统(图 3),其余 20 例使用 HyperGlide 球囊导管系统。

表 1 颅内动脉瘤的大小、瘤颈、体颈比和部位分布 (例)

部位	动脉瘤最大径(mm)			体颈比		瘤颈(mm)	
	≤3	3~5	5~7	≤1.5	>1.5	≤4	>4
颈内脉(19例)	0	10	9	14	5	15	4
前交通动脉(16例)	5	9	2	13	3	15	1
大脑中动脉(7例)	2	3	2	6	1	6	1
椎基底动脉(6例)	0	3	3	4	2	5	1



3a 3D-DSA 示前交通动脉瘤



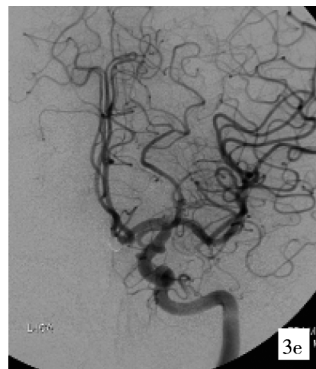
3b 工作角度,动脉瘤大小约 4.2 mm × 5.0 mm × 3.8 mm



3c 球囊部分充盈下弹簧圈栓塞



3d 栓塞术后即刻造影示动脉瘤完全不显影



3e、3f 术后 12 个月复查脑血管造影正位和工作角度,动脉瘤完全闭塞,载瘤动脉通畅



图 3 蛛网膜下腔出血血管造影和 3D-DSA 图



## 2.1 术后即刻结果

完全充盈球囊 10 例, 部分充盈球囊 30 例, 未充盈球囊 8 例, 完全栓塞 35 例, 次全栓塞 9 例, 4 例术中使用了支架达到完全栓塞, 其中 1 例 ICA 血流受阻, 1 例弹簧圈移位, 2 例仍无法完全栓塞动脉瘤, 瘤颈填塞时弹簧圈突出到载瘤动脉。术中无一例发生再出血事件, 术中造影无一例出现血栓形成或血管缺失, 术后 48 h 内 2 例出现缺血事件, 1 例短暂性脑缺血发作, 1 例症状性脑梗死, 5 例因出血量较大或其他合并症死亡。

## 2.2 中长期随访结果

生存的 43 例至少随访造影 1 次, 术后 3 个月随访 35 例, 6 个月随访 16 例, 12 个月随访 40 例。36 例随访造影超过 24 个月, 并至少随访造影 2 次。完全栓塞病例中无一例再通, 次全栓塞 9 例中 2 例稳定, 2 例进行性血栓形成, 5 例再通, 该 5 例中 3 例分别在第 1 次治疗后 6 个月和 12 个月进行了支架辅助下弹簧圈栓塞。随访过程中无再出血病例。6 个月随访时发现 3 例无症状性脑梗死, 其中 1 例分布于动脉瘤的载瘤动脉供血区, 另 2 例与动脉瘤的载瘤动脉供血区无关。

## 3 讨论

宽颈或不规则瘤颈动脉瘤一直是血管内弹簧圈栓塞治疗的难题, 由于瘤颈和载瘤动脉关系复杂, 单纯弹簧圈栓塞可能出现弹簧圈突出和移位, 从而无法完全填塞瘤颈, 导致栓塞率远低于非宽颈动脉瘤<sup>[3-4,6,24]</sup>。自 Moret 等<sup>[11-12]</sup>首次报道 BACE 以来, 许多学者致力于宽颈动脉瘤的血管内球囊辅助治疗的研究和探索, 并且取得了一定的疗效和技术进展<sup>[9,13-21,25-32]</sup>。随着新一代高顺应性球囊的出现, 其柔顺性和可控性更好, 应用越来越广泛, 除重塑瘤颈外, 还体现在以下方面: ①改善微导管头的稳定性; ②有效控制载瘤动脉血流; ③更加致密填塞动脉瘤; ④保护动脉瘤破裂出血; ⑤帮助微导管和支架导向; ⑥保护分支血管; ⑦防止血管痉挛, 总之不再局限于宽颈或不合适体/颈比的动脉瘤, 一些中心已经列为常规操作<sup>[15-16,18,20]</sup>。在本组, 使用 BACE 成功栓塞 91.7% 的颅内动脉瘤。但是 BACE 仍然面临以下问题有待解决: 是否增加缺血事件, 弹簧圈是否长期稳定和动脉瘤是否复发。

理论上, 血管内增加了一根球囊导管就增加了缺血事件的概率。以往使用的非顺应性球囊存在技术操作的难度, 技术失败率高达 11%; 使用超过 6 F

的导引导管, 血管扭曲可能无法通过, 存在球囊破裂和损伤血管的风险, 而且往往应用于宽颈动脉瘤, 后者又是缺血事件的独立因素。Pelz 等<sup>[24]</sup>报道超过 50% 的缺血事件见于宽颈动脉瘤, 因此可能增加了缺血事件的发生率<sup>[6,30-32]</sup>, 尤其是 Sluzewski 等<sup>[30]</sup>报道球囊辅助技术的缺血事件高达 9.9%, 而单纯性弹簧圈仅为 2.2% ( $P < 0.000 1$ )。更有学者报道 1999 年到 2001 年间使用 MRI 弥散加权图像评价 79 例无症状性颅内动脉瘤血管内治疗的缺血事件, 其中 49% 的动脉瘤使用 BACE, 缺血事件高达 73%, 单纯弹簧圈栓塞为 50%<sup>[33]</sup>, 但 Albayram 等<sup>[34]</sup>认为并不明显增加缺血事件, 其原因是多因素的, 与微导管和弹簧圈的反复操作相关, 但 2 项报道同时指出与动脉瘤瘤颈和大小密切相关, 宽颈动脉瘤和大动脉瘤的缺血事件可高达 100%。Derdeyn 等<sup>[35]</sup>报道并没有发现 BACE 和弹簧圈团块与载瘤动脉的血栓形成有密切关系 ( $P = 0.18$ )。本组 3 例无症状性脑梗死中仅 1 例与动脉瘤所在的载瘤动脉供血区相关, 其余 2 例均无关。

新一代高顺应性球囊能很好克服以往的缺点, 更能顺应血管结构, 低压低张充盈, 适应血管形态, 有效降低不良事件的发生。回顾文献, 近来有报道表明新一代球囊 BACE 颅内动脉瘤的缺血事件并发病与单纯性弹簧圈的缺血事件差异无统计学意义。Layton 等<sup>[13]</sup>报道 3 年间共计 221 例动脉瘤, 33% 的病例使用球囊辅助技术, 他们认为球囊辅助技术并未增加缺血事件, 但是宽颈动脉瘤的缺血事件增加。Lubicz 等<sup>[15]</sup>报道 4 年间对 25.8% 的患者使用球囊辅助弹簧圈技术, 其缺血事件发生率为 3.8%, 而单纯性弹簧圈栓塞的缺血事件为 4.6%, 两者间差异无统计学意义。回顾 9 项报道, 合计球囊辅助技术的致残率和致死率分别为 0% 和 7%。最近, Pierot 等<sup>[16]</sup>比较最大样本未破裂动脉瘤使用球囊辅助技术 (222 例) 和单纯性弹簧圈裸栓 (325 例) 的结果, 显示缺血事件、术中破裂和其他不良事件分别为 5.4% 比 6.2%、3.2% 比 2.2% 和 3.2% 比 2.5%, 其致残率和致死率分别为 2.3% 比 2.2% 和 1.4% 比 0.9%, 两者间差异无统计学意义。Ross 等<sup>[18]</sup>报道 66.7% 的颅内动脉瘤常规使用新一代高顺应性球囊辅助技术, 其弹簧圈填塞率达到 35.7%, 无一例发生缺血事件。Mu 等<sup>[19]</sup>报道 42 例使用 HyperForm 球囊治疗宽颈动脉瘤, 技术成功率达 95.2%, 其余 2 例使用支架辅助技术, 术中 1 例破裂出血, 无缺血事件。而 Ihn 等<sup>[10]</sup>主张球囊和支架辅助弹簧圈栓塞前可以选择性尝试

微导管辅助技术,但并不总是有效,其成功率仅为 52.6%,其余病例仍需球囊辅助进行栓塞,这样延长了手术时间,间接增加了风险。本组 8 例在弹簧圈栓塞过程中没有充盈球囊,类似于微导管和微导丝辅助技术。过度充盈球囊可导致动脉瘤破裂或载瘤动脉损伤出血<sup>[13,15-16,18]</sup>,我们使用 1ml 螺口注射器缓慢充盈球囊可降低这一事件。2008 年 Shapiro 等<sup>[14]</sup>文献复习发现不使用球囊辅助和使用球囊辅助的缺血事件分别为 7.9%比 10.5%,两者间差异无统计学意义。总之,大多数学者认为 BACE 并不增加弹簧圈栓塞治疗颅内宽颈动脉瘤的缺血事件,本组结果进一步证实了这一观点,但是围手术期需要使用抗血小板聚集药物治疗。

弹簧圈移位或突出到载瘤动脉,延迟性移位常见于个案报道<sup>[6]</sup>,本组存在 1 例弹簧圈突出到载瘤动脉,使用支架后改善了载瘤动脉血流。虽然球囊的应用越来越广泛,而且 Gil 等<sup>[21]</sup>使用球囊辅助微导管囊外弹簧圈填塞 4 例小于 2 mm 的前交通动脉瘤,Fiorela 等<sup>[29]</sup>在支架内使用球囊辅助弹簧圈栓塞超宽颈的颅内梭形动脉瘤,并重建载瘤动脉,但回顾文献,球囊栓塞的长期结果仍不确定,而且与动脉瘤的稳定性无相关性,仍需进一步研究和观察。

我们的体会有以下几点:充分肝素化,尽可能部分充盈球囊,避免完全阻断载瘤动脉血流;球囊部分覆盖瘤颈,保留动脉瘤的流出道;微导管头端存在一定的活动空间,缩短球囊的充盈时间,小于 3 min;尽量减少反复充盈球囊和微导管头、弹簧圈调整位置;微导管头端进入动脉瘤不超过 1/2;选择柔软的合适大小的 3D 或者复杂弹簧圈,弹簧圈的选择宁小勿大,宁长勿短;第 1 枚弹簧圈是关键,必须有效地重建瘤颈;缓慢充盈球囊和自然抽吸球囊,配合使用三通和螺口注射器,先撤微导管,再松懈球囊后回收球囊导管,必要时引入支架辅助避免弹簧圈危急事件<sup>[6,19,23,34]</sup>。

#### [参 考 文 献]

- [1] 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.
- [2] Li MH, Gao BL, Fang C, et al. Angiographic follow-up of cerebral aneurysms treated with Guglielmi detachable coils: an analysis of 162 cases with 173 aneurysms[J]. *AJNR*, 2006, 27: 1107 - 1112.
- [3] Fernandez Zubillaga A, Guglielmi G, Viñuela F, et al. Endovascular occlusion of intracranial aneurysms with electrically detachable coils: correlation of aneurysm neck size and treatment results[J]. *AJNR*, 1994, 15: 815 - 820.
- [4] Hope JK, Byrne JV, Molyneux AJ. Factors influencing successful angiographic occlusion of aneurysms treated by coil embolization [J]. *AJNR*, 1999, 20: 391 - 399.
- [5] Baxter BW, Rosso D, Lownie SP. Double microcatheter technique for detachable coil treatment of large, wide-necked intracranial aneurysms[J]. *AJNR*, 1998, 19: 1176 - 1178.
- [6] Malek AM, Halbach VV, Phatouros CC, et al. Balloon-assist technique for endovascular coil embolization of geometrically difficult intracranial aneurysms[J]. *Neurosurgery*, 2000, 46: 1397 - 1406.
- [7] Vallée JN, Pierot L, Bonafé A, et al. Endovascular treatment of intracranial wide-necked aneurysms using three-dimensional coils: predictors of immediate anatomic and clinical results[J]. *AJNR*, 2004, 25: 298 - 306.
- [8] Weber W, Siekmann R, Kis B, et al. Treatment and follow-up of 22 unruptured wide-necked intracranial aneurysms of the internal carotid artery with Onyx HD 500[J]. *AJNR*, 2005, 26: 1909 - 1915.
- [9] Cekirge SH, Yavuz K, Geyik S, et al. HyperForm balloon-assisted endovascular neck bypass technique to perform balloon or stent-assisted treatment of cerebral aneurysms [J]. *AJNR*, 2007, 28: 1388 - 1390.
- [10] Ihn YK, Kim DI, Kim BS, et al. Utility of catheter-assisted Guglielmi detachable coiling in the treatment of wide-necked aneurysms [J]. *Acta Neurochir (Wien)*, 2006, 148: 1045 - 1052.
- [11] Moret J, Cognard C, Weill A, et al. Reconstruction technic in the treatment of wide-neck intracranial aneurysms. Long-term angiographic and clinical results. Apropos of 56 cases [J]. *J Neuroradiol*, 1997, 24: 30 - 44.
- [12] Moret J, Cognard C, Weill A, et al. The "remodelling technique" in the treatment of wide neck intracranial aneurysms. angiographic results and clinical follow-up in 56 cases[J]. *Interv Neuroradiol*, 1997, 3: 21 - 35.
- [13] Layton KF, Cloft HJ, Gray LA, et al. Balloon-assisted coiling of intracranial aneurysms: evaluation of local thrombus formation and symptomatic thromboembolic complications [J]. *AJNR*, 2007, 28: 1172 - 1175.
- [14] Shapiro M, Babb J, Becske T, et al. Safety and efficacy of adjunctive balloon remodeling during endovascular treatment of intracranial aneurysms: a literature review [J]. *AJNR*, 2008, 29: 1777 - 1781.
- [15] Lubicz B, Lefranc F, Bruneau M, et al. Balloon-assisted coiling of intracranial aneurysms is not associated with a higher complication rate[J]. *Neuroradiology*, 2008, 50: 769 - 776.
- [16] Pierot L, Spelle L, Leclerc X, et al. Endovascular treatment of unruptured intracranial aneurysms: comparison of safety of remodeling technique and standard treatment with coils [J].

- Radiology, 2009, 251: 846 - 855.
- [17] Baldi S, Mounayer C, Pötin 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.
  - [18] Ross IB, Dhillon GS. Balloon assistance as a routine adjunct to the endovascular treatment of cerebral aneurysms [J]. Surg Neurol, 2006, 66: 593 - 601; discussion 601.
  - [19] Mu SQ, Yang XJ, Li YX, et al. Endovascular treatment of wide-necked intracranial aneurysms using of "remodeling technique" with the HyperForm balloon [J]. Chin Med J (Engl), 2008, 121: 725 - 729.
  - [20] Lubicz B, Lefranc F, Levivier M, et al. Endovascular treatment of intracranial aneurysms with a branch arising from the sac [J]. AJNR, 2006, 27: 142 - 147.
  - [21] Gil A, Vega P, Murias E, et al. Balloon-assisted extrasaccular coil embolization technique for the treatment of very small cerebral aneurysms[J]. J Neurosurg, 2010, 112: 585 - 588.
  - [22] 王 武, 李明华, 杜倬婴, 等. Neuroform3 支架在急诊血管内栓塞破裂性颅内宽颈动脉瘤中的应用[J]. 介入放射学杂志, 2009, 18: 4 - 10.
  - [23] 顾斌贤, 李明华, 王 武. 弹簧圈血管内栓塞颅内动脉瘤危急事件中支架的应用[J]. 介入放射学杂志, 2011, 20: 93 - 96.
  - [24] Pelz DM, Lownie SP, Fox AJ. Thromboembolic events associated with the treatment of cerebral aneurysms with Guglielmi detachable coils[J]. AJNR, 1998, 19: 1541-1547.
  - [25] Arat A, Cil B. Double-balloon remodeling of wide-necked aneurysms distal to the circle of Willis[J]. AJNR, 2005, 26: 1768 - 1771.
  - [26] Shima H, Nomura M, Muramatsu N, et al. Embolization of a wide-necked basilar bifurcation aneurysm by double-balloon remodeling using HyperForm compliant balloon catheters [J]. J Clin Neurosci, 2009, 16: 560 - 562.
  - [27] Kelly ME, Gonugunta V, Woo HH, et al. Double-balloon trapping technique for embolization of a large wide-necked superior cerebellar artery aneurysm: case report [J]. Neurosurgery, 2008, 63: 291 - 292.
  - [28] Wolfe SQ, Farhat H, Moftakhar R, et al. Intraaneurysmal balloon assistance for navigation across a wide-necked aneurysm [J]. J Neurosurg, 2010, 112: 1222 - 1226.
  - [29] Fiorella D, Albuquerque FC, Masaryk TJ, et al. Balloon-in-stent technique for the constructive endovascular treatment of "ultra-wide necked" circumferential aneurysms [J]. Neurosurgery, 2005, 57: 1218 - 1227.
  - [30] Sluzewski M, van Rooij WJ, Beute GN, et al. Balloon-assisted coil embolization of intracranial aneurysms: incidence, complications, and angiography results[J]. J Neurosurg, 2006, 105: 396 - 399.
  - [31] Cottier JP, Pasco A, Gallas S, et al. Utility of balloon-assisted Guglielmi detachable coiling in the treatment of 49 cerebral aneurysms: a retrospective, multicenter study[J]. AJNR, 2001, 22: 345 - 351.
  - [32] Nelson PK, Levy DI. Balloon-assisted coil embolization of wide-necked aneurysms of the internal carotid artery: medium-term angiographic and clinical follow-up in 22 patients [J]. AJNR, 2001, 22: 19 - 26.
  - [33] Albayram S, Selcuk D. Thromboembolic events associated with Guglielmi detachable coil embolization of asymptomatic cerebral aneurysms: evaluation of 66 consecutive cases with use of diffusion-weighted Mr imaging[J]. AJNR, 2004, 25: 159 - 160.
  - [34] Albayram S, Selcuk H, Kara B, et al. Thromboembolic events associated with balloon-assisted coil embolization: evaluation with diffusion-weighted Mr imaging[J]. AJNR, 2004, 25: 1768 - 1777.
  - [35] Derdeyn CP, Cross DT 3rd, Moran CJ, et al. Postprocedure ischemic events after treatment of intracranial aneurysms with Guglielmi detachable coils[J]. J Neurosurg, 2002, 96: 837 - 843.

(收稿日期:2011-05-28)