

·综述 General review·

颅内未破动脉瘤的研究进展

张隆辉, 高 天, 张士永, 汪 晶, 白志峰, 周明月

【摘要】 未破裂颅内动脉瘤(UIA)是指没有破裂史或者与以前出血没有关系的颅内动脉瘤,包括偶然发现的动脉瘤和多发动脉瘤中未破裂的动脉瘤。UIA 不管是自然破裂还是手术处理,均存在较大风险。目前,随着影像技术(特别是无创性影像技术)的发展和健康查体意识的提高,越来越多的 UIA 被发现,选择保守观察还是手术处理,对于患者本身、神经内外科、介入科、影像科医师,都是一个非常棘手的问题。本文将对近年来国内外专家学者在该领域的研究成果进行综述。

【关键词】 颅内未破裂动脉瘤;开颅夹闭;介入治疗

中图分类号:R743 文献标志码:A 文章编号:1008-794X(2016)-09-0829-05

Recent progress in the research of unruptured intracranial aneurysms ZHANG Long-hui, GAO Tian, ZHANG Shi-yong, WANG Jing, BAI Zhi-feng, ZHOU Ming-yue. Department of Neurointervention, Youanmen Hospital, Fengtai, Beijing 100069, China

Corresponding author: ZHANG Long-hui, E-mail: 15110233371@163.com

【Abstract】 Unruptured intracranial aneurysm (UIA) refers to such type of UIA that has not yet ruptured or has no relation with a previous hemorrhage, including the incidentally discovered aneurysm and the unruptured aneurysm coexisting in multiple aneurysms. All UIAs carry high risks regardless of whether they are natural ruptured or they are treated with surgery. At present, with the development of imaging technology (especially the development of non-invasive imaging techniques) as well as the improvement of the public consciousness for health screening, more and more UIAs are discovered in clinical practice. Therefore, it is undoubtedly true that to determine whether to adopt conservative observation or to make surgical treatment for UIA is a very difficult clinical issue for the patients themselves as well as for the physicians who are engaged in neurology, in neurosurgery, in interventional radiology or in medical imaging. This article aims to make a comprehensive review to introduce the recent research achievements contributed by experts and scholars at both at home and abroad in this field. (J Intervent Radiol, 2016, 25: 829-833)

【Key words】 unruptured intracranial aneurysm; surgical clipping; interventional treatment

1 颅内未破裂动脉瘤(UIA)背景

UIA 在人群中发现率较高,在全球范围内 50 岁人群中发现率平均约为 3.2% (1.9%~5.2% 为 95% 可信区间),国外其他报道发生率也集中在 1%~6%^[1-2]。近年来随着高分辨磁共振成像(HR-MRI)的普及,UIA 发现率呈逐年升高的趋势。大部分 UIA 终生都不会破裂,其破裂率为 0.25%~0.5% (1/400~1/200)^[3-4]。UIA 一旦破裂,致残率和致死率极高,蛛网膜下腔出血(SAH)是 UIA 破裂最严重的表现。对于已破裂动脉瘤,进行必要的治疗以防止再次破裂

已经得到共识,但是对于 UIA,不管是手术夹闭还是介入栓塞,手术风险及远期术后并发症的风险与 UIA 自然破裂风险比较尚不明确,是摆在临床医师面前的一道难题。

2 UIA 病理生理学

颅内动脉瘤是由于颅内动脉管壁变薄、扩张所引起的疾病。在组织病理学上,动脉瘤起源和生长的本质是血管壁内弹力膜消失,中膜变薄和随之而来的重塑及细胞外基质蛋白的降解^[5]。除此之外,大部分颅内动脉瘤发生在颅内血管分叉处,考虑与血流动力学因素,如血流冲击、压力和壁面切应力(wall shear stress, WSS)有关。国内有研究认为,颅内动脉

瘤是特定部位多项血流动力学因素(包括压力、梯度、向量等)共同作用的结果^[6],而血管内皮功能失调、血管壁炎性反应和重塑直接由WSS诱发。血泡样动脉瘤(blood blister-like aneurysm, BBA)常发现于颈内动脉床突上段,占颅内动脉瘤的0.3%~1%^[7]。BBA瘤壁仅有外膜和纤维组织,瘤顶部没有胶原组织^[8],具有长成囊性的倾向。Ogawa等^[9]发现动脉粥样硬化是BBA产生不可忽视的因素;BBA患者大多患有高血压和动脉粥样硬化等基础疾病,动脉硬化斑块处合并斑块溃疡可导致该处血管壁内弹力膜的破坏,继而在动脉壁中层形成出血导致BBA的形成。根据影像学较难诊断,无论采取哪种治疗方式,术中、术后再出血风险都非常高。当动脉发生撕脱,血液流入外膜下时造成动脉壁膨出,可形成夹层动脉瘤。Pyysalo等^[10]应用定量聚合酶链反应手段在破裂和未破裂动脉瘤中发现口腔细菌DNA,认为细菌DNA在动脉瘤破裂机制中扮演了重要的角色。颅内外动脉夹层形成的病理学基础与内膜和内弹力板的不可逆损伤密不可分^[11]。所以,其病理生理学在动脉瘤的发生发展中起着主导作用。

3 UIA 破裂风险因素

决定UIA处理策略需要结合动脉瘤破裂的自然病史和相关风险因素进行研究。

3.1 遗传学因素

国外研究显示日本和芬兰血统者为动脉瘤破裂的风险因素^[12]。文献报道家族性动脉瘤发生率为7%~20%^[13-14]。之所以产生如此大的变化可能与各种研究中家族史确定方法的不同有关。家族性动脉瘤会使UIA破裂率增加1.9%~5.9%。研究指出,与子女相比,兄弟姐妹有着较高的UIA发现率^[13,15],同时患者如果是高龄、女性、有吸烟史、高血压史、血脂水平高、糖尿病病史、多囊肾病史、SAH病史;亲属中有多发动脉瘤、家族中有2个SAH或UIA病史会增加UIA发现率。在一组包括85个家族的438例患者的大型试验中,影像学筛查中有38个一级亲属(8.7%)发现有UIA^[16]。目前颅内动脉瘤的遗传模式还不清楚,但是一系列的基因和染色体片段已经被证实与颅内动脉瘤有关。在系列研究中,染色体区域1p34.3-p36.13, 7q11, 19q13.3和Xp22可能相关。有一项关于颅内动脉瘤和UIA的meta分析证实基因IL-6 G572C为高风险因素^[17]。

3.2 吸烟

戒烟研究显示吸烟为SAH的危险因素,但是

是否是UIA的风险因素还未被报道^[18-19]。

3.3 炎性反应因素

国内有学者已证实氧化应激在颅内动脉瘤的发生、发展及破裂中的作用,其机制为介导动脉管壁退变、促进炎性反应微环境形成,改变血流动力学,上调VSMC表型转化及凋亡、诱导基质重塑^[20]。根据此机制,抗氧化剂有望成为预防颅内动脉瘤形成、破裂的有效治疗方法。

3.4 形态和大小

近日一项对UIA破裂风险因素的10年前瞻队列研究发表在Stroke杂志上,该研究纳入了2897例动脉瘤患者,其中1960例动脉瘤保守治疗。分析结果显示动脉瘤大小、位置、子囊、SAH病史为独立风险因素,与2~4mm动脉瘤相比,≥5mm的UIA破裂率显著提高^[21]。国际颅内未破裂动脉瘤研究组(The International Study of Unruptured Intracranial Aneurysms, ISUIA)研究报道,有SAH病史的后循环大动脉瘤具有更高的破裂率。一项5年的跟踪调查显示,无SAH病史,动脉瘤直径在7~12mm在前后循环的累积破裂率分别为2.6%和14.5%,而后循环的大动脉瘤破裂率则高达50%。近年来数据显示小动脉瘤破裂风险小于大动脉瘤。李元辉等^[22]认为前交通动脉和基底动脉末端部位、瘤体最大瘤深与近端载瘤动脉直径之比值 1.90 ± 0.81 、入射角度 $123.9^\circ \pm 23.21^\circ$ 为颅内≤5mm动脉瘤破裂的独立危险因素,可以作为UIA干预与否的参考依据。此外有学者注意到动脉瘤壁厚度可能与动脉瘤破裂相关,认为几何形状的改变可能是导致动脉瘤破裂的危险因素,在分析动脉瘤破裂危险因素时,应当对动脉瘤破裂前后几何形状和血流动力学的变化进行详细研究。瞿米睿等^[23]为探讨HR-MRI管壁成像技术在颅内动脉瘤破裂风险评估中的可行性,回顾性分析收治的54例患者的66个动脉瘤3.0T HR-MRI多序列管壁成像资料,得出结论:HR-MRI动脉瘤壁强化与动脉瘤破裂有相关的趋势。Kleinloog等^[24]研究发现,使用的7.0T超高分辨率MRI探究动脉瘤壁厚度可以预测动脉瘤破裂风险,同时指出,可以使用7.0T MRI的T1加权像3D预磁化反向回复涡轮自旋回波全脑序列来观察未破裂动脉瘤壁,通过厚度变化来作为动脉瘤破裂的危险因素进行进一步研究。

3.5 高危因素疾病

2015年6月AHA/ASA在Stroke杂志上发布了UIA管理指南^[25],指出患有以下疾病会增加动脉瘤

破裂可能性:多囊肾,Ⅳ型 Ehlers-Danlos 综合征(先天性结缔组织发育不全综合征),马方综合征,主动脉、二尖瓣狭窄,弹性假黄瘤病,奥斯勒-韦伯-朗迪病(遗传性出血性毛细血管扩张),1 型神经纤维瘤病, α_1 抗胰蛋白酶缺乏症,纤维肌性发育不良,嗜铬细胞瘤,克兰费尔特综合征(先天性睾丸发育不全),结节性硬化症, α 葡萄糖苷酶缺乏,小头畸形,颅内动静脉畸形。指南特别提到常染色体显性的多囊肾患者 UIA 破裂率风险是一般人的 3 到 14 倍。新版 UIA 管理指南建议制定最优治疗方案时应考虑多种因素,包括动脉瘤大小、位置及其他形态学特征,通过连续影像学检查记录病灶变化,年龄,是否有 SAH 病史,家族史情况,是否存在多发性动脉瘤,是否存在并发的病理学改变,可能导致出血风险升高的脑部或遗传性病变等。大量回顾性、前瞻性研究证实,显微外科夹闭结扎可更长效地控制动脉瘤再生,但在手术患病率及病死率、住院时间、治疗费用方面,弹簧圈栓塞优于显微外科夹闭结扎,对于特定 UIA 患者可考虑选择血管内手术替代显微外科夹闭结扎,尤其是对于存在基底血管顶端病变或老年高危患者。对于老年患者或疑似有并发症的无症状且出血风险较低(病变大小、位置、形态学特征、家族史及其他因素均可影响出血风险)的 UIA 患者,密切观察病情进展是合理的选择。

4 治疗方式

目前干预 UIA 的手术方法为开颅夹闭和介入治疗。如何在手术给患者带来的风险和获益中找到平衡点是当前研究的焦点。Chung 等^[26]通过 51 例 UIA 患者手术前后表现得出结论:手术前后患者在注意力、执行能力、学习能力和记忆方面比较没有显著性差异,但是 FLAIR 像上出现白质疏松的患者可能会出现功能缺失。

4.1 开颅夹闭术

随着显微镜的广泛使用和显微技术的发展,各种手术入路逐渐应用于不同部位的动脉瘤,手术的成功率有了显著提高。动脉瘤夹闭术中,临时阻断载瘤动脉可以有效地减少术中操作动脉瘤破裂的可能性。但也会增加缺血事件的发生。为减少缺血事件的发生,可以在临时阻断前应用药物提高血压,尽可能在保证质量的前提下减少阻断时间。在瘤颈放置好动脉瘤夹后,为避免夹闭不全或者过度夹闭影响载瘤动脉,可以行颅内多普勒超声、术中荧光造影或在复合手术室中行 DSA 术明确。国外有

学者为研究开颅夹闭治疗 UIA 的安全性、有效性、花费,入组了 102 例前循环 UIA 患者,同时与 107 例行血管内治疗的患者做比较,得出了结论,不适宜行血管内治疗的患者行开颅夹闭是安全有效且花费也是合适的^[27]。

4.2 介入治疗

随着材料和技术的发展,近年来介入方法在动脉瘤治疗中的作用不可忽视。介入治疗动脉瘤技术主要有单纯弹簧圈栓塞、支架辅助弹簧圈栓塞、血流导向装置。在能达到同样的治疗效果的情况下,血管内治疗动脉瘤和开颅夹闭相比创伤更小,住院时间更短。目前市场上各种不同规格、特点的介入材料,其最终的选择取决于血管条件,操作中的顺应性和稳定性及术者对材料的熟悉程度。早期动脉瘤介入栓塞仅仅局限于窄颈动脉瘤(体/颈 >2 ,颈 <4 mm),随着介入技术的发展,目前宽颈动脉瘤不再是介入栓塞的禁区。比如 3D 弹簧圈的出现对宽颈动脉瘤内的成型,对载瘤动脉较少的侵扰。球囊辅助栓塞技术的出现也能减少对载瘤动脉的侵扰,但这种技术必须在术中阻断载瘤动脉,有出现缺血事件的可能。此外,支架辅助动脉瘤栓塞技术也使宽颈动脉的栓塞成为可能。与开颅夹闭手术相比,介入也同样存在着风险,比如动脉瘤栓塞不全,载瘤动脉闭塞,弹簧圈移位,动脉夹层,血管痉挛等。与动脉瘤夹闭比较,介入完全闭塞或次全闭塞动脉瘤是可靠的,建议治疗后至少 6 个月行非侵袭性复查^[28]。在一些病例里 MRA 对探查动脉瘤及载瘤动脉瘤是可靠的。Pierot 等^[29]发表的一项关于 UIA 血管内治疗的研究,该研究纳入 649 例患者,739 个动脉瘤,其中 727 个(98.4%)动脉瘤使用了弹簧圈栓塞,单纯栓塞 396 例(54.4%),球囊辅助栓塞 271 例(37.3%),颅内支架 57 例(7.8%)。梭型动脉瘤和夹层动脉瘤不入组,除外 1 个月内由其他动脉瘤破裂引起的 SAH,结果为完全栓塞 436 例(59%),瘤颈残余 160 例(21.7%),瘤体残余 143 例(19.3%)。其在 2010 年的研究结果为血管内治疗 UIA 在大样本人群中能达到 95.7%,致死率 1.4%,致残率 1.7%^[30]。随着 FDA 批准 Neuroform 支架应用于动脉瘤手术,支架辅助技术得到广泛应用,主要应用于宽颈和不规则形态的动脉瘤,在复杂动脉瘤的治疗上取得了巨大进步。然而,与单纯栓塞动脉瘤相比,其风险也在提高。在血管中植入支架后,患者需要终身服用抗血小板药物防止出现支架内血栓。Kanaan 等^[31]对 133 例进行支架辅助栓塞动脉瘤的患者进行了 15.4

个月的随访,显示 9 例患者(6.8%)出现了急性或慢性的支架内血栓。因为服用抗血小板对凝血产生影响,支架辅助栓塞动脉瘤技术对于已破裂动脉瘤患者的治疗也有局限性,这些患者可能需要脑室穿刺术、去骨瓣减压术、气管切开等。随着流体力学数十年的发展,越来越多的研究针对动脉瘤流体力学,利用流体力学进行动脉瘤治疗的血流导向装置就开发应用。血流导向装置主要是将密网装置放置于载瘤动脉中,改变进入动脉瘤中的血流的走向,将动脉瘤和载瘤动脉的血流分离,使动脉瘤内的血流形成血栓,血流导向装置主要应用于支架辅助栓塞动脉瘤有困难的动脉瘤,比如梭形动脉瘤,巨大动脉瘤。血流导向装置与支架结构相似,但是为了改变血流,它的网眼数量要比支架少。Lylyk 等^[32]报道了大宗使用血流导向装置的研究,该研究纳入 53 例患者,共有 63 个动脉瘤,最终有 5 例(8%)术后影像学显示完全栓塞,该 5 例动脉瘤直径<10 mm,随后的随访显示 42 例在 3 个月后完全栓塞,28 例在 6 个月后完全栓塞,18 例在 18 个月完全栓塞。近日有单中心应用 woven endobridge (WEB) 治疗了 23 例复杂宽颈未破裂动脉瘤,认为是可行的且在随后随访中有较低的并发症及支架内狭窄^[33]。随着目前血流导向装置的使用,其在临床的并发症也会逐步显现出来,其主要的并发症有装置内血栓、动脉分支堵塞、出血和占位效应等。

介入治疗的出现和飞速发展弱化了开颅夹闭动脉瘤的地位。对于哪种手术方式的选择,一直是困惑着医师的问题。以下在决策中起了比较重要的作用:①既往的病史,患者的一般状况,以及手术耐受情况;②动脉瘤的位置、大小、形态;③术者的经验及对手术的把控。为指导临床决策,Etminan 等^[34]开发了一种治疗评分(UIATS)模型,囊括与 UIA 治疗管理的临床决策相关的关键因素,并对其进行定量,同时在 UIA 管理与研究专家中评估该模型的认可程度。该研究中 UIATS 共纳入了 29 个 UIA 治疗管理中的关键因素。研究结果提示,UIATS 是一种新的针对 UIA 治疗管理的决策指导性工具,临床医师可使用 UIATS 作为一种广泛使用的工具,或可用于指导如何治疗管理某一特定 UIA 患者。此外,有学者还开展了在介入治疗 UIA 当中年龄对预后的影响的研究,通过对≤40 岁与>40 岁患者的分组研究,结果显示预后差别不大,但是 40 岁以下患者栓塞术后再通的概率更高^[35]。

随着影像学技术的发展,UIA 的被检出率越来

越高,一旦被检出,在考虑动脉瘤的位置、大小、患者年龄、临床症状、伴随疾病的情况下,比较 UIA 的自然破裂风险与手术干预的风险。对于最终如何处理 UIA 还是没有定论,虽然目前大部分研究建议在没有禁忌证的情况应积极处理 UIA,但是大量的临床随机对照研究需要开展。

[参考文献]

- [1] 许百男,王美昱. 未破裂颅内动脉瘤的治疗策略[J]. 中华神经外科疾病研究杂志, 2006, 5: 481-485.
- [2] Rinkel GJ, Djibuti M, Algra A, et al. Prevalence and risk of rupture of intracranial aneurysms: a systematic review[J]. Stroke, 1998, 29: 251-256.
- [3] Go AS, Mozaffarian D, Roger VL, et al. Executive summary: heart disease and stroke statistics. 2014 update: a report from the American Heart Association[J]. Circulation, 2014, 129: 399-410.
- [4] Steiner T, Juvela S, Unterberg A, et al. European stroke organization guidelines for the management of intracranial aneurysms and subarachnoid haemorrhage[J]. Cerebrovasc Dis, 2013, 35: 93-112.
- [5] Penn DL, Witte SR, Komotar RJ, et al. The role of vascular remodeling and inflammation in the pathogenesis of intracranial aneurysms[J]. J Clin Neurol Sci, 2014, 21: 28-32.
- [6] 马宏伟. 颅内动脉瘤的病理和计算流体力学研究[D]. 中国人民解放军医学院, 2014.
- [7] Kamijo K, Matsui T. Acute extracranial-intracranial bypass using a radial artery graft along with trapping of a ruptured blood blister-like aneurysm of the internal carotid artery[J]. J Neurosurg, 2010, 113: 781-785.
- [8] Ishikawa T, Nakamura N, Houkin K, et al. Pathological consideration of a "blister-like" aneurysm at the superior wall of the internal carotid artery: case report[J]. Neurosurgery, 1997, 40: 403-405.
- [9] Ogawa A, Suzuki M, Ogasawara K. Aneurysms at nonbranching sites in the supraclinoid portion of the internal carotid artery: internal carotid artery trunk aneurysms[J]. Neurosurgery, 2000, 47: 578-583.
- [10] Pyysalo MJ, Pyysalo LM, Pessi T, et al. Bacterial DNA findings in ruptured and unruptured intracranial aneurysms[J]. Acta Odontol Scand, 2016, 18: 1-6.
- [11] Mizutani T, Kojima H. Clinicopathological features of non-atherosclerotic cerebral arterial trunk aneurysms[J]. Neuropathology, 2000, 20: 91-97.
- [12] Wermer MJ, Van Der Schaaf IC, Algra A, et al. Risk of rupture of unruptured intracranial aneurysms in relation to patient and aneurysm characteristics: an updated meta-analysis[J]. Stroke, 2007, 38: 1404-1410.
- [13] Magnetic Resonance Angiography in Relatives of Patients with Subarachnoid Hemorrhage Study Group. Risks and benefits of screening for intracranial aneurysms in first-degree relatives of

- patients with sporadic subarachnoid hemorrhage[J]. *N Engl J Med*, 1999, 341: 1344-1350.
- [14] Mackey J, Brown RD, Moomaw CJ, et al. Unruptured intracranial aneurysms in the familial intracranial aneurysm and international study of unruptured intracranial aneurysms cohorts: differences in multiplicity and location[J]. *J Neurosurg*, 2012, 117: 60-64.
- [15] Raaymakers TW. Aneurysms in relatives of patients with subarachnoid hemorrhage: frequency and risk factors. MARS Study Group. Magnetic resonance angiography in relatives of patients with subarachnoid hemorrhage[J]. *Neurology*, 1999, 53: 982-988.
- [16] Ronkainen A, Hernesniemi J, Puranen M, et al. Familial intracranial aneurysms[J]. *Lancet*, 1997, 349: 380-384.
- [17] Caranci F, Briganti F, Cirillo L, et al. Epidemiology and genetics of intracranial aneurysms[J]. *Eur J Radiol*, 2013, 82: 1598-1605.
- [18] Juvela S, Hillbom M, Numminen H, et al. Cigarette smoking and alcohol consumption as risk factors for aneurysmal subarachnoid hemorrhage[J]. *Stroke*, 1993, 24: 639-646.
- [19] Shiue I, Arima H, Hankey GJ, et al. Modifiable lifestyle behaviours account for most cases of subarachnoid haemorrhage: a population-based case-control study in Australasia[J]. *J Neurol Sci*, 2012, 313: 92-94.
- [20] 孔祥溢, 关键, 李 军, 等. 氧化应激促发颅内动脉瘤的研究进展[J]. *基础医学与临床*, 2015, 35: 558-562.
- [21] Murayama Y, Takao H, Ishibashi T, et al. Risk analysis of unruptured intracranial aneurysms: prospective 10-year cohort study[J]. *Stroke*, 2016, 47: 365-371.
- [22] 李元辉, 管 生, 徐浩文, 等. 颅内 ≤ 5 mm 动脉瘤破裂的危险因素分析[J]. *介入放射学杂志*, 2015, 24: 97-101.
- [23] 瞿米睿, 王 驰, 陈士跃, 等. 高分辨磁共振对颅内动脉瘤壁成像的初步评估[J]. *中国脑血管病杂志*, 2015, 12: 225-229.
- [24] Kleinloog R, Korkmaz E, Zwanenburg JJ, et al. Visualization of the aneurysm wall: a 7.0-tesla magnetic resonance imaging study[J]. *Neurosurgery*, 2014, 75: 614-622.
- [25] Vlak MH, Algra A, Brandenburg R, et al. Prevalence of unruptured intracranial aneurysms, with emphasis on sex, age, comorbidity, country, and time period: a systematic review and meta-analysis[J]. *Lancet Neurol*, 2011, 10: 626-636.
- [26] Chung J, Seok JH, Kwon MA, et al. Effects of preventive surgery for unruptured intracranial aneurysms on attention, executive function, learning and memory: a prospective cohort study[J]. *Acta Neurochir (Wien)*, 2016, 158: 197-205.
- [27] Zweife IC, Sacho RH, Tymianski R, et al. Safety, efficacy, and cost of surgery for patients with unruptured aneurysms deemed unsuitable for endovascular therapy[J]. *Acta Neurochir (Wien)*, 2015, 157: 2061-2070.
- [28] Currie S, Mankad K, Goddard A. Endovascular treatment of intracranial aneurysms: review of current practice[J]. *Postgrad Med J*, 2011, 87: 41-50.
- [29] Pierot L, Spelle L, Vitry F, et al. Immediate clinical outcome of patients harboring unruptured intracranial aneurysms treated by endovascular approach: results of the ATENA study[J]. *Stroke*, 2008, 39: 2497-2504.
- [30] Pierot L, Spelle L, Vitry F, et al. Immediate anatomic results after the endovascular treatment of unruptured intracranial aneurysms: analysis of the ATENA series[J]. *AJNR Am J Neuroradiol*, 2010, 31: 140-144.
- [31] Kanaan H, Jankowitz B, Aleu A, et al. In-stent thrombosis and stenosis after neck-remodeling device-assisted coil embolization of intracranial aneurysms[J]. *Neurosurgery*, 2010, 67: 1523-1532.
- [32] Lylyk P, Miranda C, Ceratto R, et al. Curative endovascular Reconstruction of cerebral aneurysms with the pipeline embolization device: the Buenos Aires experience[J]. *Neurosurgery*, 2009, 64: 632-642.
- [33] Lescher S, du Mesnil, de Rochemont R, et al. Woven endobridge (WEB) device for endovascular treatment of complex unruptured aneurysms: a single center experience[J]. *Neuroradiology*, 2016, 58: 383-390.
- [34] Etminan N, Brown RD, Beseoglu K, et al. The unruptured intracranial aneurysm treatment score: a multidisciplinary consensus[J]. *Neurology*, 2015, 85: 881-889.
- [35] Son YJ, Kwon OK, Hwang G, et al. Major recanalization occurs more often in young patients after unruptured aneurysm coil embolization[J]. *Acta Neurochir (Wien)*, 2016, 158: 551-556.

(收稿日期:2015-11-30)

(本文编辑:俞瑞纲)