

颅内动脉瘤血管内介入治疗的研究进展

欧阳超, 苏 平

昆明市第一人民医院神经外科, 云南 昆明
Email: 1224839420@qq.com

收稿日期: 2020年11月27日; 录用日期: 2020年12月23日; 发布日期: 2020年12月30日

摘 要

颅内动脉瘤(intracranial aneurysm, IA)近年来的发病率呈上升趋势, 为常见的一类重症疾病, 也是导致人体蛛网膜下腔出血的主要因素, 脑血管疾病发病率仅次于高血压性脑出血和脑梗死, 且多好发于女性, 年龄越大, 发病率越高。目前, 颅内动脉瘤的治疗方法主要有血管内栓塞(intravascular embolization, IE)和开颅夹闭术(microsurgical clipping, MC)两种。随着栓塞技术的不断提高和栓塞材料的改良, IE使颅内动脉瘤的治疗由巨创进展到微创, 由开颅到血管内治疗, 变难治为易疗, 但并不是说取代开颅夹闭术, 而是与开颅手术夹闭术相辅相成, 成为不可或缺的治疗方式。现将IE治疗IA的研究进展综述如下。

关键词

颅内动脉瘤, 血管内栓塞术, 开颅夹闭术

Research Progress of Endovascular Interventional Therapy for Intracranial Aneurysm

Chao Ouyang, Ping Su

Department of Neurosurgery, Kunming First People's Hospital, Kunming Yunnan
Email: 1224839420@qq.com

Received: Nov. 27th, 2020; accepted: Dec. 23rd, 2020; published: Dec. 30th, 2020

Abstract

In recent years, the incidence of intracranial aneurysm is on the rise, which is a common severe disease and the main factor leading to subarachnoid hemorrhage. The incidence of cerebrovascu-

lar disease is second only to hypertensive cerebral hemorrhage and cerebral infarction, and the older the female, the higher the incidence. At present, there are two main treatment methods for intracranial aneurysms: endovascular embolization and craniotomy. With the continuous improvement of embolization technology and the improvement of embolization materials, endovascular embolization has made the treatment of intracranial aneurysms progress from giant trauma to minimally invasive, from craniotomy to endovascular treatment, and changed from refractory to easy treatment. However, it is not to say that it replaces craniotomy, but complements craniotomy and becomes an indispensable treatment. The research progress of endovascular embolization for intracranial aneurysms is summarized as follows.

Keywords

Intracranial Aneurysm, Endovascular Embolization, Craniotomy and Clipping

Copyright © 2020 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 颅内动脉瘤及其治疗概况

IA 是指部分颅内血管发育异常形成的一种瘤样突起的现象, 其形成原因和发病机制目前仍不明确, 主要考虑与先天性动脉管壁缺陷、血管内压力增加、动脉粥样硬化及血管炎等因素有关[1] [2]。IA 主要好发于脑底动脉环(Willis 环)周围, 大部分出现在大血管分叉处, 其中以颈内动脉-后交通支最为常见, 可表现为蛛网膜下腔出血、脑实质内或脑室内出血。IA 自发破裂的概率较小, 但是发生破裂后短期内再破裂的概率就会明显增大, 属于神经外科危急重症之一, 可引起颅内压急剧升高, 若诊治不及时, 可能会导致大出血甚至死亡。在过去的 20 年里, 开颅夹闭手术在 IA 的手术中具有极其重要的历史地位, 随着社会的不断进步, 无论在欧美国家还是在亚洲国家, 介入治疗的发展日新月异, 新的技术和产品不断出现, 治疗的安全性及有效性不断提高, 颅内动脉瘤的 IE 治疗已成为主要发展趋势。与开颅夹闭手术比较, IE 治疗 IA 的成功率在不断提高, 其主要并发症, 即再出血的发生率以每年 0.12%~0.24%的速度下降[3], 充分体现了它在治疗上的优势, 当然, 对于不同的患者, 临床医生应采取个体化治疗方案, 有些 IA 患者适合手术夹闭, 有些则只适合 IE, 但也有两种方法都适合的情况存在, 故复合手术室应运而生, 为 IA 的手术治疗提供了便捷。选择合理有效的手术方式对治疗 IA 具有重要的临床意义, 2013 版推荐意见指出[4]: 对于从技术上既可以开颅夹闭又可行介入栓塞的动脉瘤患者, 推荐行血管内介入栓塞治疗。对于大脑中动脉瘤的诊疗, 指南则推荐开颅夹闭术作为首选治疗方式, 但指南同时指出, 因缺乏高质量的临床随机对照试验, 对于大脑中动脉瘤治疗的最佳选择是开颅夹闭还是血管内栓塞, 目前仍存在争议[5]。

2. IE 治疗 IA 的适应证及安全性

2.1. 适应证

血管内栓塞治疗是通过对颅内动脉瘤血管进行栓塞处理, 有效孤立其血液循环, 达到较好的预防动脉瘤出血或再出血的目的, 从而降低患者致残率和死亡风险。因其具有良好的栓塞率和安全性, 目前已成为治疗 IA 的重要方法之一。医学界普遍认为, 血管内栓塞技术的适应证主要有[6]: 1) 梭形、宽颈或无瘤颈动脉瘤; 2) 颈内动脉海绵窦段、岩段、基底动脉或椎动脉的颅内巨大动脉瘤; 3) 进行手术夹闭后疗效不明显甚至复发的患者; 4) 由于自身身体情况无法接受手术治疗。随着介入技巧和经验的不断积累,

以及特殊介入材料(支架、球囊等)不断改进,大部分颅内动脉瘤均可以考虑行血管内栓塞治疗,尤其是对于开颅手术难度系数高、高危因素多或后循环动脉瘤(如基底动脉瘤)、高龄、手术耐受程度低(如肝肾功能不全、Hunt-Hess 分级 IV~V 级)或存在开颅手术禁忌证的动脉瘤患者等,推荐血管内栓塞作为首选治疗方案。

2.2. 安全性与有效性

IA 首次破裂出血患者病死率为 20%~30%,再次出血的病死率为 50%~70% [7],血管内栓塞技术用于治疗 IA 在临床上已被广泛认可和推广,目前重点关注的目标及研究方向是如何更科学地选择治疗方式,以及选取最佳治疗时机。Nasser 等[8]研究发现在动脉瘤破裂 24~48 h 内接受 IE 治疗的患者病死率仅为 5.3%,发病 1 周内接受治疗病死率为 10.0%,由此可见,IA 破裂后越早接受 IE 治疗,病死率越低。而选择接受保守治疗的动脉瘤破裂患者,其两周内发生再出血的概率为 20%~50%,病死率高达 85%。吴京等人[9]认为,横径为 4.7 mm 是颅内动脉瘤破裂临界值,但这并不意味着横径小于 4.7 mm 的动脉瘤不会发生破裂出血,往往横径小的动脉瘤在临床会更不安全,因为没有症状易被忽略,所以一旦发现患者存在未破裂的动脉瘤,应该给予高度关注及密切随访,必要时采取相应的治疗措施。IE 作为一项介入性手术不可避免存在发生并发症的风险,其相关并发症有动脉瘤破裂出血、脑缺血、脑血栓形成、脑梗死,以及与支架相关的并发症,如支架移位、塌陷及变形和血管内狭窄等。同时,还存在一定程度的缺陷,如术后易复发、不能解除巨大动脉瘤或者颅内血肿所产生的占位性效应,对于严重脑血管痉挛、脑肿胀程度重、颅内高压等患者 IE 可能并不适用,临床医师在治疗方式和治疗时机的选择上,应根据患者的实际病情及耐受程度决策。国外学者[10]对 120 例患者 131 个动脉瘤行血管内栓塞治疗方式进行前瞻性研究,发现手术并发症发生率为 13.7%,同时应用支架辅助栓塞的患者并发症发生率更高,术后复发率为 15.6%,复发的主要危险因素为大型动脉瘤,其中有 7.6%的患者进行了再治疗。Chalouhi 等[11]报道支架辅助栓塞动脉瘤采用替罗非班抗凝时血管栓塞事件的发生率为 13.4%,颅内出血的发生率为 6%。支架辅助动脉瘤栓塞是治疗复杂动脉瘤的有效方法之一,但支架的促凝性可能会形成支架内血栓栓塞事件,术前、术后规范的抗血小板治疗是保证手术安全的重要因素之一。国内学者普遍认为颅内动脉瘤患者应用替罗非班于支架辅助动脉瘤栓塞,术后随访未出现新发脑梗死、出血和血栓事件。但 Gory 等[10]却认为支架辅助栓塞后常规应用抗血小板药物,可能会增加并发出血的风险,支架的置入增加并发症的发生概率,主要原因可能与颅内动脉瘤的形态、位置及操作技术难度相关,一些辅助器械可能会降低动脉瘤复发率,但也可能增加术后并发症发生的风险。因此,不断改进栓塞材料的功能和提高操作技术,提高血管内栓塞治疗的安全性和有效性,是当前研究的重大方向之一。

2.3. 与开颅夹闭术比较

国外一项对破裂颅内动脉瘤进行的多中心前瞻性随机试验结果显示[12]:治疗后 IA 栓塞组的疗效明显好于手术组,但两组病死率和再出血率比较差异无统计学意义($P > 0.05$)。国际动脉瘤性蛛网膜下腔出血试验(International Subarachnoid Aneurysm Trial, ISAT)比较了开颅手术夹闭和使用白金线圈介入栓塞在颅内动脉瘤破裂患者的临床效果[13],认为白金线圈介入栓塞不适合 IA 患者。但由于该项研究在纳入标准方面存在缺陷,即符合 ISAT 纳入标准的病例两种治疗方法的治愈率均偏低,导致该实验并非属于完全随机对照,试验结果受到外科医生决策和技术的影响,因此结果仍备受质疑。近年来,国内关于颅内动脉瘤治疗方法的随机对照试验,开颅夹闭术及血管内栓塞等治疗优点的报道颇多,两种手术方法的有效性一直是神经外科领域的关注焦点之一。国内学者通过对开颅夹闭术和血管内栓塞治疗 IA 有效性的 Meta 分析发现,血管栓塞治疗患者术后 GOS 评分明显高于显微手术夹闭患者,而且住院天数较少,但

费用较高。另一项 Meta 分析发现 IE 较 MC 治疗破裂的 IA 有明显优势, 且术后不良事件发生率较 MC 明显降低。然而, IE 治疗也存在一定程度的缺陷, 部分研究发现 IE 术后再出血率明显高于 MC, 但术后 1 年随访发现, 两组患者的病死率和术后缺血性脑梗死发生率无统计学差异[13]。有学者对显微手术夹闭组与血管内栓塞组之间瘤颈残留率进行比较, 发现结果无统计学差异, 术后随访 6~18 个月, 栓塞组患者复发率较高, 但 2 组之间比较并无统计学差异[13], 提示对于瘤体较大、弹簧圈栓塞不够紧密或栓塞不全时最易致动脉瘤复发。总而言之, 两种治疗方法各具优势和不足, 均存在其不同的适应证, 对于未破裂动脉瘤, 其大小、位置及形态学特征和患者的年龄、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和高龄患者, 血管内治疗也许更合适。

3. IE 治疗 IA 的相关技术

3.1. 支架辅助弹簧圈栓塞技术

支架辅助弹簧圈栓塞技术是应用支架在动脉瘤瘤颈部进行血管内塑形、重建, 起着类似栅栏的作用, 此项技术应用频率较高, 多用于复杂性动脉瘤, 包括微小、梭形、巨大、宽颈和假性动脉瘤等, 目前已成为宽颈动脉瘤的主要治疗方法之一。宽颈动脉瘤是指动脉瘤体颈比小于或等于 2, 或瘤颈大于 4 mm 的颅内动脉瘤, 此类动脉瘤不易被致密栓塞而导致术后复发的概率增高, 或发生弹簧圈逸出至载瘤动脉导致血栓事件发生的风险增高[14], 因此, 宽颈动脉瘤在行血管内栓塞治疗时存在一定的难度和风险。1998 年 Lylyk 等[15]报告了第一例支架辅助栓塞左椎动脉 IV 段破裂性动脉瘤的案例, 2002 年 9 月美国 FDA 批准第一个专业颅内 Neuroform 支架辅助栓塞动脉瘤, 随后 Enterprise、Solitaire、Wingspan、LVIS/LVISjr 等支架陆续在临床上推广应用。Amenta 等[16]纳入用 Neuroform 和 Enterprise 支架治疗 69.2% 为 Hunt-Hess 分级大于 III 级或伴脑积水急性破裂动脉瘤 65 例, 术后 63.1% 的患者 Glasgow 评分 4~5 分, 病死率为 16.9%, 血栓和出血并发症为 7.7%。徐广建等[17]对 34 个动脉瘤动用 38 个 LVIS 支架辅助弹簧圈进行治疗, 术后即刻造影完全栓塞率达 70.6%, 近全栓塞率为 20.6%, 部分栓塞率为 8.8%。术后经 3~12 个月随访, 完全栓塞率和复发率分别为 81.3%、9.4%, 良好率为 87.5%。国内亦有研究显示应用 LVIS/LVISjr 支架、Solitaire 支架、Enterprise 支架三种支架置入成功率比较无统计学差异, 但 LVIS/LVISjr 支架组致密栓塞率为 60.00%, 明显高于其他两组, 效果良好, 并发症发生率低, 患者预后情况良好, 值得临床推广。

3.2. 双微导管技术

双微导管技术是将两根微导管同时置于动脉瘤腔内, 两根微导管交替送入弹簧圈, 待弹簧圈稳定后再解脱, 微导管可根据动脉瘤及载瘤血管的形态进行塑形, 其头端可略有差异, 交互编织的弹簧圈增强了在动脉瘤腔内的稳定性, 不易突入载瘤动脉, 当操作者认为动脉瘤栓塞效果满意时, 始终保持一根弹簧圈不解脱, 等待栓塞完毕后, 最后才全部解脱弹簧圈。双微导管技术的优势在于其可以到达目前支架不能到达的地方, 多适用于应用球囊及支架后仍难达到完全栓塞的颅内动脉瘤。然而, 在单导管技术中, 微导管角度的调整及塑形易增加手术难度, 甚至导致治疗失败。故与单导管技术相比, 双微导管技术在栓塞实施前就能将微导管置入理想位置, 在后期填塞中无须再塑形。但由于双微导管技术在到达目的动脉瘤需要的空间较大, 故此技术主要用于宽颈脑动脉瘤[18]。庞志宏等[18]对 65 例颅内动脉瘤应用双微导管技术进行栓塞, 术后即刻进行血管造影发现, 动脉瘤致密栓塞 59 例, 大部分栓塞 6 例, 其中有 39 例患者出院后随访 6 个月, 通过 CTA 或 DSA 检查均未发现动脉瘤复发。

3.3. 瘤颈重塑形技术

瘤颈重塑形技术又称为球囊辅助可脱弹簧圈栓塞技术, 最早是由法国学者 Moret [19]设计提出。其操

作要点是在动脉瘤开口处放置封堵球囊系统后, 将微导管送至动脉瘤腔内, 随即充盈球囊来封闭瘤颈开口, 再经微导管向瘤腔内填塞弹簧圈, 当弹簧圈填塞稳定后, 排空球囊, 即解脱之, 反复重复上述操作, 直至弹簧圈致密填塞瘤腔达术者要求, 最后撤出微导管, 封堵系统, 术毕。瘤颈重塑形技术的优势在于: 对于术中可能出现动脉瘤破裂者, 瘤颈重塑形技术的球囊可以有效阻断血流, 控制载瘤动脉, 对进一步填塞阻止动脉瘤破裂出血有较大帮助。此项技术主要适用于颅内宽颈动脉瘤, 常用于颈体比(N/A) 0.7~0.9 或的宽颈动脉瘤。Cottier 等[20]采用球囊辅助瘤颈重塑形技术治疗宽颈动脉瘤 49 例, 完全栓塞率为 61.2%, 而国内的一项小样本研究显示完全栓塞率可达 81.8%。瘤颈重塑形治疗也存在一定的风险, 其术后可能产生的并发症有血管痉挛、载瘤动脉或动脉瘤破裂及血栓形成后造成栓塞和穿通支的闭塞等。

3.4. 血流导向装置的应用(Flow Diverter, FD)

血流导向装置的应用是一种易弯曲、可自扩张的支架样装置, 其有别于支架, 特色在于通过增加网丝密度和金属包裹面积(30%~35%)改变瘤颈部和动脉瘤内血流方向[21], 瘤内的血流逐渐停滞, 形成血栓, 最终达到动脉瘤消退及重塑载瘤动脉的目的, 具有较高的安全性和长期稳定性。FD 体现了从动脉瘤囊内填塞到载瘤血管重建的治疗理念转变, 为复杂性动脉瘤的治疗带来了全新的思路。目前, 基于血管重建的 FD 有 Pipeline、Silk、Surpass、Fred 和 Tubridge 等, 更有基于瘤腔内重建的扰流装置, 如 Web 和 Luna 等装置。Pipeline 血流导向装置(Pipeline embolization device, PED)是美国食品药品监督管理局(FDA)批准用于颅内动脉瘤治疗的唯一 FD, 其被批准用于 22 岁以上, 颈内动脉从岩骨段至垂体上动脉段大型或巨大宽颈动脉瘤的治疗[22]。国内学者曾对 35 个颅内大型和巨大型动脉瘤应用 PED 进行治疗, 技术成功率达到 100%, 且 PED 置入后均可即刻观察到动脉瘤内血流淤滞, 中期随访闭塞率可达 89.5%。FD 作为一种新型的血管内治疗器具, 在临床应用过程中存在问题应给予高度重视, 如 FD 相关致命性的并发症术后脑实质出血(intraparenchymal hemorrhage, IPH)等。一项 Meta 分析[22]显示同侧或异侧 IPH 的发生率为 1%, 造成不可逆神经功能损害的脑梗死发生率为 2%, 病死率约为 55%; 再如, 抗血小板聚集治疗的最佳方案及给药的时间截点如何把握、对于未能形成瘤内血栓的动脉瘤下一步治疗方案以及如何防止出血并发症等问题仍需大样本的研究证实。目前, FD 治疗颅内动脉瘤已取得重大进展, 随着技术的发展和合理适应证的确定, FD 治疗的疗效及安全性将会不断提升。

4. IE 治疗 IA 术后复发的影响因素及预测分析

虽然, 血管内栓塞治疗已被诊疗指南推荐为颅内动脉瘤首选的治疗方法, 但其术后复发再治疗仍是临床诊疗医师所面临的重大难题之一。血管内栓塞治疗后复发是指完全栓塞术后患者瘤体或者瘤颈部分出现再通, 以及部分栓塞患者术后出现残颈、残腔扩大的现象。王驰等人[23]通过大样本回顾性分析认为术后复发与颅内动脉瘤的大小密切相关, 小于 10 mm 和大于 10 mm 动脉瘤的复发率分别为 16.9%和 36.0%。Johnston 等[24]研究证实, 栓塞治疗后再次出血与动脉瘤栓塞的程度密切相关。李文帅等[25]认为血管栓塞术后颅内动脉瘤的复发与非支架栓塞、动脉瘤体积大及栓塞术致密程度有关。对血管内介入栓塞治疗颅内动脉瘤预后相关因素进行单因素分析, 结果提示患者的性别、年龄、病变部位、动脉瘤直径等因素与预后质量无明显关系($P > 0.05$), 患者的高血压病史、Hunt-Hess 分级、多发性动脉瘤及手术时间均与预后质量存在明显相关性($P < 0.05$)。因此, 影响颅内动脉瘤栓塞术后治疗效果的稳定性和复发率的因素是复杂多变的, 是多种因素综合的结果。临床上需要一种易于理解的方式来全面了解和评估术后复发的风险大小。但预测动脉血管瘤破裂是极其困难的, 其预测成功率大约为每年 2%。预防术后复发的关键在于提高动脉瘤栓塞致密程度及长期稳定性, 目前评价术后即刻栓塞程度最常用的标准是 Raymond 分级。Raymond 分级反映了栓塞的致密程度, 在一定程度上预测了术后复发的风险[26], 但 Raymond 分

级存在一定的局限性及主观性, 由于动脉瘤术后复发受诸多因素影响, 且在同一分级中存在较大栓塞密度的差异, 导致 Raymond 分级在临床中的准确性判断及应用推广受到了一定程度的限制。

5. 总结及展望

IE 治疗 IA 在临床上有广阔的应用空间, 具有创伤小、安全系数好、成功率高、住院时间短、术后恢复快等优点, 同时, 术者能根据患者不同的血管走行, 个性化地选择合适的术式通过导管置入栓塞材料, 并取得良好效果, 对患者的预后起着积极影响。随着神经介入器械、材料的不断更新、辅助栓塞技术的持续发展及术者诊疗经验的不断积累, IE 治疗 IA 的指征得到进一步扩大, 手术的安全性和疗效的稳定性也在不断提高, 其与开颅夹闭术相辅相成, 成为治疗颅内动脉瘤不可或缺的重要方式。但关于颅内动脉瘤最佳治疗方式选择和治疗时机的最佳切入点、术后复发预测因子的判断, 尚需要通过更多的大规模临床研究进一步证实。

参考文献

- [1] Nakajima, M., Abe, A., Nishiyama, Y., *et al.* (2013) Multiple Vascular Accidents Including Rupture of a Sinus of Val-salva Aneurysm, a Minor Ischemic Stroke and Intracranial Arterial Anomaly in a Patient with Systemic Congenital Abnormalities: A Case Report. *Case Reports in Neurology*, **5**, 195-200. <https://doi.org/10.1159/000356292>
- [2] Kim, B.M., Dong, J.K., Jeon, P., *et al.* (2012) Endovascular Embolization of Intracranial Aneurysms Using Bare Pla-tinum Axiom™ Detachable Coils: Immediate and Short-Term Follow-Up Results from a Multicenter Registry. *Neu-rointervention*, **7**, 85-92. <https://doi.org/10.5469/neuroint.2012.7.2.85>
- [3] Molyneux, A.J., Kerr, R.S., Birks, J., *et al.* (2009) Risk of Recurrent Subarachnoid Haemorrhage, Death, or Depen-dence and Standardised Mortality Ratios after Clipping or Coiling of an Intracranial Aneurysm in the International Subarachnoid Aneurysm Trial (ISAT): Long-Term Follow-Up. *The Lancet Neurology*, **8**, 427-433. [https://doi.org/10.1016/S1474-4422\(09\)70080-8](https://doi.org/10.1016/S1474-4422(09)70080-8)
- [4] 中华医学会神经外科学分会神经介入学组. 颅内动脉血管内介入治疗中国专家共识(2013) [J]. 中国脑血管病杂志, 2013, 10(11): 606-616.
- [5] Connolly, E.S., Rabinstein, A.A., Carhuapoma, J.R., *et al.* (2012) Guidelines for the Management of Aneurysmal Sub-arachnoid Hemorrhage: A Guideline for Healthcare Professionals from the American Heart Association/American Stroke Association. *Stroke*, **43**, 1711-1737. <https://doi.org/10.1161/STR.0b013e3182587839>
- [6] 張祥海, 陈金华, 王晓峰, 等. 双容积重建技术在颅内动脉瘤栓塞术中的应用研究[J]. 解放军医学杂志, 2014, 39(2): 144-148.
- [7] 高岩升, 宋来君. 显微手术治疗颅内破裂动脉瘤后脑血管痉挛发生的影响因素分析[J]. 实用医学杂志, 2013, 29(9): 1432-1435.
- [8] Nasser, F., Cavalcante, R.N., Affonso, B.B., *et al.* (2014) Safety, Efficacy, and Prognostic Factors in Endovascular Treatment of Pelvic Congestion Syndrome. *International Journal of Gynecology & Obstetrics*, **125**, 65-68. <https://doi.org/10.1016/j.ijgo.2013.10.008>
- [9] 吴京, 吴中学, 刘爱华, 等. 颅内动脉瘤栓塞治疗后复发的影响因素[J]. 临床神经外科杂志, 2014, 11(5): 391-393.
- [10] Gory, B., Rouchaud, A., Saleme, S., *et al.* (2014) Endovascular Treatment of Middle Cerebral Artery Aneurysms for 120 Nonselected Patients: A Prospective Cohort Study. *American Journal of Neuroradiology*, **35**, 715-720. <https://doi.org/10.3174/ajnr.A3781>
- [11] Chalouhi, N., Jabbour, P., Daou, B., *et al.* (2016) A New Protocol for Anticoagulation with Tirofiban during Flow Di- version. *Neurosurgery*, **78**, 670-674. <https://doi.org/10.1227/NEU.0000000000001071>
- [12] Molyneux, A., Kerr, R., International Subarachnoid Aneurysm Trial (ISAT) Collaborative Group, *et al.* (2002) Interna-tional Subarachnoid Aneurysm Trial (ISAT) of Neurosurgical Clipping versus Endovascular Coiling in 2143 Patients with Ruptured Intracranial Aneurysms: A Randomized Trial. *Journal of Stroke & Cerebrovascular Diseases*, **11**, 304-314. <https://doi.org/10.1053/jscd.2002.130390>
- [13] Raymond, J., Kotowski, M., Darsaut, T.E., *et al.* (2012) Ruptured Aneurysms and the International Subarachnoid Aneurysm Trial (ISAT): What Is Known and What Remains to Be Questioned. *Neurochirurgie*, **58**, 103-114. <https://doi.org/10.1016/j.neuchi.2012.02.020>

- [14] Chalouhi, N., Starke, R.M., Koltz, M.T., *et al.* (2013) Stent-Assisted Coiling versus Balloon Remodeling of Wide-Neck Aneurysms: Comparison of Angiographic Outcomes. *AJNR American Journal of Neuroradiology*, **34**, 1987-1992. <https://doi.org/10.3174/ajnr.A3538>
- [15] Lylyk, P., Ceratto, R., Hurvitz, D., *et al.* (1998) Treatment of a Vertebral Dissecting Aneurysm with Stents and Coils: Technical Case Report. *Neurosurgery*, **43**, 385-388. <https://doi.org/10.1097/00006123-199808000-00132>
- [16] Amenta, P.S., Dalyai, R.T., Kung, D., *et al.* (2012) Stent-Assisted Coiling of Wide-Necked Aneurysms in the Setting of Acute Subarachnoid Hemorrhage: Experience in 65 Patients. *Neurosurgery*, **70**, 1415-1429. <https://doi.org/10.1227/NEU.0b013e318246a4b1>
- [17] 徐广建, 吴红星, 刘伟, 等. Lvis 支架置入辅助弹簧圈栓塞治疗颅内动脉瘤 34 例分析[J]. 山东医药, 2017, 57(11): 43-45.
- [18] 庞志宏, 王文犀, 郭立刚. 双微导管技术栓塞治疗颅内动脉瘤[J]. 中国临床神经外科杂志, 2015, 20(3): 177-178.
- [19] Pierot, L., Moret, J., Barreau, X., *et al.* (2018) Safety and Efficacy of Aneurysm Treatment with WEB in the Cumulative Population of Three Prospective, Multicenter Series. *Journal of Neurointerventional Surgery*, **10**, 553-555. <https://doi.org/10.1136/neurintsurg-2017-013448>
- [20] Chen, S., *et al.* (2017) Hydrocephalus after Subarachnoid Hemorrhage: Pathophysiology, Diagnosis, and Treatment. *BioMed Research International*, **2017**, Article ID: 8584753
- [21] Heit, J.J., Ball, R.L., Telischak, N.A., *et al.* (2017) Patient Outcomes and Cerebral Infarction after Ruptured Anterior Communicating Artery Aneurysm Treatment. *American Journal of Neuroradiology*, **38**, 2119-2125. <https://doi.org/10.3174/ajnr.A5355>
- [22] Zaidat, O.O., Castonguay, A., Teleb, M.S., *et al.* (2014) Middle Cerebral Artery Aneurysm Endovascular and Surgical Therapies: Comprehensive Literature Review and Local Experience. *Neurosurgery Clinics of North America*, **25**, 455-469. <https://doi.org/10.1016/j.nec.2014.04.005>
- [23] 王驰, 曹伟, 左乔, 等. 颅内动脉瘤血管内栓塞术后复发的影响因素分析[J]. 中国脑血管病杂志, 2016, 13(3): 113-117.
- [24] Johnston, S.C., Rothwell, P.M., Mai, N.H., *et al.* (2007) Validation and Refinement of Scores to Predict Very Early Stroke Risk after Transient Ischaemic Attack. *The Lancet*, **369**, 283-292. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(07\)60150-0](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(07)60150-0)
- [25] 李文帅, 张信芳, 徐文涛, 等. Lvis 支架辅助栓塞急性期破裂颅内宽颈动脉瘤[J]. 中华神经外科杂志, 2018, 34(1): 50-54.
- [26] Raymond, J., Guilbert, F., Weill, A., *et al.* (2003) Long-Term Angiographic Recurrences after Selective Endovascular Treatment of Aneurysms with Detachable Coils. *Stroke*, **34**, 1398-1403. <https://doi.org/10.1161/01.STR.0000073841.88563.E9>