

Lvis 支架与 Enterprise 支架辅助栓塞颅内宽颈动脉瘤的比较*

凌国源 莫立根** 冯大勤^① 林雄^② 严峻 雷奕 刘红

(广西医科大学附属肿瘤医院神经外科, 南宁 530021)

【摘要】 **目的** 比较 Lvis 支架和 Enterprise 支架辅助弹簧圈栓塞颅内宽颈动脉瘤的安全性和有效性。 **方法** 回顾性比较 Lvis 或 Enterprise 支架辅助弹簧圈栓塞颅内宽颈动脉瘤 212 例(214 个动脉瘤), 其中 Lvis 组 88 例(90 个动脉瘤), Enterprise 组 124 例(124 个动脉瘤), 比较 2 组动脉瘤栓塞即刻及随访时栓塞程度 Raymond 分级、围术期并发症、mRS 评分。 **结果** Lvis 组置入支架 90 个, Enterprise 组 124 个。术后即刻 DSA: Lvis 组 Raymond I 级 77.3% (68/88), II 级 13.6% (12/88), III 级 9.1% (8/88); Enterprise 组 Raymond I 级 75.8% (94/124), II 级 15.3% (19/124), III 级 8.9% (11/124), 2 组比较差异无显著性($Z = -0.214, P = 0.830$)。术后随访复查 DSA: Lvis 组 Raymond I 级 90.4% (76/84), II 级 4.8% (4/84), III 级 2.4% (2/84), 2 例术后 6 个月复发; Enterprise 组 Raymond I 级 72.8% (86/118), II 级 15.3% (18/118), III 级 8.5% (10/118), 4 例术后 6 个月复发, 2 组比较差异有显著性($Z = -3.312, P = 0.002$)。围手术期支架相关并发症发生率 Lvis 组 11.4% (10/88), 与 Enterprise 组 5.6% (7/124) 比较无统计学差异($\chi^2 = 2.282, P = 0.131$)。2 组术后 6 个月 mRS 评分 0~2 分 Lvis 组 85.2% (75/88), Enterprise 组 78.2% (97/124), 2 组比较差异无显著性($Z = -1.145, P = 0.252$)。 **结论** Lvis 支架和 Enterprise 支架辅助弹簧圈栓塞治疗颅内宽颈动脉瘤安全、有效。

【关键词】 颅内动脉瘤; Lvis 支架; Enterprise 支架; 支架辅助栓塞

文献标识: A 文章编号: 1009-6604(2020)09-0769-06

doi: 10.3969/j.issn.1009-6604.2020.09.001

A Comparative Study of Safety and Efficiency Between Lvis Stent and Enterprise Stent Assisted Coil Embolization in Wide-necked Intracranial Aneurysm Ling Guoyuan*, Mo Ligen*, Feng Daqin, et al. *Department of Neurosurgery, Affiliated Tumor Hospital of Guangxi Medical University, Nanning 530021, China

Corresponding author: Mo Ligen, E-mail: ligenmo@163.com

【Abstract】 **Objective** To compare the safety and effectiveness of Lvis stent and Enterprise stent assisted coil embolization for intracranial wide-necked aneurysms. **Methods** A retrospective analysis was made on 212 cases (214 aneurysms) of intracranial wide-necked aneurysms embolized with a spring ring assisted by a Lvis or Enterprise stent, including 88 cases (90 aneurysms) in the Lvis group and 124 cases (124 aneurysms) in the Enterprise group. The immediate and follow-up embolization degree (Raymond classification), the perioperative complications, and the mRS score were compared between the two groups. **Results** There were 90 stents in the Lvis group and 124 stents in the Enterprise group. Immediately after operation, the Raymond classifications were grade I in 77.3% (68/88), grade II in 13.6% (12/88), and grade III in 9.1% (8/88) in the Lvis group, and grade I in 75.8% (94/124), grade II in 15.3% (19/124), and grade III in 8.9% (11/124) in the Enterprise group, with no significant difference between the two groups ($Z = -0.214, P = 0.830$). Follow-up with DSA showed that the Raymond classifications were grade I in 90.4% (76/84), grade II in 4.8% (4/84), and grade III in 2.4% (2/84) in the Lvis group (2 cases recurred 6 months after operation), and grade I in 72.8% (86/118), grade II in 15.3% (18/118), and grade III in 8.5% (10/118) in the Enterprise

* 基金项目: 广西自然科学基金面上项目(2018GXNSFAA281151)

** 通讯作者, E-mail: ligenmo@163.com

① (广西医科大学第一附属医院神经外科, 南宁 530021)

② (广西百色市人民医院神经外科, 百色 533000)

group (4 cases recurred 6 months after operation), with statistically significant difference between the two groups ($Z = -3.312, P = 0.002$). The incidence of stent related complications in the LVIs group was 11.4% (10/88), which was not significantly different from that in the Enterprise group [5.6% (7/124); $\chi^2 = 2.282, P = 0.131$]. Six months after operation, the mRS of the two groups were 0-2 points in 85.2% (75/88) in the Lvis group and in 78.2% (97/124) in the Enterprise group. There was no significant difference between the two groups ($Z = -1.145, P = 0.252$). **Conclusion** It is safe and effective to treat intracranial wide-necked aneurysms with Lvis or Enterprise stent assisted coil embolization.

[Key Words] Intracranial aneurysm; Lvis stent; Enterprise stent; Stent-assisted embolization

支架辅助弹簧圈栓塞是颅内宽颈动脉瘤血管内治疗的主要方法之一^[1],目前,国内应用较多的支架有 Neuroform、Leo、Enterprise、Solitaire AB 及 Lvis。自膨式闭环设计支架 Enterprise 应用广泛,较新的编织型支架 Lvis 因有较高的金属覆盖率及特殊的释放方式,在临床上应用亦日益增多。本研究回顾性比较 2014 年 1 月~2018 年 6 月广西医科大学附属肿瘤医院(78 例)、第一附属医院(92 例)及广西百色市人民医院神经外科(42 例)3 家医院 Lvis 与 Enterprise 支架辅助弹簧圈栓塞治疗颅内宽颈动脉瘤的安全性和有效性,报道如下。

1 临床资料与方法

1.1 一般资料

本研究 212 例(214 个动脉瘤),男 90 例,女 122 例。年龄 18~75 岁,(55 ± 12) 岁。157 例破裂动脉瘤表现为头痛、意识障碍、呕吐、失语、偏瘫等症

状,DSA 或 CTA 诊断为颅内动脉瘤;55 例未破裂动脉瘤因头晕、偏头痛行 CTA 或 MRA 诊断颅内动脉瘤。157 例破裂动脉瘤按 Hunt-Hess 分级:I 级 25 例,II 级 55 例,III 级 63 例,IV 级 14 例。合并原发性高血压 42 例,糖尿病 21 例,脑缺血 38 例。术中需要采用“推挤、压缩”技术释放支架的病例,选择使用 Lvis 支架,其余病例术者随意选择使用何种支架,Lvis 组 88 例 90 个动脉瘤,Enterprise 组 124 例 124 个动脉瘤。2 组一般资料比较差异无显著性 ($P > 0.05$),见表 1。

病例选择标准:①术前 DSA、CTA 或 MRA 经 3 名或以上具有副高以上职称的神经外科介入医师诊断为颅内宽颈动脉瘤(瘤颈宽度 ≥ 4 mm 或瘤颈/瘤体 ≥ 1:2)^[2];②无手术禁忌,患者及(或)家属签署手术知情同意书。排除标准:①存在未使用 Lvis 或 Enterprise 支架辅助栓塞的多发动脉瘤;②合并其他原因导致脑出血;③多器官功能衰竭;④术后拒绝随访者。

表 1 2 组一般资料比较($\bar{x} \pm s$)

组别	年龄 (岁)	性别		动脉瘤 未破裂	Hunt-Hess 分级				合并症		
		男	女		I	II	III	IV	原发性高血压	糖尿病	脑缺血
Lvis 组 (n = 88)	54.2 ± 21.4	39	49	21	9	28	25	5	18	9	16
Enterprise 组 (n = 124)	55.0 ± 17.3	51	73	34	16	27	38	9	24	12	22
$t(\chi^2)$ 值	$t = 0.856$	$\chi^2 = 0.214$		$\chi^2 = 0.339$	$\chi^2 = 2.488$				$\chi^2 = 0.039$	$\chi^2 = 0.017$	$\chi^2 = 0.007$
P 值	0.512	0.643		0.561	0.478				0.843	0.895	0.934

组别	动脉瘤部位(个)											动脉瘤大小(个)				
	C5	C6	C7	M1	M2	A1	A2	AcoA	V4	BA	P	微小	小	中	大	巨大
Lvis 组 (n = 88)	10	11	30	9	2	3	5	12	2	4	2	8	11	54	17	0
Enterprise 组 (n = 124)	9	9	38	11	4	8	2	21	14	6	2	3	9	85	26	1
$t(\chi^2)$ 值	$\chi^2 = 12.384$											$\chi^2 = 7.046$				
P 值	0.260											0.133				

C5:床突段;C6:眼动脉段;C7:交通段;M:大脑中动脉;AcoA:前交通;VA(椎动脉)分为 V1、V2、V3、V4 段(颅内段);BA:基底动脉;P:大脑后动脉。微小动脉瘤:直径 < 3 mm;小动脉瘤:直径 3 ~ < 5 mm;中动脉瘤:直径 5 ~ < 15 mm;大动脉瘤:直径 15 ~ < 25 mm;巨大动脉瘤:直径 ≥ 25 mm

1.2 方法

未破裂动脉瘤患者术前 3 d 口服阿司匹林(100 mg/d)和氯吡格雷(75 mg/d);破裂动脉瘤患

者术前 2 h 口服或鼻饲阿司匹林 300 mg 和氯吡格雷 300 mg。全身麻醉成功后,将 F₀ Envoy 导引导管(美国 Codman & Shurtleff 公司,批文号:国械注进

20163771080) 置入 C₂ 水平的椎动脉或颈内动脉岩段,如路径不理想或预计需要更好支撑力,可使用 F₀ Navien 中间导管进入颅内段。常规全身静脉肝素化,选择工作路径图,在 Synchro-14 微导丝[美国 Stryker Neurovascular 公司,批文号:国食药监械(进)字 2014 第 3774714 号]导引下将支架导管(Lvis 组:美国 Headway 21 Microvention; Enterprise 组:美国 Prowlerselect plus Codman)置入载瘤动脉远端血管,再将 Echelon-10[美国 Medtronic 公司,批文

号:国食药监械(进)字 2014 第 3770904 号]弹簧圈微导管在微导丝导引下置入动脉瘤腔内。Lvis 组采用支架半释放技术(18 例结合“压缩”或“灯笼”技术)辅助弹簧圈栓塞(图 1)。Enterprise 组采用支架半释放或后释放技术辅助弹簧圈栓塞(图 2)。术后均口服阿司匹林(100 mg/d)和氯吡格雷(75 mg/d)1~3 个月,然后改口服阿司匹林(100 mg/d)至术后 1 年。

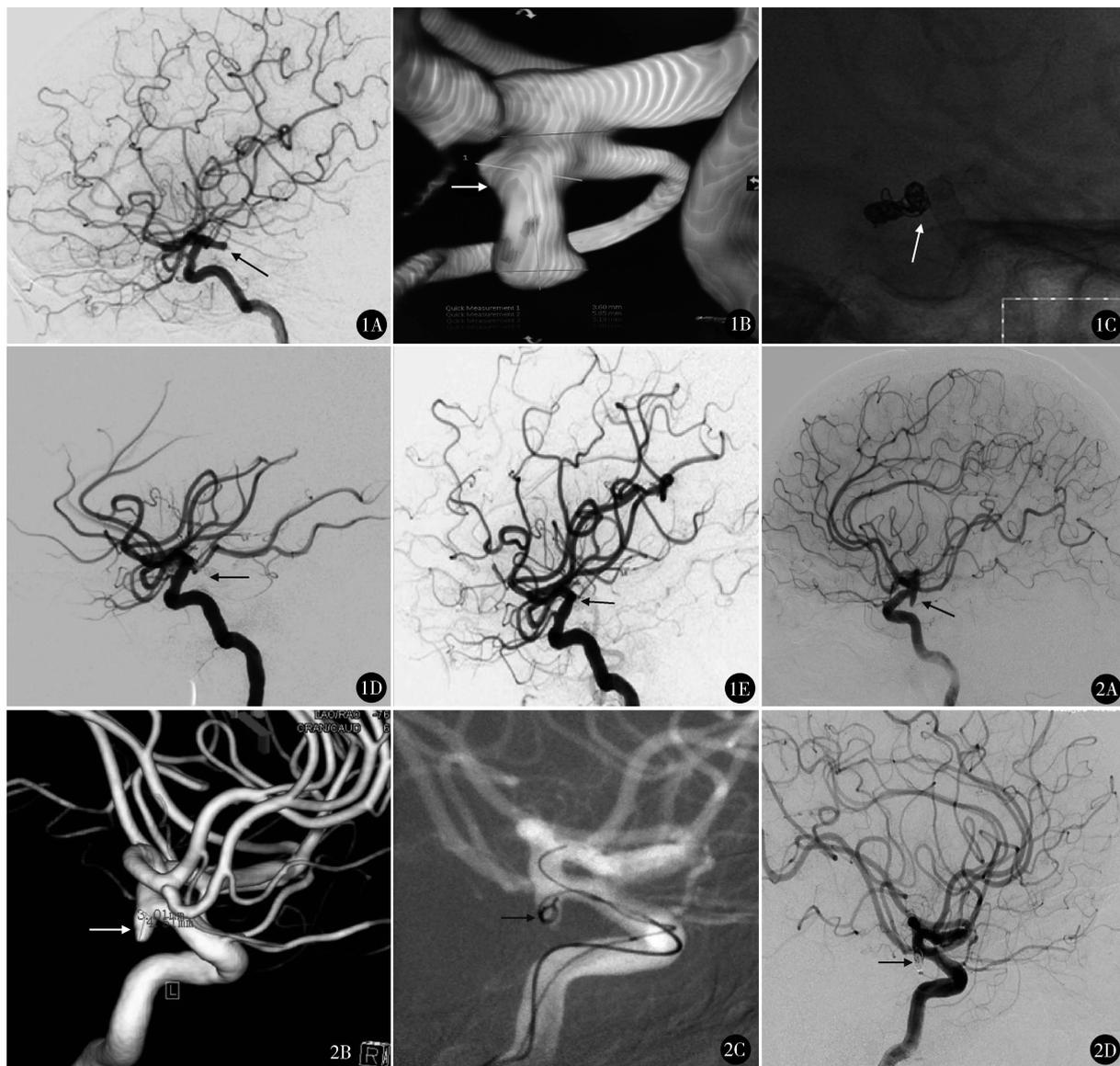


图 1 Lvis 支架辅助栓塞颈内动脉后交通段动脉瘤术前、术后 DSA A、B. 术前 DSA、3D-DSA 示颈内动脉后交通段动脉瘤,后交通动脉起源于瘤颈;C. 术中使用 Lvis 支架“灯笼”技术辅助栓塞;D、E. 动脉瘤致密栓塞,后交通动脉通畅 图 2 Enterprise 支架辅助栓塞颈内动脉后交通段动脉瘤术前、术后 DSA A、B. 术前 DSA、3D-DSA 示颈内动脉后交通段动脉瘤;C. 术中使用 Enterprise 支架辅助栓塞;D. 动脉瘤致密栓塞

1.3 疗效评价

术后即刻及 6 个月随访复查 DSA,按 Raymond 分级^[3]评估, I 级:完全栓塞,动脉瘤完全不显影; II 级:次栓塞,在瘤颈处仍可见造影剂滞留,瘤体内无造影剂充盈; III 级:不完全栓塞,瘤体内有造影剂充盈。采用改良 Rankin 量表(mRS) 评分^[4]评价患者术后 6 个月神经功能状况:0 ~ 2 分为预后良好, 3 ~ 5 分为中 ~ 重度残疾,6 分为死亡。

1.4 统计学处理

采用 SPSS22.0 统计软件进行数据处理。正态分布的计量资料用 $\bar{x} \pm s$ 表示,采用独立样本 *t* 检验,计数资料用 χ^2 检验,等级资料采用等级秩和检验。 $P < 0.05$ 差异具有统计学意义。

2 结果

Lvis 组共置入 Lvis 支架 90 个,术中破裂出血 2 例,术中鱼精蛋白中和肝素,迅速填塞弹簧圈处理,1 例术后恢复良好,1 例术后 2 h 急诊行开颅颅内血肿清除 + 脑室外引流 + 去骨瓣减压术,术后死于肺部感染。Enterprise 组共置入 Enterprise 支架 124 个,术中破裂出血 2 例,术中鱼精蛋白中和肝素,迅速填塞弹簧圈处理,术后 2 例恢复良好。Enterprise 组 1 例基底动脉顶部动脉瘤术后 2 d 因动脉瘤再次破裂出血死亡;1 例术前 Hunt-Hess 分级 IV 级,术后并发呼吸衰竭放弃治疗出院。

Lvis 组 6 例支架打开不良,其中 5 例及时处理,支架顺利打开且贴壁良好,1 例床突段动脉瘤支架位于海绵窦段打开不良,经积极处理亦未能打开,观

察血流未受影响,未予进一步处理,术后无明显并发症。Enterprise 组支架均顺利打开释放,成功率 100%。2 组出现支架血栓 9 例(Lvis 组 5 例,其中 3 例伴支架打开不良事件,2 例遗留脑梗死,3 例恢复良好;Enterprise 组 4 例,3 例恢复良好,1 例遗留脑梗死),术中均予尿激酶或替罗非班接触溶栓处理。

2 组术后即刻完全栓塞(I 级):Lvis 组 77.3% (68/88),Enterprise 组 75.8% (94/124),差异无显著性($P > 0.05$)。术后 6 个月 202 例随访复查 DSA(Lvis 组 84 例,Enterprise 组 118 例),完全栓塞率 Lvis 组 90.4% (76/84),Enterprise 组 72.8% (86/118),2 组 Raymond 分级差异有显著性($P < 0.05$),见表 2。Lvis 组 2 例复发:1 例前交通动脉瘤术后 4 个月再次破裂出血,DSA 诊断为复发,Headway17 微导管穿支架网孔再次栓塞,即刻达到致密填塞;1 例眼动脉段动脉瘤术后 6 个月随访 DSA 影像学诊断复发,再次微导管穿网孔栓塞失败,拟行血流导向装置治疗。Enterprise 组 4 例 6 个月随访 DSA 影像学诊断复发:3 例微导管穿支架网孔致密栓塞;1 例 M1 段动脉瘤 DSA 复查形态呈夹层动脉瘤样改变,拟行血流导向装置再次治疗,但患者由于经济原因放弃治疗,目前随访无再出血。2 组围手术期支架相关并发症比较差异无显著性[Lvis 组 11.4% (10/88) vs. Enterprise 组 5.6% (7/124)]。2 组术后 6 个月 mRS 评分比较差异无显著性($P > 0.05$),见表 3。

表 2 2 组术后即刻及术后 6 个月随访 Raymond 分级比较

组别	术后即刻 Raymond 分级			术后 6 个月随访			
	I 级	II 级	III 级	Raymond 分级			复发
				I 级	II 级	III 级	
Lvis 组	68	12	8	76	4	2	2
Enterprise 组	94	19	11	86	18	10	4
$Z(\chi^2)$ 值	$Z = -0.214$			$Z = -3.312$			$\chi^2 = 0.000$
<i>P</i> 值	0.830			0.002			1.000

表 3 2 组支架相关并发症及术后 6 个月随访 mRS 评分比较

组别	支架相关并发症					随访 mRS 评分(分)						
	支架打开不良	支架血栓	再破裂	脑梗死	合计	0	1	2	3	4	5	6
Lvis 组 ($n = 88$)	6	5	2	2	10	54	12	9	7	2	3	1
Enterprise 组 ($n = 124$)	0	4	3	1	7	68	17	12	12	9	4	2
$Z(\chi^2)$ 值	$\chi^2 = 2.282$					$Z = -1.145$						
<i>P</i> 值	0.131					0.252						

3 讨论

随着 Solitaire AB、Leo、Enterprise、Lvis 支架的相继出现和介入技术的提高,在原有的支架应用和释放方法上,衍生出 X 型、Y 型、T 型、重叠支架应用及压缩、灯笼等释放技术。支架应用改变载瘤动脉及瘤腔内的血流动力学,有利于瘤腔内血栓形成,提高动脉瘤治愈率的同时降低复发率^[5]。

3.1 2 种支架特点的比较

①Lvis 支架是一种新型的连续编织型颅内支架^[6],尺寸包括 Lvis (3.5、4.5、5.5 mm)、Lvis Jr (2.5、3.5 mm),网孔尺寸为 1 mm,能较好地应用于微小动脉瘤^[7]。Lvis 支架采用新型的编织方式,具有更强的径向支撑力及血管顺应性^[8],在缓慢释放支架过程中,可以通过再适当推挤支架的方法,使支架在血管分叉部贴壁瘤颈形成类似“7”字形,将分叉部宽颈动脉瘤变成窄颈动脉瘤进行栓塞。本组 4 例大脑中动脉分叉部动脉瘤、2 例基底动脉顶部动脉瘤采用该方法进行栓塞,效果理想,避免使用复杂的“Y”形支架技术。亦可采用“压缩”技术使支架在瘤颈处更密集,提高金属覆盖率,在后交通动脉瘤中采用“灯笼”技术可保护起源于瘤颈的胚胎型大脑后动脉^[9],本组 12 例后交通动脉瘤采用“压缩”或“灯笼”技术,效果理想。②Enterprise 支架是最早用于颅内宽颈动脉瘤治疗的自膨式激光雕刻闭环型颅内支架,具有良好的顺应性及柔软性。杨恒等^[10]应用 Enterprise 支架辅助栓塞 104 个眼动脉段动脉瘤,效果良好。Enterprise 支架虽然只有 4.5 mm 一种直径型号,但能较强的适应血管形态变化,可在直径 2.5~4.5 mm 血管内使用,本组 124 个 Enterprise 支架释放成功率 100%,其中 6 例载瘤动脉直径在 2 mm 左右的后循环动脉瘤,即使采用后释放技术亦能贴壁良好,体现其较强的径向支撑力及血管顺应性^[11]。③未破裂 C6 段动脉瘤是否治疗尚存争议,我们考虑以下情况需要积极干预:直径 >5 mm 且形态不规则;患者有原发性高血压、脑缺血需要抗血小板治疗等因素;患者强烈要求治疗,血管路径及动脉瘤位置等因素较理想,预计手术不困难者。本研究 8 例未破裂 C6 段动脉瘤应用 LVIS 支架(4 例)或 Enterprise 支架(4 例)辅助栓塞,效果良好。

3.2 2 种支架栓塞程度的比较

Lvis(22%)、Lvis Jr(16%) 支架的金属覆盖率明显高于在目前国内常用的 Neuroform(11%)、

Enterprise(10%) 和 Solitaire(6%) 支架^[12]。陈骅等^[9]在后交通动脉瘤治疗中应用“压缩”技术使瘤颈处 Lvis 支架的金属覆盖率达 $(35.0 \pm 2.8)\%$,使支架在瘤颈处起到类似血流导向装置的作用^[13],更有助于动脉瘤内血栓形成,从而在长期随访中取得更高的完全栓塞率^[14]。Feng 等^[8]应用 Lvis 支架治疗 97 例宽颈动脉瘤,即刻完全栓塞率为 28%,术后平均 8.1 月随访完全栓塞率为 84.2%。Zhang 等^[15]系统回顾 Lvis 支架的相关文献,即刻完全栓塞率 54.6%,术后随访完全栓塞率为 84.3%。本研究 Lvis 组术后即刻完全栓塞率 77.3%(68/88),术后随访完全栓塞率 90.4%(76/84),即刻完全栓塞率较高可能与较多的在瘤颈使用“压缩”技术有关。本研究 Enterprise 组术后即刻完全栓塞率 75.8%(94/124),术后随访完全栓塞率 72.8%(86/118),与秦琨等^[16]报道 75%(111/148)、70.3%(104/148)相似。2 组即刻完全栓塞率比较差异无显著性($Z = -0.214, P = 0.830$),术后随访 6 个月 Raymond 分级 Lvis 组完全栓塞率提高 13.2%,比较差异有显著性($Z = -3.312, P = 0.002$),可见,Lvis 较 Enterprise 支架能提高远期动脉瘤完全栓塞率,与 Ge 等^[17]报道相同。

3.3 2 种支架相关并发症的比较

Lvis 支架释放在过度弯曲、明显狭窄的远端血管及支架的着陆点在颈内系统弯曲处是支架打开不良的常见原因^[18]。Lvis 组 2 例释放在同侧 A1~A2 处因血管过于弯曲出现支架打开不良,4 例支架选择过长造成支架着陆点在海绵窦段弯曲处造成支架打开不良。术中及时支架导管跟进或换微导丝头端塑成“J”形反复“按摩”打开不良部位,5 例支架顺利打开,1 例支架位于海绵窦段打开不良,经上述方法亦未能打开,观察血流未受影响,未予进一步处理,术后无明显并发症。使用 Lvis 支架时,对于目标血管的弯曲度、支架的长度及着陆点的判断至关重要。

Zhang 等^[15]报道 Lvis 支架内血栓发生率为 1.4%,本组发生率 5.7%(5/88),接近陈振等^[19]报道的 5.5%,支架打开不良及较高的金属覆盖率是主要原因。King 等^[20]报道 Enterprise 支架内血栓发生率为 5.9%,本组 Enterprise 支架 100%顺利释放,但仍有 3.2%(4/124)支架内血栓发生率,考虑为支架释放过程中损伤血管内皮细胞诱发血栓形成。

2 组动脉瘤复发率分别为 2.4%(Lvis 组,2/84)和 3.4%(Enterprise 组,4/118),接近文献^[16,21]报道

的 2.8% 和 2.9%。由于 Lvis 支架网孔小,一旦动脉瘤复发再次穿网孔栓塞难度较大;Enterprise 支架网孔较大,再次穿网孔栓塞相对简单,Enterprise 组 4 例复发动脉瘤中,3 例采用微导管穿支架网孔进行致密栓塞,1 例 M1 段典型的宽颈动脉瘤随访复查 DSA 提示动脉瘤复发且形态呈夹层动脉瘤样改变,可能与支架释放过程中损伤血管内膜有关。对于复发的动脉瘤应用血流导向装置治疗可能是一种较好的方法^[22]。

3.4 术后患者功能恢复情况

术后 6 个月 mRS 评分 0 ~ 2 分(预后良好)Lvis 组 85.2% (75/88), Enterprise 组 78.2% (97/124), 2 组比较无统计学意义 ($Z = -1.145, P = 0.252$)。

综上所述,应用 Lvis 和 Enterprise 支架辅助弹簧圈栓塞治疗颅内宽颈动脉瘤安全、有效,Lvis 支架更有利于提高远期动脉瘤完全栓塞率。2 种支架在构造和释放方法上具有不同特点,在临床应用中应制定个体化治疗方案,提高支架使用的安全性,降低支架相关并发症。

参考文献

- 1 Zuo Q, Yang P, Lv N, et al. Safety of coiling with stent placement for the treatment of ruptured wide-necked intracranial aneurysms: a contemporary cohort study in a high-volume center after improvement of skills and strategy. *J Neurosurg*,2018,131(2):1-7.
- 2 刘承基,凌 锋,主编.脑脊髓血管外科学.第 1 版.北京:中国科学技术出版社,2013.235-252.
- 3 Raymond J, Guilbert F, Weill A, et al. Long-term angiographic recurrences after selective endovascular treatment of aneurysms with detachable coils. *Stroke*,2003,34(6):1398-1403.
- 4 van Swieten JC, Koudstaal PJ, Visser MC, et al. Interobserver agreement for the assessment of handicap in stroke patients. *Stroke*, 1988,19(5):604-607.
- 5 Liu YQ, Wang QJ, Zheng T, et al. Single-centre comparison of procedural complications, clinical outcome, and angiographic follow-up between coiling and stent-assisted coiling for posterior communicating artery aneurysms. *J Clin Neurosci*,2014,21(12):2140-2144.
- 6 Poncyłjusz W, Biliński P, Safranow K, et al. The LVIS/LVIS Jr. stents in the treatment of wide-neck intracranial aneurysms: multicentre registry. *J Neurointerv Surg*,2015,7(7):524-529.
- 7 许岗勤,李天晓,王子亮,等. LVIS 支架在辅助栓塞颅内宽颈微小动脉瘤中的应用. *中华神经医学杂志*,2016,15(8):810-813.
- 8 Feng Z, Fang Y, Xu Y, et al. The safety and efficacy of low profile

visualized intraluminal support (LVIS) stents in assisting coil embolization of intracranial saccular aneurysms: a single center experience. *J Neurointerv Surg*,2016,8(11):1192-1196.

- 9 陈 骅,苏浩波,陈 亮,等. LVIS 支架不同释放方式在颅内宽颈动脉瘤中的应用. *中国脑血管病杂志*,2016,13(2):82-88.
- 10 杨 恒,苏佳斌,雷 宇,等. Enterprise 支架辅助弹簧圈栓塞治疗颈内动脉眼动脉段动脉瘤的长期预后分析. *中国临床神经科学*,2017,25(6):613-621.
- 11 凌国源,黄 玮,冯大勤,等. Enterprise 支架在颅内夹层动脉瘤个体化介入治疗的应用. *中国微侵袭神经外科杂志*,2018,23(11):495-498.
- 12 于 嘉,邓剑平,李 江,等. Lvis 支架辅助弹簧圈栓塞颅内微小宽颈动脉瘤. *中华神经外科疾病研究杂志*,2017,16(4):301-304.
- 13 Ma D, Xiang J, Choi H, et al. Enhanced aneurismal flow diversion using a dynamic push-pull technique: an experimental and modeling study. *AJNR Am J Neuroradiol*,2014,5(9):1779-1785.
- 14 Fiorella D, Arthur A, Boulos A, et al. Final results of the US humanitarian device exemption study of the low-profile visualized intraluminal support (LVIS) device. *J Neurointerv Surg*,2016,8(9):894-897.
- 15 Zhang X, Zhong J, Gao H, et al. Endovascular treatment of intracranial aneurysms with the LVIS device: a systematic review. *J Neurointerv Surg*,2016,9(6):1-5.
- 16 秦 琨,曾少建,舒 航,等. Solitaire AB 与 Enterprise 支架辅助栓塞颅内宽颈动脉瘤患者的疗效对比. *中国脑血管病杂志*, 2016,13(10):511-515.
- 17 Ge H, Lv X, Yang X, et al. LVIS stent versus enterprise stent for the treatment of unruptured intracranial aneurysms. *World Neurosurg*,2016,91(7):365-370.
- 18 肖贾伟,赵 瑞,李嘉楠,等. LVIS 支架在颈内动脉海绵窦段打开不良与血管弯曲的关系. *中国脑血管病杂志*,2017,14(3):118-121.
- 19 陈 振,刘 朝,李冬冬,等. LVIS 支架辅助栓塞颅内动脉瘤安全性及有效性分析. *介入放射学杂志*,2017,26(9):775-778.
- 20 King B, Vaziri S, Singla A, et al. Clinical and angiographic outcomes after stent-assisted coiling of cerebral aneurysms with Enterprise and Neuroform stents: a comparative analysis of the literature. *J Neurointerv Surg*,2015,7(12):905-909.
- 21 张荣举,王 君,邸 海,等. LVIS 支架在颅内动脉瘤治疗中的安全性及有效性的单中心观察性研究. *中国卒中杂志*,2018,13(8):785-789.
- 22 Beeske T, Potts MB, Shapiro M, et al. Pipeline for uncoilable or failed aneurysms: 3-year follow-up results. *J Neurosurg*,2017,127(1):81-88.

(收稿日期:2019-11-23)
 (修回日期:2020-06-08)
 (责任编辑:李贺琼)