

· 专题 · 儿童脑血管病的介入治疗 ·

介入栓塞联合显微手术治疗儿童
脑动静脉畸形的临床研究

全文二维码

石武杰 张文博 章培良 沈志鹏

浙江大学医学院附属儿童医院神经外科, 杭州 310052

通信作者: 沈志鹏, Email: shenzp@zju.edu.cn

【摘要】 目的 分析不同手术方式治疗儿童脑动静脉畸形(cerebral arteriovenous malformation, cAVM)的差异及临床转归。**方法** 回顾性分析 2022 年 6 月至 2024 年 6 月于浙江大学医学院附属儿童医院神经外科接受显微手术治疗和介入栓塞联合显微手术治疗的 cAVM 患儿临床资料, 收集两种治疗方式下患儿出血量、手术时间、住院时间以及预后情况; 并于患儿出院时使用改良 Rankin 量表(modified Rankin Scale, mRS)评估预后。**结果** 共收治 29 例 cAVM 患儿, Spetzler-Martin 分级为 1~3 级 25 例、4 级 4 例。采取介入栓塞联合显微手术治疗 10 例(为介入栓塞联合手术组); 单纯手术治疗 19 例(为单纯手术组)。单纯手术组和介入栓塞联合手术组出血量分别为 (174.7 ± 99.4) mL 和 (107.0 ± 27.1) mL ($t = 2.780, P = 0.011$); 显微镜下操作时间分别为 $[140.0(102.0, 160.0)]$ min 和 $[72.0(63.0, 120.0)]$ min, $Z = 2.202, P = 0.029$; 住院时间分别为 $[16.0(13.0, 23.0)]$ d 和 $[11.0(10.0, 14.0)]$ d, $Z = 2.501, P = 0.013$; 以上差异均有统计学意义($P < 0.05$)。与预后相关的因素为入院时 mRS 评分($\chi^2 = 20.913, P < 0.001$)和 cAVM 的 Spetzler-Martin 分级($\chi^2 = 8.784, P = 0.032$)。**结论** 介入栓塞联合显微手术治疗儿童 cAVM 较单纯手术治疗住院时间和镜下操作时间更短, 出血量更少。术前 mRS 评分和 Spetzler-Martin 分级与患儿预后相关。

【关键词】 脑动静脉畸形; 显微外科手术; 血管内操作; 栓塞; 治疗结果; 对比研究

DOI: 10.3760/cma.j.cn101785-202410068-004

Efficacies and outcomes of endovascular embolization plus microsurgery for brain arteriovenous malformations in children

Shi Wujie, Zhang Wenbo, Zhang Peiliang, Shen Zhipeng

Department of Neurosurgery, Affiliated Children's Hospital, Zhejiang University School of Medicine, Hangzhou 310052, China

Corresponding author: Shen Zhipeng, Email: shenzp.zju.edu.cn

【Abstract】 Objective Bleeding from rupture of cerebral arteriovenous malformations (cAVM) has been the most common cause of intracranial hemorrhage in children. The therapeutic goals should be preventing re-bleeding and improving quality-of-life. The objective of this study was to examine the differences in surgical approaches for pediatric cAVMs. **Methods** From June 2022 to June 2024, retrospective analysis was performed for the relevant clinical data from 29 cAVM children undergoing endovascular embolization plus microsurgery. The relevant clinical data of blood loss volume, microscopic procedure time, hospitalization stay and outcomes were compared between two procedures. And patient outcomes were assessed by modified Rankin scale (mRS) at the time of discharge. **Results** The clinical grades were I–III ($n = 25$) and IV ($n = 4$). And they were assigned to undergo interventional embolization plus microsurgery ($n = 10$) and operation alone ($n = 19$). Volume of blood loss was (107.0 ± 27.1) vs. (174.7 ± 99.4) ml and the difference was statistically significant ($t = 2.780, P = 0.011$); microscopic operative duration $[72.0(63.0, 120.0)$ vs. $140.0(102.0, 160.0)$ min], $Z = 2.202, P = 0.029$; hospitalization stay $[11.0(10.0, 14.0)$ vs. $16.0(13.000, 23.0)$, $Z = 2.501, P = 0.013$]. The prognosis-related factors were admission mRS score ($\chi^2 = 20.913, P < 0.001$) and Spetzler-Martin score ($\chi^2 = 8.784, P = 0.032$). **Conclusions** For pediatric cAVM, endovascular embolization plus microsurgery is associated with shorter hospitalization stay, microscopic operative duration and less blood loss than surgery alone.

【Key words】 Cerebral Arteriovenous Malformations; Microsurgery; Endovascular Procedures; Embol-

ism; Treatment Outcome; Comparative Study

DOI:10.3760/cma.j.cn101785-202410068-004

卒中是影响儿童神经系统的重要疾病之一,大多数患儿遗留永久性神经功能缺陷,年发病率约为 1.4/10 万人年 其中 50% 为出血性卒中^[1]。脑动静脉畸形(cerebral arteriovenous malformations, cAVM)破裂占儿童颅内出血的 30%~50%,是儿童出血性卒中的最常见原因^[2-3]。10%~30%的 cAVM 破裂出血患儿死亡,20%~40% 出现神经功能残疾,并可能诱发脑积水等并发症^[4-6]。儿童患者预期寿命较长,累积出血风险较高,预期终身出血风险显著高于成人患者^[7-8]。因此,对于儿童 cAVM,更需要合理应对和处理。研究表明,血管团位置及大小、深静脉引流、单一供血动脉、脑室系统受累等可能是儿童 cAVM 出血性表现的相关因素^[9-10]。cAVM 的治疗方式包括手术切除、血管内栓塞、放射治疗和联合治疗^[11-13]。然而,目前关于 cAVM 的综合治疗主要针对成人,儿童 cAVM 的最佳治疗方案尚未建立。本研究旨在分析儿童 cAVM 的临床特征,评估 cAVM 治疗中不同手术方式的差异,并分析其临床转归。

资料与方法

一、临床资料

回顾性分析 2022 年 6 月至 2024 年 6 月浙江大学医学院附属儿童医院神经外科连续收治的 cAVM 患儿临床资料,患儿均最终接受手术治疗。排除标准为硬脑膜动静脉瘘、软脑膜动静脉瘘、海绵状血管畸形或其他类型脑血管畸形。均经 DSA 检查证实,最终该研究纳入 29 例 cAVM 患儿。采取介入栓塞联合显微手术治疗 10 例,为介入栓塞联合手术组;单纯

手术治疗 19 例,为单纯手术组。本研究经过浙江大学医学院附属儿童医院伦理委员会审核批准(2025-IRB-0081)。

二、临床数据

收集患儿年龄、性别、症状及治疗方式等。从 DSA 图像中获取 cAVM 的解剖特征数据,并根据 Spetzler-Martin 评分进行分级。同时记录两组患儿显微镜下手术时间,出血量,住院天数,手术切除情况。所有患儿出院时使用改良 Rankin 量表(modified Rankin Scale, mRS)进行预后评估,将 mRS 评分 ≥ 3 分定义为残疾。

三、统计学处理

使用 SPSS 27.0 进行统计学分析,连续型变量(包括患儿年龄, cAVM 大小,镜下手术时间,出血量,住院天数)的组间比较使用 *t* 检验或 Mann-Whitney *U* 检验,服从正态分布的数据以 $\bar{x} \pm s$ 表示,不服从正态分布的计量资料采用 $M(Q_1, Q_3)$ 表示。计数资料组间(包括性别、mRS 评分、Spetzler-Martin 分级)比较采用卡方检验或 Fisher 精确概率法。 $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

结 果

一、临床基线数据

单纯手术组 19 例,其中 Spetzler-Martin 分级 1~3 级 17 例、4 级 2 例;介入栓塞联合手术组 10 例,其中 Spetzler-Martin 分级 1~3 级 8 例、4 级 2 例。入院时单纯手术组 mRS 评分 ≥ 3 分 10 例,介入栓塞联合手术组 mRS 评分 ≥ 3 分 4 例。两组患儿临床症状主要为头痛、呕吐、偏瘫、偏盲等,临床基线数据见表 1。

表 1 29 例脑动静脉畸形患儿临床基线数据

Table 1 Clinical baseline profiles of 29 cAVM children

分组	性别[<i>n</i> (%)]		年龄 ($\bar{x} \pm s$,月)	入院时 mRS 评分[<i>n</i> (%)]							
	男	女		0 分	1 分	2 分	3 分	4 分	5 分		
单纯手术组(<i>n</i> = 19)	10(52.6)	9(47.4)	100.7 ± 32.07	1(5.3)	4(21.1)	4(21.1)	4(21.1)	4(21.1)	2(10.5)		
介入栓塞联合手术组(<i>n</i> = 10)	8(80.0)	2(20.0)	111.9 ± 41.70	1(10.0)	2(20.0)	3(30.0)	1(10.0)	1(10.0)	2(20.0)		
分组	出院时 mRS 评分[<i>n</i> (%)]						Spetzler-Martin 分级[<i>n</i> (%)]				
	0 分	1 分	2 分	3 分	4 分	5 分	1 级	2 级	3 级	4 级	5 级
单纯手术组(<i>n</i> = 19)	6(31.6)	2(10.5)	9(56.3)	1(5.3)	1(5.3)	0	3(15.8)	10(52.6)	4(21.1)	2(10.5)	0
介入栓塞联合手术组(<i>n</i> = 10)	3(30.0)	3(30.0)	3(30.0)	1(10.0)	0(0.0)	0	1(10.0)	3(30.0)	4(40.0)	2(10.5)	0

注 mRS:改良 Rankin 量表

单纯手术组患儿显微镜下操作时间 140.0 (102.0,160.0)min,失血量(174.7±99.4)mL,完整切除率为84.2%,住院时间16.0(13.0,23.0)d。介入栓塞联合手术组患儿显微镜下操作时间72.0 (63.0,120.0)min,失血量(107.0±27.1)mL,完整切除率为90.0%,住院时间11.0(10.0,14.0)d。两组镜下手术时间、出血量和住院时间差异有统计学意义($P<0.05$),完整切除率和残疾率差异无统计学意义($P>0.05$),见表2。

二、治疗结果

本研究无一例术中及术后死亡,观察期间无一例发生再出血、术后癫痫等并发症。单纯手术组术前肌力正常的患儿中,有2例肌力下降至3级,经保守治疗后肌力恢复正常。介入栓塞联合手术组中有1例肌力下降至3级,于出院前恢复至5级。单纯手术组中,18例最初表现为局灶性神经功能缺损的患儿中,6例获得完全改善;2例(10.5%)术后仍有偏瘫,出院时mRS评分≥3分,被归类为残疾;89.5%的患儿结局良好,无残疾(mRS 0分)人数占31.6%,轻微残疾(mRS 2分)人数占57.9%。介入

栓塞联合手术组入院时存在残疾患儿中,3例完全改善,1例(10.0%)仍有偏瘫,出院时mRS评分为3分,被归类为残疾。统计学分析显示,术前更高的mRS评分和Spetzler-Martin分级是影响预后的风险因素($P<0.05$),最终有残疾和无残疾的患儿年龄、术中出血量、cAVM大小比较,差异无统计学意义($P>0.05$),见表3。

讨 论

cAVM的术前栓塞是为了便于手术切除,尽管其对手术切除的影响尚未明确。但我们的研究表明栓塞和手术效能指标之间存在关联。本研究发现,在儿童患者中,术前栓塞有助于减少手术出血量和镜下操作时间,并缩短住院时长,但是不同手术方式与患者残疾率并不相关,而术前mRS评分和Spetzler-Martin分级与患儿预后相关。

目前cAVM的治疗仍然是一个挑战,在cAVM的治疗方式中,显微外科手术的完全闭塞率最高,远期出血风险最低,但病死率最高^[14]。术前栓塞的

表2 单纯手术组和介入栓塞联合手术组脑动静脉畸形患儿手术相关数据

Table 2 Surgery-related data of surgery-alone and co-treatment groups

分组	镜下手术时间 [$M(Q_1, Q_3)$, min]	出血量 ($\bar{x} \pm s$, mL)	住院天数 [$M(Q_1, Q_3)$, d]	完整切除率 (%)	短期残疾(mRS ≥ 3分) 发生率(%)
单纯手术组($n=19$)	140.0(102.0,160.0)	174.7±99.4	16.0(13.0,23.0)	84.2	10.5
介入栓塞联合手术组($n=10$)	72.0(63.0,120.0)	107.0±27.1	11.0(10.0,14.0)	90.0	10.0
统计量	$Z=2.202$	$t=2.780$	$Z=2.501$	$\chi^2=0.185$	$\chi^2=0.002$
P值	0.029	0.011	0.013	0.667	0.965

表3 脑动静脉畸形患儿预后相关风险因素分析结果

Table 3 Risk factors associated with short-term outcomes in cAVM children

分组	年龄	出血量	cAVM 大小	镜下手术时间	入院时 mRS 评分[$n(\%)$]					
	[$M(Q_1, Q_3)$, 月]	[$M(Q_1, Q_3)$, mL]	[$M(Q_1, Q_3)$, cm]	[$M(Q_1, Q_3)$, min]	0 分	1 分	2 分	3 分	4 分	5 分
最终有残疾 ($n=3$)	108.0 (98.0,112.0)	150.0 (100.0,340.0)	2.0 (2.0,4.1)	120.0 (120.0,160.0)	0	0	0	0	0	3 (100.0)
最终无残疾 ($n=26$)	113.0 (93.0,132.0)	120.0 (90.0,160.0)	3.1 (2.3,3.9)	117.0 (90.0,160.0)	2 (7.7)	6 (23.1)	7 (26.9)	5 (19.2)	5 (19.2)	1 (3.9)
统计量	$Z=0.645$	$Z=-0.859$	$Z=0.752$	$Z=-0.573$	$\chi^2=20.913$					
P 值	0.543	0.407	0.473	0.591	<0.001					

分组	Spetsler-Martin 分级[$n(\%)$]				手术方式[$n(\%)$]	
	1 级	2 级	3 级	4 级	单纯手术	栓塞 + 手术
最终有残疾($n=3$)	0	0	3(100.0)	0	2(66.7)	1(33.3)
最终无残疾($n=26$)	4(15.4)	13(50.0)	5(19.2)	4(15.4)	17(65.4)	9(34.6)
统计量	$\chi^2=8.784$				$\chi^2=0.002$	
P 值	0.032				0.965	

注 mRS:改良 Rankin 量表; cAVM:脑动静脉畸形

目的在于缩小畸形血管团体积,闭塞功能区或深部病灶的畸形血管,降低手术风险。栓塞治疗已被证实是改变 cAVM 病灶血流动力学的有效方法^[15]。

目前关于术前栓塞病例的临床结局文献报道尚不一致。一项大规模研究发现,术前栓塞与单纯手术相比,术前栓塞的患儿具有较长的中位数手术时间,且与出血量不相关^[16]。我们的研究显示,术前栓塞的患儿镜下切除时间显著低于单纯手术组,两项研究结果存在差异可能是由于我们的研究只计算了镜下手术时间而非全程手术时间。在另一项研究中,Jafar 等^[17]发现 cAVM 大小和 Spetzler-Martin 分级不能预测栓塞病例的失血量,认为栓塞有可能掩盖一些具有较高风险的特征。但我们的研究证实,术中出血量在栓塞组和非栓塞组之间存在统计学差异,术前栓塞能显著减少术中出血,术前栓塞组患儿出血量较单纯手术组少约 70 mL。在闫海等^[18]的研究中,治疗组术后神经功能障碍发生率明显低于对照组,术中出血量少于对照组,差异具有统计学意义($P < 0.05$),这与我们的研究结果相似。此外,有研究表明 Spetzler-Martin 分级影响 cAVM 破裂出血和完整切除率^[19-20]。我们的研究表明 Spetzler-Martin 分级与患儿短期预后相关,但目前关于这方面的研究较少。

我们的研究表明,栓塞联合手术有助于减少出血量和手术时间,减少住院天数,这可能与栓塞有关。术中栓塞存在以下优点:①被栓塞血管质地变硬,张力降低,利于分离正常脑组织与病灶。②术前栓塞可以减少病灶血供,减小病灶体积,减少术中出血,改善血管调节,并可能降低术后再出血发生率。③栓塞病灶颜色改变,利于病灶辨认与分离。④可能对未获全切患儿的放射治疗有帮助^[21-22]。

已有研究提示,治疗前 mRS 评分较差与不良结局显著相关^[23-24]。这与我们的研究结果一致。有研究表明术中出血量是影响预后的唯一风险因素^[25]。但我们的研究并未发现短期预后与术中出血量的相关性。

本研究中,介入栓塞联合手术组完整切除率为 90.0%,单纯手术组为 84.2%。虽然联合手术组完整切除率更高,但差异并无统计学意义($P > 0.05$),这可能与病例数过少有关。与之类似,在闫海等^[18]的研究中,治疗组与对照组的完全切除率分别为 93.10%、89.66%,差异亦无统计学意义($P > 0.05$)。但张涛等^[26]的研究结果表明,联合手术能

够降低 cAVM 患儿出血等并发症的发生率,提高完整切除率。

综上,介入栓塞联合显微手术切除治疗儿童 cAVM 能够减少患儿出血量及住院时间,减少镜下操作时间,是一种安全有效的根治性治疗方法。患儿预后与入院时 mRS 评分和 Spetzler-Martin 分级相关。

利益冲突 所有作者声明不存在利益冲突

作者贡献声明 章培良、石武杰负责文献检索,沈志鹏、石武杰负责论文设计,张文博、章培良负责数据收集,石武杰、张文博负责研究结果分析与讨论以及论文撰写;沈志鹏负责全文知识性内容的审读与修正

参 考 文 献

- [1] Sporns PB, Fullerton HJ, Lee S, et al. Childhood stroke [J]. Nat Rev Dis Primers, 2022, 8(1): 12. DOI: 10.1038/s41572-022-00337-x.
- [2] Smith ER, Butler WE, Ogilvy CS. Surgical approaches to vascular anomalies of the child's brain [J]. Curr Opin Neurol, 2002, 15(2): 165-171. DOI: 10.1097/00019052-200204000-00007.
- [3] 吴水华, 陈朝晖, 范双石, 等. 3 月龄以内婴儿颅内出血并血肿形成手术方案的初步探讨 [J]. 临床小儿外科杂志, 2019, 18(9): 748-751. DOI: 10.3969/j.issn.1671-6353.2019.09.008.
Wu SH, Chen ZH, Fan SS, et al. Surgical approaches of intracranial hemorrhages in neonates and infants aged under 3 months [J]. J Clin Ped Sur, 2019, 18(9): 748-751. DOI: 10.3969/j.issn.1671-6353.2019.09.008.
- [4] Silva AHD, James G. Natural history and clinical manifestation of Pediatric Brain Arteriovenous Malformations [J]. J Korean Neurosurg Soc, 2024, 67(3): 280-288. DOI: 10.3340/jkns.2024.0037.
- [5] Chen CJ, Ding DL, Derdeyn CP, et al. Brain arteriovenous malformations: a review of natural history, pathobiology, and interventions [J]. Neurology, 2020, 95(20): 917-927. DOI: 10.1212/WNL.0000000000010968.
- [6] 王贤书, 张晓茹, 杨志国, 等. 脑室腹腔分流术治疗婴儿脑积水 120 例 [J]. 临床小儿外科杂志, 2011, 10(2): 105-106. DOI: 10.3969/j.issn.1671-6353.2011.02.008.
Wang XS, Zhang XR, Yang ZG, et al. Ventriculo-peritoneal (V-P) shunt surgery of infants of hydrocephalus: a report of 120 cases [J]. J Clin Ped Sur, 2011, 10(2): 105-106. DOI: 10.3969/j.issn.1671-6353.2011.02.008.
- [7] 崔德秋, 曾高, 杜建新. 儿童颅内动静脉畸形的外科治疗研究进展 [J]. 中国脑血管病杂志, 2017, 14(10): 551-556. DOI: 10.3969/j.issn.1672-5921.2017.10.011.
Cui DQ, Zeng G, Du JX. Research advances of surgical treatment for intracranial arteriovenous malformations in children [J]. Chin J Cerebrovasc Dis, 2017, 14(10): 551-556. DOI: 10.3969/j.issn.1672-5921.2017.10.011.
- [8] 崔德秋, 曾高, 杜建新, 等. 儿童颅内动静脉畸形手术中 DSA 的作用 [J]. 中国脑血管病杂志, 2017, 14(8): 429-433. DOI: 10.3969/j.issn.1672-5921.2017.08.008.
Cui DQ, Zeng G, Du JX, et al. Role of digital subtraction angiography during surgical treatment of intracranial arteriovenous mal-

- formations in children [J]. Chin J Cerebrovasc Dis, 2017, 14 (8):429-433. DOI:10.3969/j.issn.1672-5921.2017.08.008.
- [9] Bird WA, Hendrix P, Bohan C, et al. External validation of the R2eD AVM score to predict the likelihood of rupture presentation of brain arteriovenous malformations[J]. Neurosurgery, 2021, 89 (2):220-226. DOI:10.1093/neuros/nyab108.
- [10] Chen Y, Han HZ, Meng XY, et al. Development and validation of a scoring system for hemorrhage risk in brain arteriovenous malformations[J]. JAMA Netw Open, 2023, 6 (3):e231070. DOI:10.1001/jamanetworkopen.2023.1070.
- [11] Lawton MT, Rutledge WC, Kim H, et al. Brain arteriovenous malformations[J]. Nat Rev Dis Primers, 2015, 1:15008. DOI:10.1038/nrdp.2015.8.
- [12] 韩国庆, 蒲珂, 黄志发, 等. 儿童脑动静脉畸形治疗方式及预后分析[J]. 中国现代神经疾病杂志, 2023, 23 (5):425-432. DOI:10.3969/j.issn.1672-6731.2023.05.008.
- Han GQ, Pu K, Huang ZF, et al. Different treatments and prognostic analysis of cerebral arteriovenous malformation in children [J]. Chin J Contemp Neurol Neurosurg, 2023, 23 (5):425-432. DOI:10.3969/j.issn.1672-6731.2023.05.008.
- [13] Chen CJ, Lee CC, Kano H, et al. Radiosurgery for unruptured intervention-na? ve pediatric brain arteriovenous malformations [J]. Neurosurgery, 2020, 87 (2):368-376. DOI:10.1093/neuros/nyz558.
- [14] van Beijnum J, van der Worp HB, Buis DR, et al. Treatment of brain arteriovenous malformations: a systematic review and meta-analysis[J]. JAMA, 2011, 306 (18):2011-2019. DOI:10.1001/jama.2011.1632.
- [15] Purdy PD, Samson D, Batjer HH, et al. Preoperative embolization of cerebral arteriovenous malformations with polyvinyl alcohol particles: experience in 51 adults [J]. AJNR Am J Neuroradiol, 1990, 11 (3):501-510.
- [16] Donzelli GF, Nelson J, McCoy D, et al. The effect of preoperative embolization and flow dynamics on resection of brain arteriovenous malformations[J]. J Neurosurg, 2020, 132 (6):1836-1844. DOI:10.3171/2019.2.JNS182743.
- [17] Jafar JJ, Davis AJ, Berenstein A, et al. The effect of embolization with N-butyl cyanoacrylate prior to surgical resection of cerebral arteriovenous malformations[J]. J Neurosurg, 1993, 78 (1):60-69. DOI:10.3171/jns.1993.78.1.0060.
- [18] 闫海, 陈真. Onyx 胶术前栓塞联合显微手术治疗高级别脑动静脉畸形的效果[J]. 临床医学研究与实践, 2021, 6 (5):81-83. DOI:10.19347/j.cnki.2096-1413.202105029.
- Yan H, Chen Z. Effect of preoperative embolization with Onyx glue plus microsurgery for high-grade brain arteriovenous malformations[J]. Clin Res Pract, 2021, 6 (5):81-83. DOI:10.19347/j.cnki.2096-1413.202105029.
- [19] de Lijis BG, Arini AAIK, Karuniamaya CP, et al. Risk of intracranial hemorrhage in brain arteriovenous malformations: a systematic review and meta-analysis [J]. J Neurol, 2024, 271 (5):2274-2284. DOI:10.1007/s00415-024-12235-1.
- [20] Alfter M, Albiña-Palmarola P, Cimpoca A, et al. Multi-stage treatment for Spetzler-Martin grades III, IV, and V arteriovenous malformations: preoperative embolization and microsurgical resection in a consecutive series of 250 patients[J]. J Clin Med, 2023, 12 (18):5990. DOI:10.3390/jcm12185990.
- [21] Borges de Almeida G, Pamplona J, Baptista M, et al. Endovascular treatment of brain arteriovenous malformations in pediatric patients: a single center experience and review of the literature[J]. J Neurol Surg A Cent Eur Neurosurg, 2024, 85 (4):361-370. DOI:10.1055/s-0043-1770356.
- [22] 熊启江, 虞正权. 术前部分栓塞联合显微手术切除Ⅲ至Ⅴ级脑动静脉畸形的疗效分析[J]. 临床神经外科杂志, 2014, 11 (3):187-190. DOI:10.3969/j.issn.1672-7770.2014.03.009.
- Xiong QJ, Yu ZQ. Efficacy of preoperative partial embolization plus microsurgical resection of III-V grade cerebral arteriovenous malformations [J]. J Clin Neurosurg, 2014, 11 (3):187-190. DOI:10.3969/j.issn.1672-7770.2014.03.009.
- [23] Darsaut TE, Guzman R, Marcellus ML, et al. Management of pediatric intracranial arteriovenous malformations: experience with multimodality therapy[J]. Neurosurgery, 2011, 69 (3):540-556. DOI:10.1227/NEU.0b013e3182181c00.
- [24] da Costa L, Wallace MC, Ter Brugge KG, et al. The natural history and predictive features of hemorrhage from brain arteriovenous malformations [J]. Stroke, 2009, 40 (1):100-105. DOI:10.1161/STROKEAHA.108.524678.
- [25] Wong J, Slomovic A, Ibrahim G, et al. Microsurgery for ARUBA trial (a randomized trial of unruptured brain arteriovenous malformation)-eligible unruptured brain arteriovenous malformations [J]. Stroke, 2017, 48 (1):136-144. DOI:10.1161/STROKEAHA.116.014660.
- [26] 张涛, 李华超, 尚彦国, 等. 复合手术在复杂脑动静脉畸形治疗的应用分析[J]. 中国微侵袭神经外科杂志, 2018, 23 (5):204-207. DOI:10.11850/j.issn.1009-122X.2018.05.004.
- Zhang T, Li HC, Shang YG, et al. Analysis on applying hybrid operation for complex intracranial arteriovenous malformations [J]. Chin J Minim Invasive Neurosurg, 2018, 23 (5):204-207. DOI:10.11850/j.issn.1009-122X.2018.05.004.

(收稿日期:2024-10-30)

本文引用格式: 石武杰, 张文博, 章培良, 等. 介入栓塞联合显微手术治疗儿童脑动静脉畸形的临床研究[J]. 临床小儿外科杂志, 2025, 24 (2):120-124. DOI:10.3760/cma.j.cn101785-202410068-004.

Citing this article as: Shi WJ, Zhang WB, Zhang PL, et al. Efficacies and outcomes of endovascular embolization plus microsurgery for brain arteriovenous malformations in children [J]. J Clin Ped Sur, 2025, 24 (2):120-124. DOI:10.3760/cma.j.cn101785-202410068-004.