

•血管介入 Vascular intervention•

胸主动脉腔内修复术后截瘫危险因素分析

冀振春, 沈振亚, 余云生, 叶文学, 黄浩岳, 华 菲, 陈一欢, 胡雁秋, 苏成锴

【摘要】目的 探讨胸主动脉腔内修复术(TEVAR)后发生截瘫的危险因素。方法 回顾性分析 2015 年 12 月至 2021 年 2 月在苏州大学附属第一医院接受 TEVAR 治疗的 307 例 Stanford B 型主动脉夹层或胸主动脉瘤患者临床和影像资料。根据术后有无截瘫发生将患者分为截瘫组(8 例)和无截瘫组(299 例)。观察患者临床指标及围手术期主动脉 CTA 检查结果。对两组间差异有统计学意义的临床指标进行单因素和多因素 logistic 回归分析。结果 术后截瘫总发生率为 2.61%。两组患者间伴冠心病、假腔血栓、围手术期低血压、支架远端距腹腔干开口长度、支架远端真腔狭窄率参数差异有统计学意义(均 $P<0.05$)。单因素 logistic 回归分析显示,围手术期低血压、支架远端距腹腔干开口长度、真腔狭窄率是截瘫发生的危险因素(均 $P<0.05$)。多因素 logistic 回归分析显示,围手术期低血压、支架远端距腹腔干开口长度、真腔狭窄率是截瘫发生的独立危险因素(均 $P<0.05$)。结论 围手术期低血压、支架远端距腹腔干开口长度、真腔狭窄率是 TEVAR 术后并发截瘫的预测因子。对于主动脉破口较低患者仍需寻找更优化方案封堵破口,保护脊髓供血,避免截瘫发生。

【关键词】胸主动脉腔内修复术;截瘫;危险因素

中图分类号:R654.3 文献标志码:A 文章编号:1008-794X(2022)-12-1160-05

Analysis of the risk factors for paraplegia after thoracic endovascular aortic repair JI Zhenchun, SHEN Zhenya, YU Yunsheng, YE Wenxue, HUANG Haoyue, HUA Fei, CHEN Yihuan, HU Yanqiu, SU Chengkai. Department of Cardiovascular Surgery, First Affiliated Hospital of Soochow University, Suzhou, Jiangsu Province 215006, China

Corresponding author: SHEN Zhenya, E-mail: uuzyshe@aliyun.com

【Abstract】Objective To investigate the risk factors for the occurrence of paraplegia after thoracic endovascular aortic repair(TEVAR). Methods The clinical data and imaging materials of a total of 307 patients with Stanford type B aortic dissection or thoracic aortic aneurysm, who received TEVAR at the First Affiliated Hospital of Soochow University of China between December 2015 and February 2021, were retrospectively analyzed. Patients were divided into paraplegia group($n=8$) and non-paraplegic group($n=299$) according to the presence of postoperative paraplegia. The clinical indexes and perioperative aortic CTA examination results were recorded. Univariate analysis and multivariate logistic regression analysis were used to analyze the clinical indicators that had statistically significant difference between the two groups. Results The total incidence of postoperative paraplegia was 2.61%. Statistically significant differences in coronary heart disease, false lumen thrombosis, perioperative hypotension, the length from the stent distal end to the celiac trunk opening, and the stenosis ratio of true lumen distal to the stent existed between the two groups (all $P<0.05$). Univariate logistic regression analysis showed that perioperative hypotension, the length from the stent distal end to the celiac trunk opening, and the stenosis ratio of true lumen distal to the stent were the risk factors for the occurrence of paraplegia(all $P<0.05$). Multivariate logistic regression analysis indicated that the perioperative hypotension, the length from the stent distal end to the celiac trunk opening, and the stenosis ratio of true lumen distal to the stent were the independent risk factors for the occurrence of paraplegia after TEVAR(all $P<0.05$). Conclusion The perioperative hypotension, the length from the stent distal end to the celiac trunk opening, and the stenosis ratio of true lumen distal to the stent are the predictors of postoperative paraplegia

after TEVAR. For patients who has low-position aortic rupture, in order to protect the blood supply to the spinal cord and to avoid the occurrence of paraplegia, more optimized solutions still need to be found so as to reliably seal the aortic rupture. (J Intervent Radiol, 2022, 31: 1160-1164)

【Key words】 thoracic endovascular aortic repair; paraplegia; risk factor

胸主动脉腔内修复术 (thoracic endovascular aortic repair, TEVAR) 是目前治疗 Stanford B 型主动脉夹层和胸主动脉瘤的有效方法^[1]。但临床面临的挑战是该术式相关并发症, 其中截瘫是严重并发症之一。尽管不断改进手术策略及加强围手术期管理, 但 TEVAR 术后截瘫发生率并未明显降低^[2], 文献报道其发生率为 6.9%~20%^[3-5]。TEVAR 术后截瘫患者生存期和生活质量显著降低, 且很难恢复至基线功能^[6]。因此, 研究并明确并发截瘫的危险因素、降低截瘫发生的保护措施对患者长期生存和生活质量有积极意义。本研究探讨导致 TEVAR 术后截瘫的危险因素, 旨在为降低截瘫发生制定更合理的临床策略。

1 材料与方法

1.1 患者资料和研究方法

收集 2015 年 12 月至 2021 年 2 月在苏州大学附属第一医院接受 TEVAR 治疗的 Stanford B 型主动脉夹层或胸主动脉瘤患者临床资料。纳入标准: ①明确诊断为 B 型夹层或胸主动脉瘤; ②接受至少 1 次 TEVAR, 结合或不结合“烟囱”技术、开窗技术、限制性裸支架植入术、腰大池脑脊液引流 (cerebrospinal fluid drainage, CSFD) 等; ③术前和术后完成主动脉 CTA 检查。排除标准: Stanford A 型主动脉夹层。共入组 307 例患者, 其中男 269 例 (87.6%), 女 38 例 (12.4%), 年龄 (55.4±13.9) 岁 (19~84 岁)。所有患者 TEVAR 手术均顺利完成。术后有 8 例发生瘫痪, 总截瘫率为 2.61%。根据有无截瘫发生将患者分为截瘫组和非截瘫组。分析两组患者年龄、性别、伴高血压、伴糖尿病、伴心脏瓣膜病、伴冠心病、左锁骨下动脉覆盖、限制性裸支架应用、术前 CSFD、支架末端距腹腔干开口长度、未处理的夹层第一破口至支架末端距离、围手术期低血压 (最低平均动脉压 <70 mmHg, 1 mmHg=0.133 kPa)、假腔血栓、腰动脉覆盖、真腔狭窄率 (支架远端最窄处真腔直径/最窄处降主动脉直径×100%)、肾功能不全、术中对比剂用量、支架远端动脉瘤、动脉硬化指数等指标。

1.2 手术方法

手术在全身麻醉下进行, 选择股动脉入路, 主

动脉造影明确病变范围, 主动脉夹层患者明确破口位置及重要分支动脉供血情况, 结合术前主动脉 CTA 测量近端锚定区长度, 确定主动脉腹膜支架置放位置和长度, 同时配合应用“烟囱”技术或开窗技术等; 为防止血压过低, 常规使用甲泼尼龙; 术后常规复苏, 判断是否截瘫。对于计划覆膜支架覆盖胸主动脉远端 1/3 患者, 手术当天由神经外科医师采用标准穿刺引流术置放腰大池 CSFD 袋, 接口接于距患者外耳道平面以上 10 cm 位置并妥善固定, 同时连接至中心静脉测压装置测定脑脊液压力; 术中和术后维持脑脊液压在 10~15 mmH₂O (1 mmH₂O=0.009 8 kPa), 引流速度为 10~15 mL/h, 引流量不超过 400 mL/d, 注意观察引流脑脊液颜色、性状, 并精确记录引流量; 术后 2~4 d 确定无截瘫予以拔除 CSFD 管, 明确截瘫发生则立即行腰椎穿刺引流, 保留 5~7 d 后拔除 CSFD 管。

1.3 统计学分析

采用 SPSS 20.0 软件进行统计学处理。正态分布计量资料以 $\bar{x} \pm s$ 表示, 两组间比较用 t 检验; 计数资料以例 (%) 表示, 组间比较用 χ^2 检验。将单因素 logistic 分析显示差异有统计学意义的变量纳入多因素 logistic 回归分析。 $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 两组患者临床资料比较

两组患者间伴冠心病、假腔血栓、围手术期低血压、支架远端距腹腔干开口长度、真腔狭窄率参数差异有统计学意义 (均 $P < 0.05$), 年龄、性别、伴高血压、伴糖尿病、伴心脏瓣膜病、左锁骨下动脉覆盖、限制性裸支架应用、术前 CSFD、未处理的夹层第一破口至支架末端距离、腰动脉覆盖、肾功能不全、术中对比剂用量、支架远端动脉瘤、动脉硬化指数差异无统计学意义 (均 $P > 0.05$), 见表 1。

2.2 单因素 logistic 回归分析

将上述差异有统计学意义的自变量行单因素 logistic 回归分析, 结果显示围手术期低血压、支架远端距腹腔干开口长度、真腔狭窄率是截瘫发生的危险因素 (均 $P < 0.05$), 见表 2。

2.3 多因素 logistic 回归分析

将单因素分析中存在差异的变量行多因素 logistic 回归分析,结果显示围手术期低血压、支架远端距腹腔干开口长度、真腔狭窄率是截瘫发生的独立危险因素(均 $P < 0.05$),见表 3。

3 讨论

脊髓供血动脉缺血是 TEVAR 术后截瘫的主要原因,但具体机制仍不清楚。脊髓主要血供为 1 支脊髓前动脉和 2 支脊髓后动脉,均来自椎动脉,胸部肋间动脉为脊髓提供侧支血流。最大的肋间动脉是 Adamkiewicz 动脉,即根大动脉,起源于下胸主动脉,多数位于 T8~L1 椎体水平,是胸腰段脊髓最重要的供血动脉。此外,侧支循环对脊髓供血同样重要,主要包括左锁骨下动脉、腰动脉和髂内动脉。目前基本一致认为下胸段(从 T8~12)代表一“临界

区”^[7]。尽管 Adamkiewicz 动脉并非脊髓唯一灌注源,但 T8~L1 椎体区域通常有一些更大口径的肋间动脉^[8]。术前仔细鉴定根大动脉并予保护可能有助于预防术后脊髓损伤,保留潜在的侧支循环也可降低术后脊髓损伤风险^[9]。然而,由于根大动脉直径小、分支变异,应用常规血管造影方法很难评估其动脉形状。

TEVAR 术后截瘫的危险因素可大致分为解剖因素和患者自身特定因素。美国血管外科学会指南将 TEVAR 术中覆膜支架广泛覆盖(长度未指定)、髂动脉或椎动脉闭塞、计划覆盖左锁骨下动脉或覆盖其以上主动脉定义为截瘫高危因素^[10]。长节段病变时 TEVAR 术覆膜支架将覆盖肋间动脉,可引起脊髓供血受累,是导致术后脊髓缺血的主要原因^[11]。也有文献报道覆膜支架覆盖越长,脊髓受供血管缺血越严重^[12]。本研究中支架末端位置距腹腔干开口

表 1 两组患者临床资料比较

变量参数	无截瘫组(299 例)	截瘫组(8 例)	χ^2 值	P 值
年龄(岁)	55.7±13.8	47.9±17.6	1.578	0.116
性别(男/女)(例)	262/37	7/1	0.001	0.992
伴高血压[例(%)]	194(64.88)	7(87.50)	1.763	0.184
伴糖尿病[例(%)]	20(6.69)	1(12.50)	0.413	0.521
伴心脏瓣膜病[例(%)]	15(5.02)	0	0.422	0.516
伴冠心病[例(%)]	19(6.35)	2(25.00)	4.25	0.039
左锁骨下动脉覆盖[例(%)]	25(8.36)	1(12.50)	0.17	0.678
限制性裸支架应用[例(%)]	21(7.02)	1(12.50)	0.35	0.553
术前 CSFD[例(%)]	10(3.34)	0	0.277	0.599
支架远端距腹腔干开口长度(mm)	83.93±36.09	43.68±31.50	4.034	<0.01
未处理夹层第一破口至支架末端距离(mm)	26.98±34.44	36.75±18.17	-1.452	0.183
围手术期低血压[例(%)]	6(2.01)	2(25.00)	16.231	<0.01
假腔血栓[例(%)]	155(51.84)	7(87.50)	3.976	0.046
腰动脉覆盖[例(%)]	8(2.68)	1(12.50)	2.643	0.104
真腔狭窄率(%)	26.41±25.59	60.81±25.75	-3.729	0.007
肾功能不全[例(%)]	21(7.02)	1(12.50)	0.351	0.553
术中对比剂用量(mL)	134.25±59.81	160.00±57.32	-1.203	0.230
支架远端动脉瘤[例(%)]	5(1.67)	0	0.136	0.712
动脉硬化指数	2.99±1.24	2.99±0.73	0.001	0.999

表 2 截瘫危险因素单因素 logistic 回归分析结果

变量	系数值	标准误	卡方值	OR 值	P 值	95%CI
冠心病	-1.592	0.850	3.505	0.204	0.061	0.038~1.078
围手术期低血压	-2.790	0.915	9.301	0.061	0.002	0.010~0.369
假腔血栓	-1.872	1.075	3.032	0.054	0.082	0.019~1.265
支架远端距腹腔干开口长度	-0.040	0.012	10.104	0.961	0.001	0.938~0.985
真腔狭窄率	0.068	0.022	9.257	1.070	0.002	1.024~1.118

表 3 截瘫危险因素多因素 logistic 回归分析结果

变量	系数值	标准误	卡方值	OR 值	P 值	95%CI
围手术期低血压	-2.978	1.262	5.572	0.051	0.018	0.004~0.603
支架远端距腹腔干开口长度	-0.037	0.014	6.513	0.964	0.011	0.937~0.992
真腔狭窄率	0.072	0.027	7.126	1.075	0.008	1.019~1.133
常量	-2.283	1.829	1.559	0.102	0.212	

长度越短覆盖脊髓受供血管越多,多因素分析显示支架远端位置距腹腔干开口长度是术后发生截瘫的独立危险因素,因为其可能影响根大动脉供血,引起脊髓缺血,组织缺血、水肿后蛛网膜下腔压力升高进一步阻碍脊髓血供,加重脊髓缺血性损伤,导致瘫痪。

本研究显示支架远端真腔狭窄率是 TEVAR 术后截瘫的独立危险因素。支架远端假腔形成是造成真腔狭窄的主要原因。假腔内形成假腔血栓与支架远端至第一个未处理夹层破口距离有关,如果支架远端至第一个未处理破口距离足够短($<30\text{ mm}$)则盲端较短,真腔和假腔内血流可相互沟通^[13],血栓难以形成就可能不会对远端脏器和脊髓造成缺血性损伤;如果支架远端距未处理破口距离较长,则易形成长盲端假腔而生成血栓。如果假腔内血栓较多,可造成真腔严重狭窄,进而影响相应节段内脏和脊髓供血。如果节段动脉起源于假腔,有可能被血栓堵塞;如果节段动脉起源于真腔,则内膜瓣受压可导致血流明显减少。除假腔内血栓因素外,血流动力学压力被认为是夹层患者假腔逐渐增大的主要驱动因素^[14]。有研究显示,TEVAR 术支架远端使用裸支架可扩张真腔和消除假腔,重塑远端主动脉,可能有助于降低截瘫发生率^[15]。本研究 8 例截瘫患者中有 7 例存在假腔血栓,均有长节段覆膜支架覆盖,且真腔狭窄率较高,考虑是导致截瘫的原因。

本研究显示围手术期低血压是 TEVAR 术后截瘫发生另一独立危险因素,原因是低血压显著降低脊髓动脉血供,与文献报道一致^[16]。此外,低血压可能引起脊髓动脉血栓形成,进一步阻碍脊髓供血,最终导致截瘫发生。本研究中 8 例截瘫患者均为术后即刻性瘫痪,其中 2 例有围手术期低血压(时长 30~60 min,可能对脊髓动脉灌注有明显影响)及外伤性夹层伴其他脏器损伤(存在血流动力学不稳定),截瘫发生可能与围手术期低血压有关。

腰大池 CSFD 是预防及抢救 TEVAR 术后截瘫的重要方法。因此,本研究中术前详细评估主动脉解剖或主动脉支架覆盖长度和位置,并选择性行腰大池 CSFD。文献报道术前 CSFD 可预防脊髓损伤,且在诱发电位监控下使用 CSFD 与 TEVAR 后脊髓缺血发生率显著降低呈正相关,CSFD 装置相关并发症发生率非常低^[3,17-18]。目前鲜见关于 CSFD 时不同截瘫发生率的研究报道。但有研究认为,不提倡术前或术中预防性应用 CSFD^[19]。也有研究认为,可在术后第 1 天或症状出现时置放 CSFD,但急诊预

防性 CSFD 并不总是可行,尤其是在血流动力学不稳定或正在进行抗血小板、抗凝治疗情况下^[20]。预防性 CSFD 的作用仍需大样本研究结果加以证实。本研究中有 10 例患者术前接受 CSFD,未出现明显的 CSFD 相关并发症,也与降低截瘫发生无明显相关。

本研究不足之处是回顾性研究,样本量较小,纳入评估的危险因素可能不全面。TEVAR 术后并发截瘫是多因素结果,需要进一步开展多中心较大样本量及多种影响因素深入研究。

[参考文献]

- [1] Li HL, Wu S, Chan YC, et al. Early and mid-term mortality and morbidity of contemporary international endovascular treatment for type B aortic dissection: a systematic review and meta-analysis [J]. *Int J Cardiol*, 2020, 301: 56-61.
- [2] Liu D, Luo H, Lin S, et al. Comparison of the efficacy and safety of thoracic endovascular aortic repair with open surgical repair and optimal medical therapy for acute type B aortic dissection: a systematic review and meta-analysis [J]. *Int J Surg*, 2020, 83: 53-61.
- [3] Hiraoka T, Komiya T, Tsuneyoshi H, et al. Risk factors for spinal cord ischaemia after thoracic endovascular aortic repair [J]. *Interact Cardiovasc Thorac Surg*, 2018, 27: 54-59.
- [4] Heidemann F, Kolbel T, Kuchenbecker J, et al. Incidence, predictors, and outcomes of spinal cord ischemia in elective complex endovascular aortic repair: an analysis of health insurance claims [J]. *J Vasc Surg*, 2020, 72: 837-848.
- [5] Epstein NE. Cerebrospinal fluid drains reduce risk of spinal cord injury for thoracic/thoracoabdominal aneurysm surgery: a review [J]. *Surg Neurol Int*, 2018, 23: 48.
- [6] Tenorio E, Eagleton MJ, Karkkainen JM, et al. Prevention of spinal cord injury during endovascular thoracoabdominal repair [J]. *J Cardiovasc Surg (Torino)*, 2019, 60: 54-65.
- [7] Kozlov BN, Panfilov DS, Ponomarenko IV, et al. The risk of spinal cord injury during the frozen elephant trunk procedure in acute aortic dissection [J]. *Interact Cardiovasc Thorac Surg*, 2018, 26: 972-976.
- [8] Spanos K, Kolbel T, Kubitz JC, et al. Risk of spinal cord ischemia after fenestrated or branched endovascular repair of complex aortic aneurysms [J]. *J Vasc Surg*, 2019, 69: 357-366.
- [9] Lindeire S, Hauser JM. *Anatomy, back, artery of Adamkiewicz* [M]. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing, 2022.
- [10] Upchurch GJ, Escobar GA, Azizzadeh A, et al. Society for vascular surgery clinical practice guidelines of thoracic endovascular aortic repair for descending thoracic aortic aneurysms [J]. *J Vasc Surg*, 2021, 73: 55S-83S.
- [11] Miranda V, Sousa J, Mansilha A. Spinal cord injury in endovascular thoracoabdominal aortic aneurysm repair: prevalence, risk

- factors and preventive strategies[J]. Int Angiol, 2018, 37: 112-126.
- [12] Katzer S, Cronin L, Dunlap E, et al. Implementation of a treatment algorithm to decrease incidence of paralysis post endovascular thoracoabdominal aorta repair[J]. J Vasc Nurs, 2021, 39: 6-10.
- [13] Tan L, Xiao J, Zhou X, et al. Untreated distal intimal tears may be associated with paraplegia after total arch replacement and frozen elephant trunk treatment of acute stanford type A aortic dissection[J]. J Thorac Cardiovasc Surg, 2019, 158: 343-350.
- [14] Burris NS, Patel HJ, Hope MD. Retrograde flow in the false lumen: marker of a false lumen under stress? [J]. J Thorac Cardiovasc Surg, 2019, 157: 488-491.
- [15] Nienaber C, Yuan X, Aboukoura M, et al. Improved remodeling with TEVAR and distal bare-metal stent in acute complicated type B dissection[J]. Ann Thorac Surg, 2020, 110: 1572-1579.
- [16] 艾 鹏, 潘 浩, 陈 魁, 等. 择期肾下型腹主动脉瘤腔内修复术后并发截瘫 2 例[J]. 介入放射学杂志, 2018, 27: 688-690.
- [17] Aucoin VJ, Eagleton MJ, Farber M, et al. Spinal cord protection practices used during endovascular repair of complex aortic aneurysms by the U.S. Aortic Research Consortium[J]. J Vasc Surg, 2021, 73: 323-330.
- [18] Maier S, Shcherbakova M, Beyersdorf F, et al. Benefits and risks of prophylactic cerebrospinal fluid catheter and evoked potential monitoring in symptomatic spinal cord ischemia low-risk thoracic endovascular aortic repair[J]. Thorac Cardiovasc Surg, 2019, 67: 379-384.
- [19] Karkkainen JM, Cirillo-Penn NC, Sen I, et al. Cerebrospinal fluid drainage complications during first stage and completion fenestrated-branched endovascular aortic repair[J]. J Vasc Surg, 2020, 71: 1109-1118.
- [20] Miller LK, Patel VI, Wagener G. Spinal cord protection for thoracoabdominal aortic surgery[J]. J Cardiothorac Vasc Anesth, 2022, 36: 577-586.

(收稿日期:2021-12-09)

(本文编辑:边 估)

欢迎投稿 欢迎订阅 欢迎刊登广告
《Journal of Interventional Medicine》
网址: www.keaipublishing.com/JIM
邮箱: j_intervent_med.@163.com