

## ·综述 General review·

## 远端破口在 Stanford B 型主动脉夹层预后中的研究进展

何益港, 秦永林

**【摘要】** 胸主动脉腔内修复术(TEVAR)是目前治疗 Stanford B 型主动脉夹层(TBAD)的首选术式。TEVAR 主要封闭 TBAD 近端破口,对远端破口进行定期随访观察。鉴于远端破口的存在对夹层预后会产生不利的影响,本文介绍了远端破口的解剖学特征评估方法、远端破口对夹层预后的影响以及相关血流动力学研究进展,在此基础上进一步综述了远端破口的介入干预方法及其远期疗效。

**【关键词】** 主动脉夹层; 破口; 预后

中图分类号:R654.3 文献标志码:A 文章编号:1008-794X(2023)-08-0821-04

**Research progress in the application of distal tears in predicting the prognosis of patients with Stanford type B aortic dissection** HE Yigang, QIN Yonglin. Department of Interventional Radiology and Vascular Surgery, Affiliated Zhongda Hospital, School of Medicine, Southeast University, Nanjing, Jiangsu Province 210009, China

Corresponding author: QIN Yonglin, E-mail: qinyi200801@163.com

**【Abstract】** Thoracic endovascular aortic repair (TEVAR) is currently the preferred approach for the treatment of Stanford type B aortic dissection (TBAD). TEVAR mainly closes the proximal tear of TBAD, and regular follow-up observation should be made to check the distal tear. The presence of a distal tear has adverse affect on the prognosis of the dissection. This paper introduces the evaluation method of the anatomical characteristics of distal tears, the impact of distal rupture on the prognosis of aortic dissection, and the latest research progress in its related hemodynamics, on the basis of which the interventional therapeutic methods of distal tear and the long-term efficacy are further illustrated. (J Intervent Radiol, 2023, 32: 821-824)

**【Key words】** aortic dissection; tear; prognosis

主动脉夹层(aortic dissection, AD)是由于各种原因导致的主动脉内膜、中膜撕裂,主动脉内膜与中膜分离,致使主动脉被分隔为真腔和假腔的一种病理状态<sup>[1]</sup>。Stanford B 型主动脉夹层(type B aortic dissection, TBAD)仅累及左锁骨下动脉以远的降主动脉,其近端破口通常靠近主动脉峡部,是夹层假腔的入口,假腔在向远端扩展时会形成新的远端破口,血流经此反流真腔。自 1994 年 Dake 等<sup>[2]</sup>首次报道胸主动脉腔内隔绝术(thoracic endovascular aortic repair, TEVAR)以来,TEVAR 因微创、安全、高效等优点,目前已成为治疗 TBAD 的首选术式<sup>[3]</sup>。其原理是通过输送系统将覆膜支架导入主动脉病变部位,封闭 TBAD 内膜入口,从而降低假腔压力扩张真

腔,促使主动脉重塑<sup>[4]</sup>。而 TEVAR 术中未处理的远端破口将如何影响主动脉夹层预后是目前研究的热点问题。

TBAD 患者预后主要通过假腔血栓化程度及主动脉重塑状态来评估。假腔完全血栓形成、主动脉重塑良好可以减少患者远期死亡率及不良事件的发生<sup>[5]</sup>;假腔部分或无血栓形成、主动脉重塑不良可以造成假腔瘤样扩张、主动脉破裂等不良后果<sup>[6]</sup>。既往研究表明<sup>[7-9]</sup>,远端破口的持续存在是影响夹层预后的重要因素。Kolbel 等<sup>[10]</sup>发现仅封闭近端破口的 TBAD 患者中约 1/3 会发生假腔持续扩张,3 年随访死亡率达 36%,远期预后并不理想。因此,本文对远端破口在 TBAD 患者预后中的研究进展进行综述。

## 1 破口的解剖学特征与夹层预后的关系

### 1.1 破口解剖学特征的测量

破口的解剖学特征主要包括大小、位置和面积,不同特征的远端破口对预后存在不同的影响。破口大小的测量方法主要包括二维测量和三维重建,二维测量指利用影像资料测量破口最大的直径长度代表大小,或者从不同角度测量破口直径后进行相乘作为破口面积以代表大小。更精准的方法为利用患者影像数据建立三维模型,进行处理后测量破口的大小。三维重建对仪器硬件要求高、对测量者的技术要求高,临床的实用性和易推广性不如二维测量。破口位置的测量方法包括定量测量和定性分区,定量指标包括测量初始破口或支架末端与远端破口中心点之间的垂直距离,以及测量远端破口之间的最大距离或平均距离。对于破口数量较多的患者,可根据破口位于胸降主动脉或肾下腹主动脉进行分区以定性描述破口位置。绝大多数的 TBAD 患者远端存在 2 个以上的破口,计数的难点主要在于细微的远端破口在影像资料上难以发现,导致不同的测量者计算数目时存在一定的误差。目前有关如何测量夹层破口的解剖学特征尚无完善的解决方案,因此建立统一、精确的测量方法对于研究远端破口对夹层预后的影响有着十分重要的意义。

### 1.2 破口解剖学特征对预后的影响

早期研究中<sup>[11]</sup>,多数学者仅对远端破口的某一解剖学特征进行单独分析,研究结果存在偏差。2018 年 Zhang 等<sup>[12]</sup>研究发现,胸降主动脉破口数量越多、肾下腹主动脉破口数量越少、远端破口总面积越大、远端破口之间的距离越大,越容易发生主动脉远端扩张,不利于患者的预后。2019 年 Shen 等<sup>[13]</sup>对 TBAD 术后远端主动脉扩张危险因素进行分析,同样证实了发生远端主动脉扩张患者的胸降主动脉破口相对更多、肾下腹主动脉破口更少。因此,远端破口各个解剖学特征是紧密联系的,将所有可测量的指标都纳入研究中,有利于更加深入及全面地探究远端破口对夹层预后的影响。

关于远端破口的位置和数目如何影响 TEVAR 后急性 TBAD 患者的预后,多名学者<sup>[14-15]</sup>认为,胸降主动脉区破口数目多是主动脉负性重塑的危险因素,肾下腹主动脉区破口数目多则是保护因素。Li 等<sup>[16]</sup>回顾性分析了急性 TBAD 患者术后远端破口与假腔血栓形成率之间的关系,发现远端破口的面积越大、数目越多,假腔内血栓形成率越低,患者预后越差;该研究还建立了假腔血栓形成率与远端

破口数目之间的定量线性模型,为利用解剖学指标精准预测假腔血栓形成提供了帮助。对于慢性 TBAD,远端破口的数目和大小对患者预后的影响更为重要。Song 等<sup>[17]</sup>通过观察慢性 TBAD 患者术后假腔转归情况,发现与假腔完全血栓形成患者相比,假腔部分血栓形成的患者远端破口数目更多、面积更大。Kim 等<sup>[18]</sup>则通过观察慢性 TBAD 患者术后主动脉重塑情况,发现破口面积大、数目多是主动脉远端扩张的解剖风险因素。

## 2 远端破口对夹层血流动力学的影响

主动脉夹层的解剖学形态与血流动力学密切相关,病变局部的血流动力学改变直接影响夹层的预后。许多研究证实,远端破口的数量和大小对血液流动模式有重大影响。Li 等<sup>[19]</sup>通过建立具有不同远端破口特征的理想化模型,利用计算流体力学研究发现,远端破口数量增加会使假腔的血液流场变得更加持续和稳定,流速显著增加,从而防止了假腔血栓的形成。Yu 等<sup>[20]</sup>和 Dillon-Murphy 等<sup>[21]</sup>也同样发现随着真假腔之间连接的破口数量增多,假腔流量增加,真假腔内压力更加均衡,不利于主动脉重塑。Rudenick 等<sup>[22]</sup>研究发现,慢性 TBAD 术后假腔的血流动力学改变主要取决于累积破口大小。该研究表明,近端和远端撕裂都可以作为流入口或流出口,累积破口面积越大,假腔内血流流速越慢,越不利于假腔转归。Zorrilla 等<sup>[23]</sup>指出,夹层真腔和假腔之间的压力差与破口的横截面面积成反比,较大的远端破口更容易产生真假腔之间的血流再循环,使得假腔内的流动更加混乱,导致假腔内产生涡流效应,增加了壁面剪应力,这与主动脉重塑不良甚至扩张破裂直接相关。Tsai 等<sup>[24]</sup>和 Ben 等<sup>[25]</sup>则认为,近端破口和远端破口大小共同决定了 TBAD 术后假腔的转归,较大的近端破口和较小的远端破口会导致假腔内流量增多、压力增加,从而产生不利于假腔血栓化的血流动力学条件。有关远端破口的位置影响血流动力学的相关研究较少,少数研究发现,远端破口之间距离越长,假腔的时均壁面剪应力越低、相对滞留时间越高,假腔更容易形成血栓<sup>[26]</sup>。

## 3 远端破口的介入干预对夹层预后的影响

### 3.1 远端破口介入干预的方法

近些年来,有关 TBAD 远端破口处理方法的研究报道逐渐增多,其方法主要包括 PETTICOAT 技术、应用封堵器、弹簧圈填塞、植入分支型支架、开

窗或烟囱技术等。Melissano 等<sup>[27]</sup>应用 PETTICOAT 技术处理了 25 例 B 型夹层远端破口, 随访发现夹层假腔体积缩小, 真腔体积显著增大。2008 年, Tang 等<sup>[28]</sup>首次报道采用双盘状封堵器修复位于腹腔干上方的远端破口, 术后 1 年复查示主动脉重塑良好, 假腔完全血栓化。Pellenc 等<sup>[29]</sup>对慢性 TBAD 患者假腔进行弹簧圈填塞, 中期随访结果显示患者胸主动脉重塑得到改善, 但 Zhang 等<sup>[30]</sup>利用弹簧圈填塞远端破口后主动脉重塑的效果却不尽如人意。Yamamoto 等<sup>[31]</sup>针对假腔有持续扩张趋势的 TEVAR 术后患者, 置入内脏动脉分支支架干预, 后期随访发现假腔血流明显减少, 并部分血栓化。

### 3.2 选择性修复远端破口对夹层预后的影响

选择性修复远端破口是指根据破口的不同解剖学形态, 选择性修复部分可能对夹层预后严重不利影响的破口, 而非修复所有的夹层破口。刘光锐等<sup>[32]</sup>针对肾动脉水平存在较大破口的 TBAD 患者, 同期行 TEVAR 与肾动脉覆膜支架植入术, 有效隔绝了肾动脉水平的远端破口, 促进了假腔血栓化和主动脉重塑。Wojtaszek 等<sup>[33]</sup>研究表明, 选择性修补夹层远端破口可以促进假腔血栓形成, 阻止腹主动脉远期扩张。Fang 等<sup>[34]</sup>对 43 例 TEVAR 术后合并远端破口的 TBAD 患者进行选择性破口修复, 所有患者全部存活, 仅 1 例患者于随访期间出现并发症; 且远端破口治疗后的患者夹层假腔的非血栓形成范围均明显缩小, 主动脉重塑均得到改善。

## 4 结语

TBAD 腔内治疗后远端破口的持续存在对患者预后有不利的影 响。不同大小、位置和数目的远端破口会产生不同的血流动力学特征, 进而影响假腔血栓形成和主动脉重塑, 增加晚期主动脉不良事件的发生。近些年来, 有关处理远端破口的相关研究报道逐渐增多, 且多数取得了较为满意的预后结果。但是, 对于是否需要处理及如何处理远端破口的相关问题, 仍然需要更深入的研究, 尽早制定完善的诊治方案。

### 【参 考 文 献】

- [1] Levy D, Goyal A, Grigorova Y, et al. Aortic Dissection [M]. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing, 2022.
- [2] Dake MD, Kato N, Mitchell RS, et al. Endovascular stent-graft placement for the treatment of acute aortic dissection [J]. N Engl J Med, 1999, 340: 1546-1552.
- [3] Erbel R, Aboyans V, Boileau C, et al. 2014 ESC guidelines on the diagnosis and treatment of aortic diseases: document covering acute and chronic aortic diseases of the thoracic and abdominal aorta of the adult. the task force for the diagnosis and treatment of aortic diseases of the European society of cardiology (ESC) [J]. Eur Heart J, 2014, 35: 2873-2926.
- [4] Eggebrecht H, Nienaber CA, Neuhauser M, et al. Endovascular stent-graft placement in aortic dissection: a meta-analysis [J]. Eur Heart J, 2006, 27: 489-498.
- [5] Fanelli F, Cannavale A, O'Sullivan GJ, et al. Endovascular repair of acute and chronic aortic type B dissections: main factors affecting aortic remodeling and clinical outcome [J]. JACC Cardiovasc Interv, 2016, 9: 183-191.
- [6] Tsai TT, Evangelista A, Nienaber CA, et al. Partial thrombosis of the false lumen in patients with acute type B aortic dissection [J]. N Engl J Med, 2007, 357: 349-359.
- [7] Zhu CM, Huang B, Zhao JC, et al. Influence of distal entry tears in acute type B aortic dissection after thoracic endovascular aortic repair [J]. J Vasc Surg, 2017, 66: 375-385.
- [8] Qin YL, Deng G, Li TX, et al. Risk factors of incomplete thrombosis in the false lumen after endovascular treatment of extensive acute type B aortic dissection [J]. J Vasc Surg, 2012, 56: 1232-1238.
- [9] Gasparetto A, Park KB, Sabri SS, et al. Factors related to late false lumen enlargement after thoracic stent-graft placement for type B aortic dissection [J]. J Vasc Interv Radiol, 2017, 28: 44-49.
- [10] Kolbel T, Tsilimparis N, Wipper S, et al. TEVAR for chronic aortic dissection: is covering the primary entry tear enough? [J]. J Cardiovasc Surg (Torino), 2014, 55: 519-527.
- [11] Kusagawa H, Shimono T, Ishida M, et al. Changes in false lumen after transluminal stent-graft placement in aortic dissections: six years' experience [J]. Circulation, 2005, 111: 2951-2957.
- [12] Zhang S, Chen Y, Zhang Y, et al. Should the distal tears of aortic dissection be treated? The risk of distal tears after proximal repair of aortic dissection [J]. Int J Cardiol, 2018, 261: 162-166.
- [13] Shen Y, Zhang S, Zhu G, et al. Risk factors of distal segment aortic enlargement after complicated type B aortic dissection [J]. J Interv Med, 2019, 2: 154-159.
- [14] 杨 鹏, 黄 尧, 胡 佳, 等. 急性 Stanford B 型主动脉夹层腔内修复术后远端主动脉负性重塑危险因素分析 [J]. 四川大学学报 (医学版), 2019, 50: 357-361.
- [15] 陈 洁, 林耀望, 陈瑞绵, 等. 急性 Stanford B 型主动脉夹层腔内修复术后远端主动脉负性重构的多因素 logistic 回归分析 [J]. 心肺血管病杂志, 2021, 40: 600-603.
- [16] Li XN, Qiao HY, Shi Y, et al. Role of proximal and distal tear size ratio in hemodynamic change of acute type A aortic dissection [J]. J Thorac Dis, 2020, 12: 3200-3210.
- [17] Song SW, Kim TH, Lim SH, et al. Prognostic factors for aorta remodeling after thoracic endovascular aortic repair of complicated chronic DeBakey IIIb aneurysms [J]. J Thorac Cardiovasc Surg, 2014, 148: 925-932.

- [18] Kim TH, Song SW, Lee KH, et al. The fate of the abdominal aorta after endovascular treatment in chronic DeBakey III b aneurysm [J]. *J Thorac Cardiovasc Surg*, 2018, 156:27-35.
- [19] Li D, Yuan D, Peng LQ, et al. The characteristics of distal tears affect false lumen thrombosis rate after thoracic endovascular aortic repair for acute type B dissection [J]. *Interact Cardiovasc Thorac Surg*, 2021, 33: 755-762.
- [20] Yu SC, Liu W, Wong RH, et al. The potential of computational fluid dynamics simulation on serial monitoring of hemodynamic change in type B aortic dissection [J]. *Cardiovasc Intervent Radiol*, 2016, 39: 1090-1098.
- [21] Dillon - Murphy D, Noorani A, Nordsletten D, et al. Multi - modality image - based computational analysis of haemodynamics in aortic dissection [J]. *Biomech Model Mechanobiol*, 2016, 15: 857-876.
- [22] Rudnick PA, Bijmens BH, García-Dorado D, et al. An in vitro phantom study on the influence of tear size and configuration on the hemodynamics of the lumina in chronic type B aortic dissections [J]. *J Vasc Surg*, 2013, 57: 464-474.
- [23] Zorrilla R, Soudah E, Rossi R. Computational modeling of the fluid flow in type B aortic dissection using a modified finite element embedded formulation [J]. *Biomech Model Mechanobiol*, 2020, 19: 1565-1583.
- [24] Tsai TT, Schlicht MS, Khanafer K, et al. Tear size and location impacts false lumen pressure in an ex vivo model of chronic type B aortic dissection [J]. *J Vasc Surg*, 2008, 47: 844-851.
- [25] Ben Ahmed S, Dillon - Murphy D, Figueroa CA. Computational study of anatomical risk factors in idealized models of type B aortic dissection [J]. *Eur J Vasc Endovasc Surg*, 2016, 52: 736-745.
- [26] Wan ANW, Ganesan PB, Sun Z, et al. Flow pattern analysis in type B aortic dissection patients after stent-grafting repair: comparison between complete and incomplete false lumen thrombosis [J]. *Int J Numer Method Biomed Eng*, 2018, 34:e2961.
- [27] Melissano G, Bertoglio L, Rinaldi E, et al. Volume changes in aortic true and false lumen after the “PETTICOAT” procedure for type B aortic dissection [J]. *J Vasc Surg*, 2012, 55: 641-651.
- [28] Tang X, Fu W, Xu X, et al. Use of a vascular occluder to treat a re-entry tear in a patient with Stanford type B aortic dissection; acute and 1-year results [J]. *J Endovasc Ther*, 2008, 15: 566-569.
- [29] Pellenc Q, Roussel A, De Blic R, et al. False lumen embolization in chronic aortic dissection promotes thoracic aortic remodeling at midterm follow-up [J]. *J Vasc Surg*, 2019, 70: 710717.
- [30] Zhang H, Ge YY, Lu K, et al. Coil embolization for persistent thoracic false lumen of type B aortic dissection after thoracic endovascular aortic repair [J]. *Ann Vasc Surg*, 2019, 57: 60-68.
- [31] Yamamoto M, Fukutomi T, Noguchi T, et al. Distal re - entry closure with neobranching technique after thoracic endovascular aortic repair of type B aortic dissection [J]. *Eur J Cardiothorac Surg*, 2018, 53: 881-883.
- [32] 刘光锐, 郭 曦, 李铁铮, 等. 同期胸主动脉腔内修复与肾动脉覆膜支架植入治疗 Stanford B 型主动脉夹层伴近肾动脉再破口 15 例 [J]. *介入放射学杂志*, 2018, 27:721-724.
- [33] Wojtaszek M, Wnuk E, Maciag R, et al. Promoting false-lumen thrombosis after thoracic endovascular aneurysm repair in type B aortic dissection by selectively excluding false-lumen distal entry tears [J]. *J Vasc Interv Radiol*, 2017, 28: 168-175.
- [34] Fang QB, Ci HB, Ge XH. Outcomes of selective strategies for distal entry tears after thoracic endovascular aortic repair in type B aortic dissection [J]. *Ann Vasc Surg*, 2020, 67: 316-321.

(收稿日期:2022-06-12)

(本文编辑:茹 实)