

钝性胸主动脉损伤的诊治进展

杨建平,管圣,方青波,慈红波,戈小虎

(新疆维吾尔自治区人民医院血管外科,新疆 乌鲁木齐 830001)

摘要:钝性胸主动脉损伤(blunt thoracic aortic injury, BTAI)是创伤患者发病和死亡的主要原因,有80%~90%的患者在事故现场立即死亡。尽管近年来急性BTAI的检测和治疗取得了快速进展,但其致死率仍然很高,24 h院内死亡率达到15%~40%。主动脉损伤的机制与物理撞击和血流动力学的急剧改变有关,所以对于最初损伤中幸存下来的患者,及时维持血流动力学稳定可能避免损伤加重。对于能够到达医院治疗的患者,快速检测和及时合理干预至关重要。CT血管成像可以快速、准确评估主动脉损伤程度,指导制定合理的治疗措施。根据最新指南,I级、III级、IV级患者治疗时机及方式已明确,仅BTAI合并高危影像特征II级患者修复时机的选择仍存在一定的争议。主动脉腔内修复术临床成功率高而并发症发生率低,已成为BTAI手术治疗的首选方式,但仍存在一些不可避免的焦点问题。本文主要对BTAI的损伤机制、临床表现和影像学诊断、治疗的最新进展进行综述。

关键词:创伤;主动脉损伤;假性动脉瘤;胸主动脉腔内修复术;开放性修复

中图分类号:R543

文献标志码:A

Advances in diagnosis and treatment of blunt thoracic aortic injury

YANG Jianping, GUAN Sheng, FANG Qingbo, CI Hongbo, GE Xiaohu

(Department of Vascular Surgery, People's Hospital of Xinjiang Uygur Autonomous Region, Urumqi 830001, Xinjiang, China)

Abstract: Blunt thoracic aortic injury (BTAI) is the major cause of morbidity and mortality in trauma patients, with 80%-90% of patients dying immediately at the scene of the accident. Despite rapid advances in the detection and treatment of acute BTAI in recent years, the mortality rate remains high, with a mortality rate of 15%-40% of in-hospital deaths within 24 hours. The mechanism of aortic injury is related to physical impact and drastic changes in hemodynamics. For patients who survive the initial injury, maintaining hemodynamic stability in time may prevent injury exacerbation. For patients who can reach the hospital, rapid detection and timely and reasonable intervention are crucial. CT angiography can quickly and accurately evaluate the degree of aortic injury and guide the reasonable treatment measures. According to the latest guidelines, the time and method of treatment for grade I, III and IV patients have been clearly defined. But repair time in grade II patients with BTAI combined with high-risk imaging features is still controversial. Thoracic endovascular aortic repair due to high clinical success rate and low complication rate has become the preferred method for BTAI, but there are still some unavoidable focal problems. This article mainly reviewed the injury mechanism, clinical manifestations, imaging diagnosis and treatment of BTAI.

Key words: Trauma; Aortic injury; Pseudoaneurysm; Thoracic endovascular aortic repair; Open repair

急性钝性胸主动脉损伤(blunt thoracic aortic injury, BTAI)虽然在交通事故中发生率不到1%,但大约3/4的BTAI病例与机动车高速碰撞有关,这种损伤机制的死亡率超过16%,是仅次于头颅损

伤后的第二死亡原因,约80%患者在到达医院之前死亡^[1-3],死亡率高达40%^[4-6]。近年来,随着在创伤现场急救和医院提供快速有效的紧急救治措施的实施,幸存的BTAI患者人数有所增加。此外,胸主

动脉腔内修复术(thoracic endovascular aortic repair, TEVAR)的应用提高了外伤性主动脉损伤患者的生存率,减少了并发症。目前 BTAI 患者到达医院后 24 h 内死亡率降至 15%~23%^[7-9],这得益于快速获得影像检查、早期诊断和实施紧急、有效的治疗措施。但 BTAI 常常合并全身多发损伤、甚至昏迷,对病情的判断及诊疗计划实施造成较大的影响,部分患者需要绿色通道进行急诊手术治疗,这就需要对 BTAI 发病机制、临床表现、影像学特征全面理解。本文重点对其发病机制、临床表现、影像学特征、治疗现状及面临问题进行探讨。

1 发病机制

主动脉损伤最常见的部位为主动脉弓和降主动脉交界处的主动脉峡部。关于 BTAI 的发病机制已得到了广泛的研究,主要集中在解剖因素和血流动力学因素。

1.1 解剖因素

主动脉峡部位于弓降交界处,位置相对固定,抗拉强度较弱,前后位或横向力的撞击产生的急加速、急减速运动均会导致心脏位移和主动脉弓向上移位,而降主动脉固定,将扭转和剪切力传递到此相对固定的部位,造成主动脉峡部易发生相对移动而导致内膜撕裂^[4]。另外,主动脉弓形态呈前后位走行,前后位的剧烈撞击时,容易受到胸骨及脊柱前后挤压,通过夹在胸骨柄、第一肋骨、锁骨和椎体之间将管腔内负荷直接传导至主动脉峡部,造成峡部受压,形成 BTAI^[10-11]。

1.2 血流动力学因素

主要理论为水锤效应,是指当正常流动的血液在主动脉远端突然阻断,血流在惯性作用下导致高压波沿血管壁反射,使血管内压力迅速达到最大,从而产生破坏作用。撞击时膈肌水平处的主动脉受压是造成血管内压力急剧增加的原因,压力波在弯曲状态主动脉弓处进一步增强,最终导致急性 BTAI。

2 临床表现

BTAI 的患者常表现为胸背部疼痛,可能是由于主动脉创伤后外膜内的血液聚集开始拉伸组织引起,当进展为主动脉夹层时,可出现胸背部剧烈的撕裂样疼痛、血压改变、呼吸困难、声音嘶哑等。BTAI 患者常合并严重胸外伤或者颅脑损伤,胸背部疼痛、

意识障碍等,临床表现没有特异性。所以对于车祸外伤患者可疑 BTAI,建议快速获得影像检查、早期诊断和紧急、有效的治疗措施。

3 影像学及诊断

快速影像学检查是诊断 BTAI 的首要手段,也是指导治疗和提高生存率的关键。但 BTAI 常因合并其他脏器的损伤而容易被漏诊,这就需要提高诊断意识,对胸部减速伤特别是车祸伤及高处坠落伤患者尤其需要重视。

胸部 X 线可以通过评估纵隔结构来初步确定是否有主动脉损伤迹象,BTAI 最常见的 X 线表现:主动脉弓水平纵隔增宽 > 8 cm (或上纵隔宽到 25%)、主动脉弓不规则、主动脉轮廓改变、主动脉窗轮廓不清、肺连接主动脉处模糊、气管或鼻胃管(如果放置)向右偏移、左侧血胸、左主支气管受压、左气管条带增宽和左肺尖部胸膜外增宽等^[12]。虽然这些发现对主动脉损伤较敏感,但对确诊 BTAI 不具特异性,7% BTAI 患者的胸片显示正常^[13]。因此,如果患者的临床表现和 X 线特征引起临床关注,应通过进一步检查明确诊断。

计算机断层扫描 CT 血管成像(computed tomography angiography, CTA)是美国放射学会在评估 BTAI 时推荐的一线影像学检查。BTAI 的直接征象包括假性动脉瘤、内膜片、壁内血肿、腔内壁血栓、内含性破裂、主动脉夹层、主动脉局部轮廓异常、造影剂活动性外渗;间接征象包括纵隔血肿或主动脉周围血肿、膈肌脚后血肿或损伤的主动脉远端口径变细^[14-15]。出现纵隔血肿时,要根据位置及与主动脉的关系,明确是否有其他来源(如静脉、肋间动脉或骨等)造成的出血,没有任何明确主动脉损伤迹象的主动脉周围血肿可能与隐匿性内膜损伤有关^[16]。研究发现,CTA 检测 BTAI 的敏感性 95%~100%,而考虑直接征象时,特异性接近 100%^[17-18]。在诊断过程中,特别需要关注主动脉韧带附着处以及距离左锁骨下动脉起始约 2 cm 范围内的区域。建议在矢状位平面上对胸主动脉长轴进行重构,因为矢状面可以快速评估整个主动脉壁有无损伤,尤其有助于识别那些可能只在一个或两个轴向切片上可见的异常,如内膜片,有助于发现横向图像上可能会被遗漏的峡部的小损伤^[19]。仔细沿轴向平面上的主动脉追溯可以发现壁内血肿和细微的轮廓异常,包括假性动脉瘤。所以对于疑似主动脉损伤患者,需要在动脉期图像上进行仔细评估,以避免漏

诊。特别要注意主动脉峡部以下的区域,尤其是一个小的局限性隆起-动脉导管憩室,因为大多数 BTAI 损伤都会发生在这一部位。动脉导管憩室的特点是基底宽、边缘光滑、凸起与主动脉壁之间呈钝角。相反,创伤性假性动脉瘤的典型特征是基底部狭窄、边缘不规则、凸起与主动脉壁之间呈锐角。

磁共振成像(magnetic resonance imaging, MRI)可以显示解剖细节,并可以准确评估病变严重程度,但 MRI 检查时间长、需要患者长时间的配合,不适合急诊患者检查使用。经食管超声心动图(transesophageal echocardiography, TEE)用于检测 BTAI 具有较高的诊断价值,灵敏度和特异性接近 97%,对于 CT 或血管造影结果不明确的患者,TEE 可以明确诊断。同时它可以应用于不稳定患者,也可以在术中辅助指导。血管内超声(intravascular ultrasound, IVUS)可以在 TEVAR 过程中更准确地测量主动脉内径,识别主动脉缺损和覆膜支架可能锚定的区域,并选择合适大小的覆膜支架。血管造影术主要用于稳定患者,作为血管内支架移植治疗的术前规划工具。

4 损伤程度分级及治疗

4.1 损伤程度分级及治疗推荐

2011 年美国血管外科协会(Society for Vascular Surgery, SVS)指南推荐主动脉损伤的严重程度根据影像分为 4 级:Ⅰ级为存在内膜撕裂、内膜片,或二者同时存在;Ⅱ级为壁间血肿形成;Ⅲ级为主动脉壁破裂伴假性动脉瘤形成;Ⅳ级为主动脉壁破裂伴游离破裂^[20]。Ⅰ级损伤有自愈的倾向,建议连续 CTA 扫描来监测主动脉损伤变化情况,并根据影像学及患者症状的变化来确定是否手术干预。Ⅱ级损伤经过严格控制血压和心率,没有高危影像学特征或损伤进展的临床证据,则可以进行观察随访,但对损伤部位主动脉的长期影响尚不清楚^[21-26]。Ⅲ级、Ⅳ级主动脉损伤应根据患者的血流动力学稳定性和解剖限制因素,确定最终的手术方式。2022 年 Madigan 等^[27]研究发现,对于低风险的 BTAI 患者,非手术治疗不会导致长期的主动脉并发症或再干预率,在确保患者得到定期和适当的随访检查前提下,对于那些表现为较小假性动脉瘤和微小主动脉周围血肿的Ⅲ级损伤患者,可以持续进行密切的观察,因此作者建议对于Ⅲ级损伤患者,应认真评估其手术的适应证。中华医学会放射学分会介入学组 2023 年《中国 Stanford B 型主动脉夹层影像诊断和介入

治疗临床指南》中对于钝性胸主动脉损伤的治疗推荐^[28];对于Ⅰ级 BTAI 患者,推荐非手术处理和影像学随访(Ⅰ类推荐,C 级证据)。对于Ⅲ~Ⅳ级不合并禁忌证的 BTAI 患者,推荐手术干预(Ⅰ类推荐,C 级证据)。对于合并影像学高危特征的Ⅱ级 BTAI 患者,推荐手术干预(Ⅱa 类推荐,C 级证据),而且建议延迟修复。高危影像学特征包括后纵隔血肿>10 mm、病变与正常主动脉直径的比值>1.4、纵隔血肿造成压迫效应、主动脉假性缩窄、左侧大量胸腔积液、升主动脉、主动脉弓和大血管受累及主动脉弓血肿^[29]。对于不合并影像学高危特征的Ⅱ级 BTAI 患者,非手术处理和影像学随访(Ⅱb 类推荐,C 级证据)^[29-32]。

BTAI 的初始管理包括液体复苏、监测血流动力学、严格控制血压和心率。BTAI 患者均需在确诊后立即实施最佳药物治疗来控制血压,以降低主动脉壁的剪切应力,减小主动脉损伤的进展或破裂概率,目标是保持收缩压<100 mmHg(1 mmHg = 0.133 kPa)和心率<100 次/min^[15,33]。

4.2 修复时机

目前从受伤到修复的最佳时间是未知的,如何把握好从损伤到修复的最佳手术时间,仍然是一个争论的主题。2011 年 SVS 的临床实践指南建议除非伴有其他非主动脉严重损伤,否则对于稳定的主动脉损伤应紧急修复(≤ 24 h)^[20]。然而,一项涉及 548 例患者的回顾性观察研究比较了早期(≤ 24 h)和延迟(>24 h)TEVAR 对 BTAI 的影响,结果表明延迟 TEVAR 仍与较低的死亡风险相关^[34]。

血液动力学不稳定损伤,根据患者临床症状、影像学特点及损伤分级判断为主动脉破裂高风险或者 CT 有主动脉损伤的直接迹象的患者,应行急诊手术治疗。2021 年 Alarhayem 等^[35]分析了 2012 年至 2017 年期间 2 821 例接受 TEVAR 治疗 BTAI 且手术时间已知的患者,总死亡率为 8.4%,紧急修复组(<24 h, $n=2 118$)死亡率是延迟修复组(>24 h, $n=703$)的 2 倍多,且与严重胸外损伤的存在无关,表明延迟修复的患者生存率更高,对于没有即将破裂迹象的 BTAI 患者,应考虑将腔内修复术延迟至损伤后 24 h 以上。2022 年美国心脏病学会(American College of Cardiology, ACC)和美国心脏协会(American Heart Association, AHA)的主动脉疾病诊断和管理指南表明,手术干预的时机不清楚^[36]。2023 年 Rudra 等^[37]一项研究早期与延迟 TEVAR 修复 BTAI 的系统性综述,结果提示,接受延迟 TEVAR 的患者死亡率明显降低,但 ICU 住院时间较

长。未来的研究需要对有或无严重胸外创伤、损伤程度、年龄等因素进行亚组分析,更准确地识别修复时间。

4.3 BTAI 手术治疗

BTAI 患者手术治疗方式包括开放性修复和主动脉腔内覆膜支架置入。尽管开放修复历史悠久且手术技术持续改进,但 BTAI 的开放修复与高并发症和死亡率相关^[38]。开放手术修复目前适用于主动脉解剖结构不佳、无法血管腔内治疗的患者^[39-40]。2022 年 Boutin 等^[41]报告显示超过 90% 的患者接受了 TEVAR,并发症发生率为 18.3%。2023 年 Yau 等^[42]报道的 1 322 例 65 岁以上 BTAI 患者,平均年龄 74.7 岁,350 例(26.5%)接受了 TEVAR,58 例(4.4%)接受了开放修复,914 例(69.1%)接受了非手术治疗,整个队列的死亡率为 37.9%,而非手术治疗的患者死亡率为 43.4%,TEVAR 死亡率最低,为 23.4%。一项 Mate 分析纳入了 11 项研究的 480 例患者,其中 389 例存活 30 d 以上。平均随访 8.2 年,晚期再干预率为 2.1%,其中 0.1% 发生在 5 年后,1 例患者发生主动脉相关死亡,显示了 TEVAR 较好的长期效果,再次干预率低,是最适合治疗 BTAI 的手术方法,特别是对于多发相关损伤的病例和老年患者群体^[43]。2023 年中国医科大学张健教授团队回顾了其中中心的数据,与非创伤性夹层相比,创伤性夹层通常表现为局部病变,TEVAR 术前准备时间较短,中、长期预后较好^[44]。2023 年《中国 Stanford B 型主动脉夹层影像诊断和介入治疗临床指南》中对 BTAI 治疗的推荐^[28]:对于有手术指征且解剖条件合适的 BTAI 患者,推荐 TEVAR(I 类推荐,B 级证据)。

虽然 TEVAR 为确诊 BTAI 患者的首选手术方式,但仍存在一定问题:①主动脉夹层 TEVAR 术后 Ia 型内漏发病率接近 15%^[45]。损伤性主动脉损伤病变部位主要在主动脉峡部、小弯侧,主动脉成角较大、近端健康锚定区不足等更会造成 I 型内漏^[46]。②近端锚定区不足,需要弓上分支重建,手术过程繁琐,在急诊情况下需要慎重考虑。③年轻 BTAI 患者主动脉会随时间发生形态变化,这可能导致腔内修复的覆膜支架与主动脉之间的不匹配,支架的径向支撑力会加速主动脉扩张。④TEVAR 增加主动脉刚度,影响主动脉舒张能力,这也可能导致年轻患者主动脉过早硬化,进而增加高血压甚至心功能不全的风险。因此 TEVAR 在 BTAI 的应用仍有许多方面值得进一步研究。

5 展 望

TEVAR 在 BTAI 中有最佳的早期技术和临床成功率,已被证明是一种有效的策略,但很少有文献对有或无严重胸外创伤、损伤程度、年龄等因素进行亚组分析,更准确地识别修复时间。年轻患者胸主动脉会随着年龄的增长而增加,需要更长的随访时间来观察移植物与主动脉是否存在潜在的不匹配,更柔顺的腔内移植物是否可以改善这种不匹配,以优化结果。因此,在年轻 TEVAR 患者群体中的耐久性和潜在并发症值得进一步研究。同时,探讨 TEVAR 术后对心血管循环系统的影响,将成为未来研究中不可或缺的重要课题。

参考文献:

- [1] Stefanopoulos PK, Piniadis DE, Hadjigeorgiou GF, et al. Wound ballistics 101: the mechanisms of soft tissue wounding by bullets[J]. *Eur J Trauma Emerg Surg*, 2017, 43(5): 579-586.
- [2] Silaschi M, Byrne J, Wendler O. Aortic dissection: medical, interventional and surgical management[J]. *Heart*, 2017, 103(1): 78-87.
- [3] Yu XJ, Suki B, Zhang YH. Avalanches and power law behavior in aortic dissection propagation[J]. *Sci Adv*, 2020, 6(21): eaaz1173. doi:10.1126/sciadv.aaz1173.
- [4] Piffaretti G, Williams IM, Bailey DM, et al. Thoracic endovascular repair in patients with concomitant blunt aortic injuries and abdominal trauma: what are the risks and results? [J]. *Eur J Cardiothorac Surg*, 2022, 62(6): ezac531.
- [5] Fox N, Schwartz D, Salazar JH, et al. Evaluation and management of blunt traumatic aortic injury: a practice management guideline from the Eastern Association for the Surgery of Trauma[J]. *J Trauma Acute Care Surg*, 2015, 78(1): 136-146.
- [6] de Mestral C, Dueck A, Sharma SS, et al. Evolution of the incidence, management, and mortality of blunt thoracic aortic injury: a population-based analysis[J]. *J Am Coll Surg*, 2013, 216(6): 1110-1115.
- [7] Arthurs ZM, Starnes BW, Sohn VY, et al. Functional and survival outcomes in traumatic blunt thoracic aortic injuries: an analysis of the National Trauma Databank[J]. *J Vasc Surg*, 2009, 49(4): 988-994.
- [8] Omar A, Macke C, Winkelmann M, et al. Limited influence of blunt aortic injuries on the outcome of polytraumatized patients: a matched pair analysis[J]. *Arch Orthop Trauma Surg*, 2018, 138(2): 211-218.

- [9] Gammie JS, Shah AS, Hattler BG, et al. Traumatic aortic rupture: diagnosis and management [J]. *Ann Thorac Surg*, 1998, 66(4): 1295-1300.
- [10] Neschis DG, Scalea TM, Flinn WR, et al. Blunt aortic injury[J]. *N Engl J Med*, 2008, 359(16): 1708-1716.
- [11] Feczko JD, Lynch L, Pless JE, et al. An autopsy case review of 142 nonpenetrating (blunt) injuries of the aorta[J]. *J Trauma*, 1992, 33(6): 846-849.
- [12] Ait Ali Yahia D, Bouvier A, Nedelcu C, et al. Imaging of thoracic aortic injury [J]. *Diagn Interv Imaging*, 2015, 96(1): 79-88.
- [13] Steenburg SD, Ravenel JG, Ikonomidis JS, et al. Acute traumatic aortic injury: imaging evaluation and management[J]. *Radiology*, 2008, 248(3): 748-762.
- [14] Edwards R, Khan N. Traumatic aortic injury: Computed tomography angiography imaging and findings revisited in patients surviving major thoracic aorta injuries[J]. *SA J Radiol*, 2021, 25(1): 2044.
- [15] Gupta S, Kumar A, Kaur T, et al. Current updates in acute traumatic aortic injury: radiologic diagnosis and management[J]. *Clin Exp Emerg Med*, 2022, 9(2): 73-83.
- [16] Brown SR, Still SA, Eudailey KW, et al. Acute traumatic injury of the aorta: presentation, diagnosis, and treatment[J]. *Ann Transl Med*, 2021, 9(14): 1193.
- [17] Nagpal P, Mullan BF, Sen I, et al. Advances in imaging and management trends of traumatic aortic injuries [J]. *CardioVascular Interv Radiol*, 2017, 40(5): 643-654.
- [18] Steenburg SD, Ravenel JG. Acute traumatic thoracic aortic injuries: experience with 64-MDCT [J]. *AJR Am J Roentgenol*, 2008, 191(5): 1564-1569.
- [19] Fishman JE, Nuñez D Jr, Kane A, et al. Direct versus indirect signs of traumatic aortic injury revealed by helical CT: performance characteristics and interobserver agreement[J]. *AJR Am J Roentgenol*, 1999, 172(4): 1027-1031.
- [20] Lee WA, Matsumura JS, Mitchell RS, et al. Endovascular repair of traumatic thoracic aortic injury: clinical practice guidelines of the Society for Vascular Surgery [J]. *J Vasc Surg*, 2011, 53(1): 187-192.
- [21] Bottet B, Bouchard F, Peillon C, et al. When and how should we manage thoracic aortic injuries in the modern era? [J]. *Interact CardioVasc Thorac Surg*, 2016, 23(6): 970-975.
- [22] Harris DG, Rabin J, Starnes BW, et al. Evolution of lesion-specific management of blunt thoracic aortic injury [J]. *J Vasc Surg*, 2016, 64(2): 500-505.
- [23] De Freitas S, Joyce D, Yang Y, et al. Systematic review and meta-analysis of nonoperative management for SVS grade II blunt traumatic aortic injury [J]. *Ann Vasc Surg*, 2024, 98: 220-227. doi:10.1016/j.avsg.2023.07.106.
- [24] D'Alessio I, Domanin M, Bissacco D, et al. Thoracic endovascular aortic repair for traumatic aortic injuries: insight from literature and practical recommendations[J]. *J Cardiovasc Surg*, 2020, 61(6): 681-696.
- [25] Arbabi CN, DuBose J, Charlton-Ouw K, et al. Outcomes and practice patterns of medical management of blunt thoracic aortic injury from the Aortic Trauma Foundation global registry[J]. *J Vasc Surg*, 2022, 75(2): 625-631.
- [26] Dinh K, Limmer A, Ngai C, et al. Blunt thoracic aorta injuries, an Australian single centre's perspective [J]. *ANZ J Surg*, 2021, 91(4): 662-667.
- [27] Madigan MC, Lewis AJ, Liang NL, et al. Outcomes of operative and nonoperative management of blunt thoracic aortic injury[J]. *J Vasc Surg*, 2022, 76(1): 239-247.
- [28] 中华医学会放射学分会介入学组. 中国 Stanford B 型主动脉夹层影像诊断和介入治疗临床指南 [J]. *中华放射学杂志*, 2023, 57(5): 457-473.
- Interventional Group of Chinese Society of Radiology Chinese Medical Association. Clinical guidelines for imaging diagnosis and interventional treatment of Stanford type B aortic dissection in China [J]. *Chinese Journal of Radiology*, 2023, 57(5): 457-473.
- [29] Soong TK, Wee IJY, Tseng FS, et al. A systematic review and meta-regression analysis of nonoperative management of blunt traumatic thoracic aortic injury in 2897 patients [J]. *J Vasc Surg*, 2019, 70(3): 941-953.
- [30] Quiroga E, Starnes BW, Tran NT, et al. Implementation and results of a practical grading system for blunt thoracic aortic injury [J]. *J Vasc Surg*, 2019, 70(4): 1082-1088.
- [31] Harris DG, Rabin J, Bhardwaj A, et al. Nonoperative management of traumatic aortic pseudoaneurysms [J]. *Ann Vasc Surg*, 2016, 35: 75-81. doi:10.1016/j.avsg.2016.02.021.
- [32] Fortuna GR Jr, Perlick A, DuBose JJ, et al. Injury grade is a predictor of aortic-related death among patients with blunt thoracic aortic injury [J]. *J Vasc Surg*, 2016, 63(5): 1225-1231.
- [33] Mosquera VX, Marini M, Lopez-Perez JM, et al. Role of conservative management in traumatic aortic injury: comparison of long-term results of conservative, surgical, and endovascular treatment [J]. *J Thorac Cardiovasc Surg*, 2011, 142(3): 614-621.
- [34] Romijn AS C, Rastogi V, Proaño-Zamudio JA, et al. Early versus delayed thoracic endovascular aortic repair for blunt thoracic aortic injury: a propensity score-matched analysis [J]. *Ann Surg*, 2023, 278(4): e848-e854. doi:10.1097/SLA.0000000000005817.

- [35] Alarhayem AQ, Rasmussen TE, Farivar B, et al. Timing of repair of blunt thoracic aortic injuries in the thoracic endovascular aortic repair era[J]. *J Vasc Surg*, 2021, 73(3): 896-902.
- [36] Isselbacher EM, Preventza O, Black JH 3rd, et al. 2022 ACC/AHA guideline for the diagnosis and management of aortic disease: a report of the American Heart Association/American College of Cardiology Joint Committee on clinical practice guidelines [J]. *Circulation*, 2022, 146(24): e334-e482. doi:10.1161/CIR.0000000000001106.
- [37] Rudra P, Cardoso R, Echevarria S, et al. Early versus delayed thoracic endovascular aortic repair for blunt traumatic aortic injury: a systematic review and meta-analysis[J]. *Cureus*, 2023, 15(6): e41078. doi:10.7759/cureus.41078.
- [38] Kim SH, Huh U, Song S, et al. Open repair versus thoracic endovascular aortic repair for treating traumatic aortic injury[J]. *Asian J Surg*, 2022, 45(11): 2224-2230.
- [39] Scalea TM, Feliciano DV, DuBose JJ, et al. Blunt thoracic aortic injury: endovascular repair is now the standard[J]. *J Am Coll Surg*, 2019, 228(4): 605-610.
- [40] Manetta F, Newman J, Mattia A. Indications for thoracic EndoVascular aortic repair (TEVAR): a brief review [J]. *Int J Angiol*, 2018, 27(4): 177-184.
- [41] Boutin L, Caballero MJ, Guarrigue D, et al. Blunt traumatic aortic injury management, a French TraumaBase analytic cohort[J]. *Eur J Vasc Endovasc Surg*, 2022, 63(3): 401-409.
- [42] Yau PO, Lewis E, Shah A, et al. Blunt traumatic aortic injury in the elderly population[J]. *J Vasc Surg*, 2023, 77(1): 47-55.
- [43] Gennai S, Leone N, Mezzetto L, et al. Systematic review and meta-analysis of long-term reintervention following thoracic endovascular repair for blunt traumatic aortic injury[J]. *J Vasc Surg*, 2023, 78(2): 540-547.
- [44] Gang QW, Lun Y, Pang LW, et al. Traumatic aortic dissection as a unique clinical entity: a single-center retrospective study[J]. *J Clin Med*, 2023, 12(24): 7535.
- [45] Sharafuddin MJ, Reece TB, Papia G, et al. Proposed classification of endoleaks after endovascular treatment of Stanford type-B aortic dissections [J]. *Vascular*, 2019, 27(6): 585-594.
- [46] 王振华, 宋晗, 韦铎亮, 等. 急性 B 型主动脉夹层 Castor 单分支支架置入术后近端主动脉的早期重塑[J]. *山东大学学报(医学版)*, 2023, 61(2): 36-42.
- WANG Zhenhua, SONG Han, WEI Duoliang, et al. Early remodeling of the proximal aorta after Castor single-branched stent-graft implantation for acute type B aortic dissection [J]. *Journal of Shandong University (Health Sciences)*, 2023, 61(2): 36-42.

(编辑:房红娟)