

· 专家论坛 ·



**刘建民** 海军军医大学(第二军医大学)长海医院临床神经医学中心主任、脑血管病中心主任、神经外科主任、主任医师、三级教授,博士生导师,国家卫生健康委员会脑卒中防治工程专家委员会秘书长,全军脑血管病研究所所长,全军神经外科专委会副主任委员,中华医学会神经外科分会常务委员,中国医师协会介入医师分会副会长、神经外科分会常务委员、神经介入学组组长。主持国家重点研发计划、国家科技支撑计划、国家自然科学基金、国家临床重点专科建设项目、上海市临床重点专科项目及军队临床高新技术重大项目等课题 20 余项;主编专著 4 部;授权专利 21 项;作为第一作者或通信作者发表论文 500 余篇,其中 SCI 收录论文 100 余篇;作为第一完成人先后获上海市科学技术奖一等奖、教育部科学技术进步奖一等奖、上海市医学科技奖一等奖及军队医疗成果奖一等奖等奖项。

DOI: 10.16781/j.0258-879x.2021.02.0122

## 全面认识血管损伤，推动学科融合发展

刘建民\*, 杨鹏飞, 李 嵩

海军军医大学(第二军医大学)长海医院脑血管病中心, 上海 200433

**[摘要]** 血管损伤是一个较为宽泛的概念,包含了不同部位与器官、不同病理类型的创伤性与非创伤性、急性与慢性的血管结构损伤或功能障碍。本文以血管损伤概念的提出作为出发点,论述了既往孤立性探讨创伤与非创伤性血管病变,以及分学科对血管损伤性疾病开展研究和诊疗工作的局限性,强调了创伤性与非创伤性血管损伤联合诊疗、多学科合作、基础与临床结合的重要性。在此基础上,结合最新技术与设备带来的便利,进一步提出了“平战结合,以平练战”诊疗模式的构想。这对于有效提高平时血管损伤的诊疗效率、显著提升战时血管损伤的救治水平有积极意义。

**[关键词]** 血管损伤; 创伤性血管病变; 非创伤性血管病变; 泛血管疾病; 多学科合作

**[中图分类号]** R 543 **[文献标志码]** A **[文章编号]** 0258-879X(2021)02-0122-05

### To fully understand vascular impairment from the perspective of discipline integration

LIU Jian-min\*, YANG Peng-fei, LI He

Stroke Center, Changhai Hospital, Naval Medical University (Second Military Medical University), Shanghai 200433, China

**[Abstract]** Vascular impairment is a rather broad conception; it includes the vascular structural injuries or dysfunctions of different pathological types; and it may involve different positions or organs, may be traumatic or non-traumatic, and may be acute or chronic. Starting from the conception of vascular impairment, this paper discusses the limitations of previous studies, which merely described isolated cases of traumatic and non-traumatic vascular impairments and the research and diagnosis of vascular impairments based on different disciplines. However, we emphasized the importance of combining traumatic and non-traumatic impairments, multidisciplinary collaboration, and basic and clinical medicine. Taking the advantage of novel technologies and equipment, we designed a diagnosis and treatment plan of “combining peacetime and wartime, training in peacetime for wartime”, which can not only effectively improve the peacetime efficiency for clinical management of vascular impairment, but also significantly promote the wartime treatment for vascular impairment.

**[Key words]** vascular impairment; traumatic vascular disease; non-traumatic vascular disease; pan-vascular diseases; multidisciplinary collaboration

[Acad J Sec Mil Med Univ, 2021, 42(2): 122-126]

[收稿日期] 2020-12-09

[接受日期] 2021-01-12

[基金项目] 上海市临床重点专科项目( shslczdk06101 ). Supported by Shanghai Municipal Key Clinical Specialty Program (shslczdk06101).

[作者简介] 刘建民,教授、主任医师,博士生导师。

\*通信作者( Corresponding author ). Tel: 021-31161784, E-mail: chstroke@163.com

血管是为全身组织、器官输送养分的特殊器官。血管损伤不仅会因血液溢出导致失血性休克或出血刺激、压迫损害周围组织,也会因局部血管狭窄或闭塞引起下游相关组织缺血,造成重要脏器急性或慢性功能障碍,进而危及生命。血管损伤性疾病涉及全身各个系统,也是导致创伤性疾病高残死亡率的主要原因。传统意义上的血管损伤通常被认为与血管创伤同义,但随着血管病变相关研究的不断进展,人们发现创伤性血管病变与非创伤性血管病变只是发病原因和部位不同,在病理生理、临床表现、诊断方法和治疗策略等方面颇为相似。因此,将两者有机结合并从广义的血管损伤角度进行科学定义,有利于全面、系统地认识、研究、诊断及治疗这类疾病,探索其共同的病理生理机制、诊疗原则及通用的诊疗措施。同时,随着泛血管理念的逐渐推广,临床上心、脑与外周血管疾病研究的交叉融合和诊疗技术的相互借鉴已渐成趋势。血管损伤概念的提出,有利于多学科在“同研、同诊、同治”的过程中快速推进血管损伤研究的深入,创新诊疗新理论新技术,共同维护好血管这一生命桥梁的健康。

## 1 传统意义上的血管损伤指创伤性血管病变

狭义的血管损伤主要指因撕裂、挫伤、穿刺、挤压或其他外力因素引起的血管创伤,即由于各种外力因素直接或间接地导致血管结构改变或功能障碍的一类疾病,通常被称为创伤性血管病变<sup>[1]</sup>。创伤性血管病变根据致伤因素大致分为钝性及锐性血管损伤。钝性血管损伤指由于牵拉、挤压及爆震等钝性外力因素导致的血管损伤<sup>[2]</sup>;锐性血管损伤指穿刺及切割等锐性外力因素导致的血管损伤<sup>[3]</sup>。这种笼统的分类方式无法准确地反映血管损伤局部的病理生理及功能改变。因此,Biffi等<sup>[4-5]</sup>依据创伤后颈动脉血管病变的性质将其分为5级,1~5级分别对应轻度狭窄、夹层或重度狭窄或血栓形成、假性动脉瘤形成、血管闭塞、血管全层破损或完全离断。该分级方法在血管创伤领域被广泛认可,然而,这种分级仍较为粗略,无法完整地反映血管损伤的病理生理过程及程度,需进一步完善。

从发病机制来讲,创伤性血管病变均涉及血管壁1层或多层结构的损伤。如果外力作用较大或为穿透性损伤,可能发生血管多层甚至全层的损伤,导致假性动脉瘤或血管完全离断。而当致伤因素的能量不足以引起血管全层损伤时,较为脆弱的血

管内膜便成为了主要受损对象。如动脉内膜的损伤可以导致影像学上明确的血管夹层,也可能引起隐匿性的内皮细胞损伤<sup>[6]</sup>。随着内膜损伤的加重,可导致局部急性慢性血栓形成,引起血栓栓塞或血管闭塞。血管内膜损伤还可导致脂质沉积、泡沫细胞形成,引起粥样硬化性狭窄;如果创伤或内膜炎症反应累及血管中膜,则可能引起中膜平滑肌损伤和弹力纤维破坏,使血管壁强度降低,导致损伤血管在血流冲击下形成动脉瘤<sup>[7]</sup>。如果创伤同时累及动脉与静脉,还有可能在损伤修复的过程中形成动静脉异常沟通,如创伤性动静脉瘘等<sup>[8]</sup>。而动脉狭窄或闭塞、动脉瘤和动静脉瘘等更多见于非创伤性病因。无论创伤或非创伤原因,血管损伤的类型和程度直接决定了血管病变的性质。因此,单独针对创伤性和非创伤性血管病变进行孤立的研究和诊疗,既不利于对此类疾病的系统性认识与研究,也影响同质化高效科学诊疗的探索。

## 2 广义的血管损伤包括创伤性和非创伤性血管病变

与创伤性血管病变相对应,非创伤性血管病变即由非外力因素引起的血管结构改变或相关组织器官功能障碍。这些非外力致病因素主要包括:代谢性因素,如高血压、糖尿病及高脂血症等;免疫性因素,如白塞病、系统性红斑狼疮及大动脉炎等;感染性因素,如感染性血管炎、梅毒等;遗传性因素,如马方综合征、基因表达异常等<sup>[9]</sup>。

除致病因素和发病部位不同外,创伤性血管病变与非创伤性血管病变存在诸多相似之处:在病理方面,两者在疾病发生上均涉及血管壁1层或多层损伤;在致病机制方面,两者均涉及内皮损伤、炎症、氧化应激、细胞凋亡和生长因子分泌异常等;在临床表现方面,两者均可表现为血管狭窄、闭塞、扩张、破裂及动静脉异常沟通等,最终均可能因出血或缺血导致重要组织脏器急性或慢性功能障碍。此外,2种血管病变均呈现发病急、变化快、病情重的特点,因此救治的原则、策略和技术方法极为相似,如创伤性大血管破裂和自发性动脉瘤破裂出血的救治均为血管内支架植入结合弹簧圈或液体栓塞材料封堵血管破口或外科夹闭缝合,创伤性夹层和自发性夹层从抗血小板药物到血管内重建策略基本一致。这些创伤性与非创伤性血管病变的相似之处是全面、系统地研究血管病变的共同发病机制、病理生理过程、预防措施、诊疗原则与急救流程的基础。

此外,血管病变的概念也存在局限性,其仅限

于各种已经存在影像学改变的内在或外在因素导致的血管壁损伤。早期血管损伤可能并没有达到“病变”程度,但更应引起重视。尤其是在“健康中国”战略背景下,我国医疗模式正在从“重疾病治疗”向“重疾病预防”全面转型,采用广义的“血管损伤”概念来描述更加全面、准确,同时也体现了关注疾病早期阶段、重视预防、维护血管健康的理念。

综上所述,广义的血管损伤是指一类由各种原因导致的全身或局部血管结构损伤(血管扩张、破裂、狭窄、闭塞及异常沟通等)或功能障碍(血管内皮炎症反应、脂质沉积、中膜弹力纤维受损等),可使受损血管发生或倾向于发生出血或缺血等血流动力学异常,导致相关组织器官功能障碍,并表现出相应的临床症状和体征。

### 3 血管损伤诊疗的发展需要加强学科间交流融合

血管损伤的常见病理类型包括单纯性血管功能障碍、血管狭窄闭塞、扩张、破裂及动静脉异常沟通等。它们可以发生在全身任何部位的血管,包括心脏血管、头颈部血管、外周血管及脏器血管等。基于病理变化的相似性,应将全身血管当作一个独立的系统看待,联合相关学科共同研究血管损伤的机制、预防、诊断与治疗,这使多学科合作显得极其重要。

在血管损伤的预防阶段,多学科合作的价值已经初步显现。血管损伤的防治工作是从预防基础疾病开始的。无论对于创伤性还是非创伤性血管病变,包括高血压、糖尿病在内的代谢性疾病都是重要的危险因素<sup>[10]</sup>。如通过合理运用调脂药物,阻止或延缓动脉粥样硬化的进程,可显著降低脑缺血、冠心病和外周血管狭窄(闭塞)等的发生率<sup>[11]</sup>。通过稳定患者血压可显著降低颅内动脉瘤、主动脉瘤和颈部、四肢动脉瘤的破裂风险<sup>[12-13]</sup>。

由于不同部位血管损伤的临床表现不同,在临床诊断的初期,各学科之间可以相互借鉴的经验较少。然而,血管损伤的确诊往往离不开血管的影像学检查,这为各学科间的合作交流提供了平台。对于不同器官及部位的血管损伤,虽然超声、多模态CT、高场强MRI等影像学方法进展较快,数字减影血管造影(digital subtraction angiography, DSA)仍是目前诊断的金标准,其性能还在不断提升。4D-DSA不仅使复杂颅内血管病变的诊疗效率得到了提升,也被广泛应用于全身血管,对血管相关学科均有一定意义<sup>[14]</sup>。此外,高场强血管壁

MRI不仅可以确认冠状动脉斑块稳定性,也可以辨别颅内血管闭塞的原因<sup>[15]</sup>;4D-磁共振血管成像的出现使无创性血管病变诊断的准确性得到进一步提升<sup>[16]</sup>。将这些在某一学科获得突破的新方法快速应用到其他系统血管损伤性疾病的诊疗过程中具有非凡意义。在人工智能与大数据分析蓬勃发展的今天,对于不同器官同种病理类型的血管损伤性疾病,也可以通过影像学资料的标准化和人工智能技术提高其影像学诊断的准确性。因此,加强影像学诊断方面的学科间交流是今后的发展方向之一。

随着血管内治疗技术的不断发展,各学科在治疗模式上存在许多可以相互借鉴之处。药物涂层球囊与支架最初被应用于冠状动脉粥样硬化狭窄经球囊扩张后再狭窄的患者,取得了较好的疗效<sup>[17]</sup>。神经介入和外周介入领域借鉴了心内科的治疗经验,也开始将药物涂层介入器材应用于治疗各种血管狭窄性疾病<sup>[18]</sup>。而在治疗血管扩张、破裂性疾病方面,外周血管介入科率先使用了覆膜支架、游离弹簧圈等器械,神经介入领域率先使用了血流导向装置、电解可脱弹簧圈、非黏性液体栓塞材料等器材,都为其他领域血管病变的治疗提供了借鉴<sup>[19]</sup>。各相关科室可以通过加强交流,碰撞出新的治疗血管病变的方法与策略。

### 4 血管损伤临床实践的进步需要基础研究的支持

随着血管内治疗的不断发展,越来越多的血管损伤可以得到有效预防及治疗。然而许多血管损伤发生、发展的机制还没有阐明,这不仅使临床工作者难以早期干预血管损伤、预防其进展,而且难以预测其临床转归。无论哪个部位或传统学科的血管损伤,以分子生物学研究和血流动力学研究等为代表的研究方向和研究方法极其类似,也都至关重要。

早在20世纪,随着分子生物学研究阐明了动脉粥样硬化的脂质浸润学说,以他汀为首的降脂药物成为治疗动脉粥样硬化的首选药物之一。基础研究的不断深入使血管损伤的早期诊疗效率得到提升,已有研究证实了粥样硬化斑块内炎症细胞及P-选择素、IL-6、TNF- $\alpha$ 等全身性炎症标志物与粥样硬化斑块稳定性的关系,这为早期预测粥样硬化斑块破裂导致闭塞提供了有力支持<sup>[20]</sup>。

基于血流动力学的基础研究表明,异常血流冲击不仅可以导致血管壁发生机械性损伤,而且会引起血管平滑肌细胞表型转化、血管壁炎症反应与结

构重塑,最终导致动脉瘤形成。这为血流导向装置的研发和使用提供了较为充分的理论依据。血流导向装置不仅可以改变动脉瘤局部的血流动力学不良因素,还可引导内皮细胞移行覆盖病变血管,达到解剖治愈<sup>[21]</sup>。

总之,血管损伤临床实践的发展离不开基础研究,而各学科相关血管病变的基本机制又是类似的。因此,从事血管损伤相关研究的基础研究人员应加强合作交流,针对目前存在的共性临床问题提出更好的解决方案。

## 5 “平战结合,以平练战”的血管损伤诊疗模式展望

随着人们对血管损伤重视程度的提高,学科间交流逐渐密切,创伤性与非创伤性血管病变的诊疗效率获得提升。这不仅有利于平时血管损伤的防控与救治,也将为创伤性血管病变的救治打下基础。

如何缩短发病至有效救治的时间是降低大血管损伤致死率的核心要素。目前,越来越多的医疗机构逐步建立了应对创伤、卒中、胸痛及主动脉瘤等疾病的标准化急救流程,对于怀疑有急性高危血管损伤的患者立即启动急救绿色通道,迅速完成分诊、转运、检查及术前准备。在此过程中,融合或协调各相关学科,组成一支快速响应团队,使急救流程高效运转,才能不断缩短救治时间并进一步提高疗效。长海医院的融合型卒中中心正是基于这一理念而建立并快速发展的,已成为国家卒中中心建设的模板,入院至静脉溶栓时间(door to needle time, DNT)中位数由原来的110 min缩短并稳定在20 min左右,并已达到最快9 min的国际领先水平。这种模式非常符合应急或战时创伤性血管病变的急救要求。无论是血管损伤救治团队还是创伤救治团队,均应以缩短救治时间、提高救治效率为目标,在平时常规诊疗急救的过程中不断优化完善诊疗流程,使高效急救模式常态化。

此外,正如前文所述,战时血管创伤往往体现了血管损伤起病急、变化快、病情重的特点,需要及时、确实地修复受损血管,挽救官兵生命。因此,将血管内治疗向前推进或许是改善应急或战场伤员预后的关键所在。在国家大力推进卒中中心、创伤中心和胸痛中心建设的大背景下,在急诊科配置精准多模态血管影像评估和血管内治疗的医疗机构逐渐增多,尤其是复合手术室,成为了提高急性血管损伤救治成功率的重要平台。DSA的“轻量

化”和“可移动化”是设备发展的重要方向之一,它们能在保证图像清晰度的前提下,降低设备复杂性、重量及射线释放剂量,提高设备移动度。这使介入设备“上车”“上船”成为可能<sup>[22]</sup>。以车载多模态CT形成的移动卒中单元已应用于临床,并已尝试用于创伤急救,在血管内治疗血管战创伤救治方面也有了一定经验。美国某医院采用支架植入和/或弹簧圈栓塞等技术处理创伤性(包括刀伤、爆震伤、弹道伤、撞击伤等)动脉瘤、夹层和动静脉瘘,结果显示血管内治疗可以在应急或战时治疗血管创伤、挽救患者生命的同时保持损伤血管的通畅,提高脏器及肢体的保存率,降低残死率,初步证明了血管内治疗创伤性血管损伤的安全性与有效性<sup>[23]</sup>。部分国际指南已经将血管内治疗列为血管钝性创伤的首选治疗方法之一<sup>[24]</sup>。

我们需要开展进一步研究,系统地比较药物、开放手术及血管内治疗等不同方法处置血管创伤的效能,积极借鉴非创伤性血管病变的血管内治疗经验,优化创伤性血管病变的治疗方案。在不远的将来,血管内治疗可能会成为活跃在各级医院、医院船上挽救伤员生命的利器,与血管损伤相关的多个科室应密切合作,在平时救治各种急重血管损伤的过程中,不断优化急救模式,提高疗效,做到“以平练战”,为保障应急或战时伤员的生命安全做好准备。

## 6 结 语

广义血管损伤概念的提出有利于促进多学科合作、基础与临床结合、创伤与非创伤联合救治及平战结合诊疗模式的发展,能进一步加强一专多能的急救医疗团队建设,也与军队医院教医研转型发展的方向相契合。基于血管影像学的分型诊断和血管内治疗是未来血管损伤诊疗的重要发展方向之一,不仅可以在平时服务人民群众,也能在应急或战时挽救伤员生命。

## 【参 考 文 献】

- [1] MOUAWAD N J, PAULISIN J, HOFMEISTER S, THOMAS M B. Blunt thoracic aortic injury—concepts and management[J/OL]. *J Cardiothorac Surg*, 2020, 15: 62. DOI: 10.1186/s13019-020-01101-6.
- [2] EASTHAM S. Blunt cerebrovascular injuries in trauma[J]. *Int J Surg*, 2016, 33(Pt B): 251-253.
- [3] VERDONCK P, DE SCHOUTHEETE J C, MONSIEURS K G, VAN LAER C, VANDER POORTEN V, VANDERVEKEN O. Penetrating

- and blunt trauma to the neck: clinical presentation, assessment and emergency management[J]. *B-ENT*, 2016, Suppl 26: 69-85.
- [4] BIFFL W L, COTHREN C C, MOORE E E, KOZAR R, COCANOUR C, DAVIS J W, et al. Western Trauma Association critical decisions in trauma: screening for and treatment of blunt cerebrovascular injuries[J]. *J Trauma*, 2009, 67: 1150-1153.
- [5] BIFFL W L, MOORE E E, OFFNER P J, BREGA K E, FRANCIOSI R J, BURCH J M. Blunt carotid arterial injuries: implications of a new grading scale[J]. *J Trauma*, 1999, 47: 845-853.
- [6] SANDSMARK D K, BOGOSLOVSKY T, QU B X, HABER M, COTA M R, DAVIS C, et al. Changes in Plasma von willebrand factor and cellular fibronectin in MRI-defined traumatic microvascular injury[J/OL]. *Front Neurol*, 2019, 10: 246. DOI: 10.3389/fneur.2019.00246.
- [7] TEXAKALIDIS P, SWEID A, MOUCHTOURIS N, PETERSON E C, SIOKA C, RANGEL-CASTILLA L, et al. Aneurysm formation, growth, and rupture: the biology and physics of cerebral aneurysms[J]. *World Neurosurg*, 2019, 130: 277-284.
- [8] MOUCHTOURIS N, JABBOUR P M, STARKE R M, HASAN D M, ZANATY M, THEOFANIS T, et al. Biology of cerebral arteriovenous malformations with a focus on inflammation[J]. *J Cereb Blood Flow Metab*, 2015, 35: 167-175.
- [9] OLVERA LOPEZ E, BALLARD B D, JAN A. Cardiovascular disease[M/OL]//StatPearls [Internet]. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing, 2020 (2020-08-10) [2020-12-08]. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK535419/>.
- [10] 周桂桐, 杨玥. 动脉粥样硬化易损斑块稳定性的研究综述[J]. *中华中医药学刊*, 2009, 27: 2483-2486.
- [11] WARNER J J, HARRINGTON R A, SACCO R L, ELKIND M S V. Guidelines for the early management of patients with acute ischemic stroke: 2019 update to the 2018 guidelines for the early management of acute ischemic stroke[J]. *Stroke*, 2019, 50: 3331-3332.
- [12] STEINER T, JUVELA S, UNTERBERG A, JUNG C, FORSTING M, RINKEL G; European Stroke Organization. European Stroke Organization guidelines for the management of intracranial aneurysms and subarachnoid haemorrhage[J]. *Cerebrovasc Dis*, 2013, 35: 93-112.
- [13] REIMERINK J J, HOORNWEG L L, VAHL A C, WISSELINK W, BALM R. Controlled hypotension in patients suspected of a ruptured abdominal aortic aneurysm: feasibility during transport by ambulance services and possible harm[J]. *Eur J Vasc Endovasc Surg*, 2010, 40: 54-59.
- [14] GRIST T M, MISTRETTA C A, STROTHER C M, TURSKI P A. Time-resolved angiography: past, present, and future[J]. *J Magn Reson Imaging*, 2012, 36: 1273-1286.
- [15] KIM S M, RYU C W, JAHNG G H, KIM E J, CHOI W S. Two different morphologies of chronic unilateral middle cerebral artery occlusion: evaluation using high-resolution MRI[J]. *J Neuroimaging*, 2014, 24: 460-466.
- [16] HADIZADEH D R, MARX C, GIESEKE J, SCHILD H H, WILLINEK W A. High temporal and high spatial resolution MR angiography (4D-MRA)[J]. *Rofo*, 2014, 186: 847-859.
- [17] SETHI A, KODUMURI V, PRASAD V, KASSOTIS J. Ultrathin biodegradable polymer sirolimus-eluting stent versus contemporary durable polymer everolimus-eluting stent for percutaneous coronary intervention: a meta-analysis of randomized trials[J/OL]. *Coron Artery Dis*, 2020. DOI: 10.1097/MCA.0000000000000949.
- [18] ELVIRA SOLER E, SERRANO SERRANO B, LÓPEZ HERNÁNDEZ N, GUEVARA DALRYMPLE N, MOLINER CASTELLANO S, GALLEGÓ LEÓN J I. Transcranial duplex ultrasound monitoring of intracranial arterial stenosis treated with ELUTAX “3” drug-eluting balloon[J]. *Interv Neuroradiol*, 2020, 26: 800-804.
- [19] 中国医师协会神经介入专业委员会出血性脑血管病神经介入专业委员会(学组), 中国医师协会神经外科医师分会神经介入专业委员会, 中国医师协会介入医师分会神经介入专业委员会. 血流导向装置治疗颅内动脉瘤的中国专家共识[J]. *中华神经外科杂志*, 2020, 36: 433-445.
- [20] BLAKE G J, RIDKER P M. Novel clinical markers of vascular wall inflammation[J]. *Circ Res*, 2001, 89: 763-771.
- [21] 吕楠, 周宇, 杨鹏飞, 方亦斌, 李强, 赵瑞, 等. 血流导向装置治疗复杂颅内动脉瘤单中心经验[J]. *第二军医大学学报*, 2019, 40: 304-310.
- LÜ N, ZHOU Y, YANG P F, FANG Y B, LI Q, ZHAO R, et al. Flow diverters in treatment of complex intracranial aneurysms: a single-center experience[J]. *Acad J Sec Mil Med Univ*, 2019, 40: 304-310.
- [22] COUGHLIN D J, BOULTER J H, MILLER C A, CURRY B P, GLASER J, FERNANDEZ N, et al. An endovascular surgery experience in far-forward military healthcare—a case series[J]. *Mil Med*, 2020, 185(11/12): 2183-2188.
- [23] BELL R S, VO A H, ROBERTS R, WANEBO J, ARMONDA R A. Wartime traumatic aneurysms: acute presentation, diagnosis, and multimodal treatment of 64 craniocervical arterial injuries[J]. *Neurosurgery*, 2010, 66: 66-79.
- [24] BROMBERG W J, COLLIER B C, DIEBEL L N, DWYER K M, HOLEVAR M R, JACOBS D G, et al. Blunt cerebrovascular injury practice management guidelines: the Eastern Association for the Surgery of Trauma[J]. *J Trauma*, 2010, 68: 471-477.