

DOI:10.16781/j.0258-879x.2021.02.0161

· 专题报道 ·

创伤性脑血管损伤的诊疗现状及展望

阳源^{1△}, 李翥^{2△}, 方亦斌², 杨鹏飞², 刘建民^{2*}

1. 海军军医大学(第二军医大学)基础医学院学员二大队, 上海 200433

2. 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] 创伤性脑血管损伤(TCVI)是创伤性脑损伤或颈部外伤后的并发症之一。TCVI发病率低,但其一旦发生,如果不加以干预,则有较高的致死、致残率。目前,研究者们明确了包括颅底骨折、颈椎损伤等在内的TCVI危险因素,并根据病理特征对其进行了初步分级。在TCVI的筛查与诊断方面,数字减影血管造影仍为金标准,而广受关注的计算机断层扫描血管造影的诊断效能有待商榷。在治疗方面,药物治疗、开放手术治疗和血管内治疗都被证明对特定类型的TCVI有较好效果。本文从上述角度展开,对TCVI的临床研究现状进行了综述,并对该领域未来的发展进行了展望。

[关键词] 脑血管损伤; 钝性创伤; 危险因素; 计算机体层摄影血管造影术; 血管内治疗

[中图分类号] R 651.12 **[文献标志码]** A **[文章编号]** 0258-879X(2021)02-0161-05

Diagnosis and treatment of traumatic cerebrovascular injury: current status and prospect

YANG Yuan^{1△}, LI He^{2△}, FANG Yi-bin², YANG Peng-fei², LIU Jian-min^{2*}

1. The Second Student Team, College of Basic Medical Sciences, Naval Medical University (Second Military Medical University), Shanghai 200433, China

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

[Abstract] Traumatic cerebrovascular injury (TCVI) is one of complications of traumatic brain injury and neck trauma. Although TCVI has a low incidence, it has high mortality and disability if not treated. Up to now, researches have identified a few risk factors of TCVI, including basilar fracture and cervical spine injury. A preliminary pathological grade of TCVI has been established based on the pathological features. Digital subtraction angiography is generally accepted as the golden standard in diagnosing and screening of TCVI, while the efficiency of computed tomography angiography, which is widely concerned, is still ambiguous. As for the treatment, drug therapy, surgery and endovascular treatment have been confirmed to be effective for specific types of TCVI. This paper reviews the clinical research status and prospects for the future.

[Key words] cerebrovascular trauma; blunt trauma; risk factors; computed tomography angiography; endovascular treatment

[Acad J Sec Mil Med Univ, 2021, 42(2): 161-165]

创伤性脑血管损伤(tramatic cerebrovascular injury, TCVI)是继发于创伤性脑损伤或颈部外伤的并发症之一,其发生率约为1%^[1],会导致严重的血管病变,包括血管夹层、血栓、栓塞、动脉瘤和动静脉瘘等^[2]。这些异常改变可能会引起致命的缺血性或出血性疾病,如脑血管闭塞、颈部血肿、颅内出血和蛛网膜下腔出血,致使TCVI患者术后神经功能缺损发生率接近80%,死亡率高达40%^[1]。在战场条件下,创伤性脑损伤后TCVI的

发生率高达27%,严重危害官兵的生命安全与生活质量^[3]。然而,目前TCVI的漏诊率高,且缺乏公认的临床诊疗规范。本文就TCVI的致伤原因、危险因素、血管病理变化、筛查、诊断和治疗等方面的研究进展进行总结。

1 致伤原因和危险因素

TCVI主要包括钝性脑血管损伤(blunt cerebrovascular injury, BCVI)和锐性脑血管损伤

[收稿日期] 2020-11-03 [接受日期] 2020-12-18

[作者简介] 阳源, E-mail: 690112484@qq.com; 李翥, 硕士生, 住院医师, E-mail: lihe2013155@126.com

[△]共同第一作者(Co-first authors).

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

(penetrative cerebrovascular injury, PCVI) 2种类型。BCVI是颅脑血管非穿透性损伤,多发生在车祸、坠落、斗殴和撞击等导致的颅脑外伤和颈部创伤后。数据显示BCVI最常见的致伤原因是摩托车事故(30%),其次是汽车撞击事故(18%)^[4]。在战场环境下,爆炸冲击伤也是BCVI发生的原因之一^[3]。BCVI的临床表现通常不明显,易被同时发生的脑实质创伤或多发伤的症状掩盖,部分无症状的BCVI只能通过影像学检查被发现。相反,PCVI是指脑血管穿透性损伤,其症状明显,常威胁患者生命且需要外科急救治疗。爆炸冲击伤、枪伤和刀伤等都是PCVI常见的致伤因素。PCVI的诊断常较明确,但其致伤因素更为复杂,往往需要更及时、更有针对性的治疗。虽然日常生活中大部分TCVI为BCVI(80%),但在战场环境下PCVI的发生比例会增高,临床医师应针对不同致伤因素导致的TCVI慎重选择合适的检查和治疗策略。

为了确定创伤患者是否需要进行影像学筛查TCVI,需了解TCVI的危险因素。一项纳入9935例钝性脑创伤患者的临床研究采用多因素logistic回归分析寻找BCVI的危险因素,结果显示颈椎损伤($OR=7.46$)、下颌骨骨折($OR=2.59$)、颅底骨折($OR=1.76$)、损伤严重程度($OR=1.05$)和较低的格拉斯哥昏迷量表(Glasgow coma scale, GCS)评分($OR=0.93$)是BCVI的独立危险因素^[5]。其他研究也证实,GCS评分 ≤ 8 分、岩骨骨折、 $C_1\sim C_3$ 颈椎损伤、横突孔部骨折、伴有颈椎半脱位的骨折、LeFort II型或III型面部骨折、弥漫性轴索损伤、穿透伤、硬膜下血肿和脑挫伤是BCVI的危险因素^[6-7]。创伤患者如具有上述危险因素之一,BCVI的风险将高达41%^[6]。因此,合并这些危险因素是确定创伤患者进行影像学筛查TCVI的重要依据。

2 血管病理变化

BCVI通常造成的是血管内膜或中膜损伤,而非血管壁全层损伤,此类损伤在血流冲击下会导致血管夹层^[8]。血管内膜损伤会激活血小板和凝血系统,导致血栓形成甚至发生急性血管闭塞。长期血管内膜损伤会引起慢性脑动脉狭窄,最终导致慢性缺血性脑损伤^[9]。血管中膜损伤会减弱血管壁强度,导致创伤性动脉瘤,而动脉瘤破裂会导致严重的出血性疾病,包括蛛网膜下腔出血、颅内血肿和假性动脉瘤形成等^[10]。有时高能量钝性损伤也会导致血管壁完全破裂、急性假性动脉瘤形成、

血管离断和动静脉瘘等。相较于BCVI,大多数PCVI的病理进程更加危险。PCVI通常直接造成血管壁全层破裂,并迅速导致严重的出血性疾病。这种情况下假性动脉瘤和血管离断的发生比例更高。Biffi等^[11]基于BCVI病理分类制订了5级量表以指导BCVI的临床诊疗实践:I级指创伤后血管腔不规则或狭窄程度 $\leq 25\%$ 的血管夹层;II级指创伤后狭窄程度 $> 25\%$ 的血管夹层或壁间血肿、腔内血栓形成、内膜瓣形成;III级指创伤性假性动脉瘤形成;IV级指创伤后血管闭塞;V级指血管离断或活动性出血。Seth等^[12]进一步细化了Biffi分级,并将穿透伤纳入分级。Ares等^[13]进一步改良了该量表,纳入了硬脑膜静脉窦损伤。目前Biffi分级仍然是行业内较为公认的BCVI诊疗分级标准,改良的新量表的可行性有待进一步大规模研究确证。

明确TCVI各病理类型的发生比例,有助于其精确诊断与治疗。迄今为止,关于TCVI各病理类型所占比例的研究较少,结论也不尽相同。在Tunthanathip等^[14]的研究中,纳入的42例TCVI患者包括35例(83.3%)动静脉瘘,5例(11.9%)假性动脉瘤,1例(2.4%)血管闭塞,1例(2.4%)血管离断。而在另一项研究中,TCVI病理类型有假性动脉瘤(38%)、动静脉瘘(29%)、血管夹层(19%)、血管离断(9%)、血管闭塞(3%)和血栓形成(2%)^[2]。造成上述研究结果存在差异的原因包括但不限于TCVI的分类方法不统一和样本量不足。由此可见,TCVI各病理类型的比例也需要通过统一的标准与大规模临床研究进一步确定。

根据既往研究,TCVI的病理分型目前大致包括创伤性血管夹层、创伤性缺血性血管病变(如血管狭窄、血栓形成等)、创伤性出血性血管病变(如假性动脉瘤、血管离断等)和创伤性血管异常沟通性病变(如动静脉瘘等)。TCVI的病理分型还需细化,有待进一步临床研究。

3 筛查和诊断方法

有TCVI危险因素的患者需要进行血管影像学检查以确诊或排除TCVI。如果患者在钝性创伤后出现当前诊断无法解释的神经功能缺损、鼻出血、颈部瘀斑或血肿,也应考虑进行血管影像学检查^[6,15]。基于数字减影血管造影(digital subtraction angiography, DSA)的脑血管成像是目前公认的诊断TCVI的金标准,其能准确区分TCVI的病理分型与分级^[1,16]。但DSA是一种有创检查,且辐

射剂量大,这限制了其使用范围,尤其对青少年患者。此外,DSA也因对操作技术要求高、耗时长使很多医院无法开展。

与DSA相比,计算机断层扫描血管造影(computed tomography angiography, CTA)具有快速、无创、技术门槛低等优点,是DSA的有效替代。文献报道16通道CTA筛查BCVI的灵敏度为97.7%,特异度为100%,阳性预测值为100%,阴性预测值为99.3%,准确度为99.3%^[17]。后续研究进一步指出,CTA在区别TCVI不同亚型方面是可靠的^[18]。但是,上述结果似乎过于乐观。大部分研究认为,无论是16通道还是64通道CTA,对颈内动脉和椎动脉损伤的诊断灵敏度与特异度均不能满足筛查TCVI的要求。在这些研究中,CTA的灵敏度为30%~70%,特异度为50%~90%^[13,19-20]。低灵敏度会导致TCVI漏诊,使高风险患者无法接受有效治疗,贻误最佳治疗机会;而低特异度则会导致过度治疗,使患者受到进一步伤害。因此,利用CTA筛查TCVI的效果仍不明确。

MRI对诊断脑实质损伤有一定优势。磁共振血管成像(magnetic resonance angiography, MRA)也是一种血管成像方法。就目前研究结果而言,MRA诊断脑血管病的灵敏度和特异度并不优于CTA^[21-22]。此外,MRI和MRA耗时较长,不适合作为筛选方法。但是血管壁磁共振成像(vessel wall magnetic resonance imaging, vwMRI)有助于诊断潜在的TCVI,值得进一步研究^[23]。

血管超声也是常用的脑血管疾病筛查方法之一,其检查设备的便携性使该方法在各基层医院具有良好的可行性。但经颅多普勒脑血管超声等技术筛查TCVI的可行性有待进一步研究证实。

4 治疗进展

TCVI的治疗策略有药物治疗、开放手术和血管内治疗,但目前尚无公认的TCVI最佳治疗手段。药物保守治疗仅适用于TCVI Bifl分级中的I级和II级。药物治疗的同时,应监测患者的生命体征和神经系统体征,并进行一般治疗,维持水电解质平衡,处理并发症^[24]。药物治疗以抗血栓治疗为主,包括抗凝和抗血小板治疗^[25]。最近的一项meta分析表明,抗血栓治疗可以降低BCVI患者缺血性脑卒中的发生率和全因死亡率^[26]。使用抗凝药物(如肝素或低分子肝素等)将活化部分凝血酶原时间延长至40~50 s是治疗BCVI的公认标准^[27]。抗血小板治疗包括大剂量阿司匹林(325 mg

每天1次)等是防止TCVI后血栓形成的另一种有效方法^[1]。对于2种治疗方案的优劣,目前尚未达成共识。有报道称,抗血小板治疗不会显著增加出血风险,在多发伤的治疗中比抗凝药物有更高的安全性^[1]。然而也有报道指出,抗血小板治疗会增加多发伤或手术导致的隐性出血^[28]。因此,抗凝与抗血小板治疗的优劣值得进一步探讨。

对于TCVI实施开放手术并无统一标准。但在临床实践中,为积极抢救发生脑疝、活动性出血的患者,往往需要实施损伤控制性手术,如去骨瓣减压术、脑动脉结扎术、脑室外引流术等。开放性手术也可用于修复破裂血管、夹闭创伤性动脉瘤、切除损伤的血管内膜。在血管内治疗还未成熟时,这些开放性手术是术者的唯一选择。然而,开放手术有时难以处理入路困难的TCVI,如颈内动脉远端损伤^[8]。此外,开放性手术创伤较严重,容易引起继发性损伤,导致TCVI患者预后变差。

近年来兴起的血管内治疗可以弥补开放手术的不足,使处理开放手术入路困难的血管创伤成为可能。然而,针对不同病理类型、不同分级的TCVI如何进行血管内治疗,目前还没有明确指南。对于伴有血栓形成的TCVI,机械取栓是有效的治疗方法之一。机械取栓可以直接取出血栓,解除血管阻塞^[29],但其不能解决血管病变本身,如血管夹层、血管狭窄等,这种情况则需要采用血管支架对血管壁进行修复。支架植入术已经应用于很多创伤性血管夹层、狭窄的病例,并取得了相当好的效果^[30-31]。然而,支架植入术后患者通常需要强化抗血小板治疗以预防支架内血栓形成,但是在多发性创伤或活动性出血的情况下,任何抗血栓治疗都会增加术后出血风险。因此,对于出血风险高的患者,术者可选用单纯球囊扩张血管成形术作为替代,但其疗效需要进一步研究明确。支架植入术也被广泛应用于创伤性动脉瘤与假性动脉瘤形成。Edwards等^[32]研究表明,对于创伤性假性动脉瘤和进展性夹层动脉瘤患者,支架植入术是安全、有效的。接受长期随访的14例支架植入术后患者,除1例死于艾滋病相关合并症外,其余均未出现新发的出血、缺血和神经功能障碍。此外,近年出现的血流导向装置与覆膜支架,也为创伤性动脉瘤提供了新的治疗策略^[33-34]。对于伴有动脉瘤或动静脉瘘形成的TCVI,包括创伤性动脉瘤、假性动脉瘤和颈内动脉海绵窦瘘等,还可以选择血管内弹簧圈栓塞。在一项纳入20例创伤性假性动脉瘤和7例创伤性脑

动静脉瘘患者的研究中,接受弹簧圈栓塞和支架辅助弹簧圈栓塞等介入治疗的患者获得了良好预后。此外,颗粒栓塞(通过聚乙烯醇颗粒)、液体栓塞(Onyx胶、Glubran胶)和联合疗法(弹簧圈+颗粒/液体栓塞)也是处理TCVI导致的假性动脉瘤或动静脉瘘的有效手段^[2]。

由于目前缺乏针对TCVI的治疗规范,接诊医师往往根据个人经验和专业背景采用保守治疗、开放手术或血管内治疗等方案^[25]。因此,今后研究需要着重关注不同病理分型TCVI的针对性治疗策略。

5 小结与展望

由于TCVI的发病率较低,难以形成系统的病例队列,研究者们一直难以对其进行深入探讨。TCVI病理分型各异,治疗方法差异较大,更增大了研究难度。本文梳理了目前TCVI的临床研究现状,为今后进一步研究提供参考。

TCVI诊断的金标准仍为DSA,但难免对部分患者造成过度检查。CTA检查无创、快速,但诊断TCVI的灵敏度与特异度均不高。这要求研究者进一步探索并细化TCVI的危险因素,制订详细的评分细则,并进行创伤后患者TCVI的风险分级。对于较高危者采用积极的DSA诊断筛查,对于较低危者采用相对保守的CTA筛查,从而减少对低风险患者的过度检查。对于CTA筛查阳性的患者,则进一步行DSA检查,以明确病变类型从而实施精准治疗。

在TCVI的治疗方面,由于其病理分型标准不够完善,难以指导临床实践,因此大部分医师对TCVI的治疗基于小样本、非针对性的研究结果,甚至根据个人经验和治疗习惯决策治疗方案。在治疗方式选择方面,神经外科医师和神经介入医师倾向于对创伤血管夹层进行介入干预,而神经内科医师则倾向于使用药物保守治疗^[25]。这一结果反映了目前TCVI治疗规范的欠缺。事实上,TCVI造成的血栓形成、血管狭窄、动脉瘤形成、动静脉瘘等病理变化与非创伤性血管病变有很高的相似性。我们可以从非创伤性血管病变,尤其是急性起病的非创伤性血管病变的治疗过程中汲取经验,优化TCVI的救治流程与方法。在今后的研究中,研究者可以根据非创伤性血管病变的病理类型和严重程度,进一步细化TCVI的病理分型,然后根据新的病理分型与分级标准开展有针对性的临床研究,探索药物保守治疗、开放手术治疗和血管内治疗对某一分型TCVI的优劣。

综上所述,目前对TCVI的临床研究尚不充分。研究者们应开展多中心临床研究,扩充样本量,探索出基于DSA与CTA的分层筛查模式,以及基于新的病理分型的治疗模式,提升对TCVI的救治效率。

[参考文献]

- [1] EASTHAM S. Blunt cerebrovascular injuries in trauma[J]. *Int J Surg*, 2016, 33(Pt B): 251-253.
- [2] KANSAGRA A P, COOKE D L, ENGLISH J D, SINCIC R M, AMANS M R, DOWD C F, et al. Current trends in endovascular management of traumatic cerebrovascular injury[J]. *J Neurointerv Surg*, 2014, 6: 47-50.
- [3] BELL R S, VO A H, NEAL C J, TIGNO J, ROBERTS R, MOSSOP C, et al. Military traumatic brain and spinal column injury: a 5-year study of the impact blast and other military grade weaponry on the central nervous system[J]. *J Trauma*, 2009, 66(4 Suppl): S104-S111.
- [4] ESNAULT P, CARDINALE M, BORET H, D'ARANDA E, MONTCRIOL A, BORDES J, et al. Blunt cerebrovascular injuries in severe traumatic brain injury: incidence, risk factors, and evolution[J]. *J Neurosurg*, 2017, 127: 16-22.
- [5] BERNE J D, COOK A, ROWE S A, NORWOOD S H. A multivariate logistic regression analysis of risk factors for blunt cerebrovascular injury[J]. *J Vasc Surg*, 2010, 51: 57-64.
- [6] 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.
- [7] BIFFL W L, MOORE E E, OFFNER P J, BREGA K E, FRANCIOSE R J, ELLIOTT J P, et al. Optimizing screening for blunt cerebrovascular injuries[J]. *Am J Surg*, 1999, 178: 517-522.
- [8] HARRIGAN M R. Ischemic stroke due to blunt traumatic cerebrovascular injury[J]. *Stroke*, 2020, 51: 353-360.
- [9] KARAMCHANDANI R, RAJAJEE V, PANDEY A. The role of neuroimaging in the latent period of blunt traumatic cerebrovascular injury[J]. *Open Neuroimag J*, 2011, 5: 225-231.
- [10] FOREMAN P M, GRIESSENAUER C J, FALOLA M, HARRIGAN M R. Extracranial traumatic aneurysms due to blunt cerebrovascular injury[J]. *J Neurosurg*, 2014, 120: 1437-1445.
- [11] BIFFL W L, MOORE E E, OFFNER P J, BREGA K E, FRANCIOSE R J, BURCH J M. Blunt carotid arterial injuries: implications of a new grading scale[J]. *J Trauma*, 1999, 47: 845-853.
- [12] SETH R, OBUCHOWSKI A M, ZOARSKI G H. Endovascular repair of traumatic cervical internal carotid artery injuries: a safe and effective treatment option[J].

- AJNR Am J Neuroradiol, 2013, 34: 1219-1226.
- [13] ARES W J, JANKOWITZ B T, TONETTI D A, GROSS B A, GRANDHI R. A comparison of digital subtraction angiography and computed tomography angiography for the diagnosis of penetrating cerebrovascular injury[J/OL]. *Neurosurg Focus*, 2019, 47: E16. DOI: 10.3171/2019.8.FOCUS19495.
- [14] TUNTHANATHIP T, PHUENPATHOM N, SAEHENG S, OEARSAKUL T, SAKARUNCHAI I, KAEWBORISUTSAKUL A. Traumatic cerebrovascular injury: clinical characteristics and illustrative cases[J/OL]. *Neurosurg Focus*, 2019, 47: E4. DOI: 10.3171/2019.8.FOCUS19382.
- [15] ONDA H, FUSE A, YAMAGUCHI M, IGARASHI Y, WATANABE A, SUZUKI G, et al. Traumatic cerebrovascular injury following severe head injury: proper diagnostic timetable and examination methods[J]. *Neurol Med Chir (Tokyo)*, 2013, 53: 573-579.
- [16] MILLER P R, FABIAN T C, CROCE M A, CAGIANNOS C, WILLIAMS J S, VANG M, et al. Prospective screening for blunt cerebrovascular injuries: analysis of diagnostic modalities and outcomes[J]. *Ann Surg*, 2002, 236: 386-395.
- [17] EASTMAN A L, CHASON D P, PEREZ C L, MCANULTY A L, MINEI J P. Computed tomographic angiography for the diagnosis of blunt cervical vascular injury: is it ready for primetime? [J]. *J Trauma*, 2006, 60: 925-929.
- [18] FOREMAN P M, GRIESEN AUER C J, KICIELINSKI K P, SCHMALZ P G R, ROCQUE B G, FUSCO M R, et al. Reliability assessment of the Biff scale for blunt traumatic cerebrovascular injury as detected on computer tomography angiography[J]. *J Neurosurg*, 2017, 127: 32-35.
- [19] GOODWIN R B, BEERY P R 2nd, DORBISH R J, BETZ J A, HARI J K, OPALEK J M, et al. Computed tomographic angiography versus conventional angiography for the diagnosis of blunt cerebrovascular injury in trauma patients[J]. *J Trauma*, 2009, 67: 1046-1050.
- [20] GRANDHI R, WEINER G M, AGARWAL N, PANCZYKOWSKI D M, ARES W J, RODRIGUEZ J S, et al. Limitations of multidetector computed tomography angiography for the diagnosis of blunt cerebrovascular injury[J]. *J Neurosurg*, 2018, 128: 1642-1647.
- [21] MÜHLENBRUCH G, DAS M, MOMMERTZ G, SCHAAF M, LANGER S, MAHNKEN A H, et al. Comparison of dual-source CT angiography and MR angiography in preoperative evaluation of intra- and extracranial vessels: a pilot study[J]. *Eur Radiol*, 2010, 20: 469-476.
- [22] REN Y, CHEN G Z, LIU Z, CAI Y, LU G M, LI Z Y. Reproducibility of image-based computational models of intracranial aneurysm: a comparison between 3D rotational angiography, CT angiography and MR angiography[J/OL]. *Biomed Eng Online*, 2016, 15: 50. DOI: 10.1186/s12938-016-0163-4.
- [23] ZHU X J, WANG W, LIU Z J. High-resolution magnetic resonance vessel wall imaging for intracranial arterial stenosis[J]. *Chin Med J (Engl)*, 2016, 129: 1363-1370.
- [24] STOCCHETTI N, CARBONARA M, CITERIO G, ERCOLE A, SKRIFVARIS M B, SMIELEWSKI P, et al. Severe traumatic brain injury: targeted management in the intensive care unit[J]. *Lancet Neurol*, 2017, 16: 452-464.
- [25] HARRIGAN M R, WEINBERG J A, PEAKS Y S, TAYLOR S M, CAVA L P, RICHMAN J, et al. Management of blunt extracranial traumatic cerebrovascular injury: a multidisciplinary survey of current practice[J/OL]. *World J Emerg Surg*, 2011, 6: 11. DOI: 10.1186/1749-7922-6-11.
- [26] KIM D Y, BIFFL W, BOKHARI F, BRAKENRIDGE S, CHAO E, CLARIDGE J A, et al. Evaluation and management of blunt cerebrovascular injury: a practice management guideline from the Eastern Association for the Surgery of Trauma[J]. *J Trauma Acute Care Surg*, 2020, 88: 875-887.
- [27] SHAHAN C P, MAGNOTTI L J, STICKLEY S M, WEINBERG J A, HENDRICK L E, UHLMANN R A, et al. A safe and effective management strategy for blunt cerebrovascular injury: avoiding unnecessary anticoagulation and eliminating stroke[J]. *J Trauma Acute Care Surg*, 2016, 80: 915-922.
- [28] GRIFFIN R L, FALATKO S R, ASLIBEKYAN S, STRICKLAND V, HARRIGAN M R. Aspirin for primary prevention of stroke in traumatic cerebrovascular injury: association with increased risk of transfusion[J]. *J Neurosurg*, 2019, 130: 1520-1527.
- [29] SIVAN-HOFFMANN R, GORY B, ARMOIRY X, GOYAL M, RIVA R, LABEYRIE P E, et al. Stent-retriever thrombectomy for acute anterior ischemic stroke with tandem occlusion: a systematic review and meta-analysis[J]. *Eur Radiol*, 2017, 27: 247-254.
- [30] OHTA H, NATARAJAN S K, HAUCK E F, KHALESSI A A, SIDDIQUI A H, HOPKINS L N, et al. Endovascular stent therapy for extracranial and intracranial carotid artery dissection: single-center experience[J]. *J Neurosurg*, 2011, 115: 91-100.
- [31] LI L, LI T, XUE J, WANG Z, BAI W, ZHU L, et al. Stent treatment for basilar artery dissection: a single-center experience of 21 patients[J]. *Interv Neuroradiol*, 2016, 22: 260-265.
- [32] EDWARDS N M, FABIAN T C, CLARIDGE J A, TIMMONS S D, FISCHER P E, CROCE M A. Antithrombotic therapy and endovascular stents are effective treatment for blunt carotid injuries: results from longterm followup[J]. *J Am Coll Surg*, 2007, 204: 1007-1015.
- [33] COHEN J E, GOMORI J M, MOSCOVICI S, BALAM, ITSHAYEK E. The use of flow diverter stents in the management of traumatic vertebral artery dissections[J]. *J Clin Neurosci*, 2013, 20: 731-734.
- [34] WANG K, PENG X X, LIU A F, ZHANG Y Y, LV J, XIANG L, et al. Covered stenting is an effective option for traumatic carotid pseudoaneurysm with promising long-term outcome[J]. *J Korean Neurosurg Soc*, 2020, 63: 590-597.