doi:10.11659/jjssx.11E024112

·综 述·

不同手术方式治疗原发性脑干出血的研究进展

陈 煜,邹国虎 (武汉科技大学附属天佑医院神经外科,湖北 武汉 430064)

[摘 要] 原发性脑干出血(PBSH)是指排除外伤后,脑干组织内的血管破裂引起的出血。脑干是人体的生命活动中枢,且胶质细胞少,对血肿的吸收较慢,因此PBSH具有发病急、病情进展极其迅速、病死率极高的特点;同时,因脑干结构复杂、功能重要,长期以来被视为手术禁区。近些年,随着成像技术及手术设备的高速发展,显微外科技术和术中导航在临床上得到了广泛应用,神经外科医生对脑干区域解剖结构的认识越来越充分,脑干手术的成功率因此得到了大幅提高。本文现就不同手术方式治疗PBSH的研究进行综述,以期为PBSH的手术治疗提供更全面的参考。

[关键词] 原发性脑干出血;手术治疗;立体定向技术;开颅手术;脑室外引流
[中图分类号] R651.1+1 [文献标志码] A [收稿日期] 2024-11-20

Research progress on different surgical methods in the treatment of primary brainstem hemorrhage

CHEN Yu, GUI Guo-hu (Department of Neurosurgery, Tianyou Hospital Affiliated to Wuhan University of Science and Technology, Wuhan Hubei 430064, China)

Abstract: Primary brainstem hemorrhage (PBSH) refers to bleeding caused by the rupture of blood vessels within the brainstem tissue after excluding trauma. The brainstem is the central hub of human life activities, with fewer glial cells and slower absorption of hematomas. Therefore, PBSH has the characteristics of acute onset and extremely rapid disease progression, as well as high mortality rate. Due to the complex structure and important function of the brainstem, it has long been regarded as a surgical exclusion zone. In recent years, with the rapid development of imaging technology and surgical equipment, microsurgical techniques and intraoperative navigation have been widely used in clinical practice. Neurosurgeons have gained an increasingly thorough understanding of the anatomical structure of the brainstem region, which has significantly increased the success rate of brainstem surgeries. This article reviews the research on different surgical methods for treating PBSH, in order to provide a more comprehensive reference for the surgical treatment of PBSH.

Keywords: primary brainstem hemorrhage; surgical treatment; stereotactic technology; craniotomy surgery; external ventricular drainage

原发性脑干出血(primary brainstem hemorrhage,PBSH)主要由长期高血压或淀粉样血管病导致,由基底动脉供血的穿支动脉破裂造成[1-2],好发于40~70岁人群,且目前呈年轻化趋势,其中男性发病率高于女性[3]。因PBSH患者多伴有高血压病,国内也将其称为高血压性脑干出血,是高血压性脑出血中最致命的亚型[4],占高血压性脑出血的6%~10%[5-9],最常发病部位为桥脑。脑干是人体最重要的生命活动中枢,具有调节呼吸、心率、血压和体温等重要功能,血肿通过破坏、挤压脑干神经核团、传导束、网状上行激活系统等重要结构[4],迅速引发一系列严重症状,所以患者在PBSH早期即可出现意识丧失、呼吸心跳骤停等症状,这使得PBSH的病死率高达90%[10]。由于脑干胶质细胞少、血肿吸收慢,血肿的占位效应及产生的炎症介质可导致脑干继发性损伤,进而影响患者临床预后[11],所以尽早解除血肿的占位效应是PBSH治疗的关键。随着临床对脑干区域解剖更充分的认识,以及影像技术、显微外科、神经内镜、立体定向等相关技术和手术设备的进步,PBSH的治疗除了传统的保守治疗以外,目前常用的手术方式还包括立体定向穿刺引流术、开颅血肿清除术、脑室外引流术等,本文现就不同手术方式在治疗PBSH中的研究进行综述,以期为其治疗提供参考。

[通信作者] 邹国虎,E-mail:guiguohu@163.com

1 立体定向穿刺引流术

立体定向技术迄今已有百余年的历史,经历了有框架立体定向技术和无框架立体定向技术2个阶段,并从无框架立体定向技术中发展出了神经外科导航和机器人辅助立体定向技术。目前,立体定向技术在临床上已广泛应用于神经系统疾病的诊疗。

1.1 有框架立体定向穿刺引流术

1889年,Zornov教授制造了世界上第1台极坐标形式定向仪,并指导学生运用此仪器为患者成功地进行了小骨瓣开颅术;1908年,Horsley和Clarke医生运

用坐标系原理,设计出了首台具备三维坐标定位系统的立体定向仪,并将其应用于动物试验[12]。1947年,Spiegel教授和Wycis医生共同推出了适用于人的有框架立体定向仪,并首次提出了“立体定向技术”的概念[13]。随后,计算机和成像技术的进步极大地提高了立体定向神经外科领域对计算机化和计算机辅助手术程序的接受度[14]。1976年,Bergström等[15]将有框架立体定向技术与CT结合,并首次应用于临床。随后以此发展出了有框架立体定向技术与超声、MRI、血管造影等相结合,这些技术的发展使得立体定向技术的精确度和安全性得到了提高。

李岩等[16]回顾性分析了146例PBSH患者的临床资料,将其分为软通道组65例,硬通道组81例,2组患者均使用有框架立体定向穿刺引流术,结果提示,相较于文献报道的保守治疗,2组患者术后30 d病死率及术后90 d神经功能均有明显改善;但2组患者术后90 d预后情况比较无统计学差异。冯珂珂等[17]采用有框架立体定向穿刺引流术治疗了31例重症PBSH患者(出血量>5 mL),术后统计结果提示病死率与出血量呈正相关,但是行手术治疗的重症PBSH患者病死率为25.8%(8/31),显著低于文献报道的保守治疗者[10,18-20]。刘凤强等[21]对47例行有框架立体定向穿刺引流术的PBSH患者进行回顾性分析,结果显示术后30 d患者生存率为85.1%(40/47),取得了良好的治疗效果。并且,刘凤强等[21]根据血肿在脑桥中的位置,并结合有框架立体定向技术的要求提出了血肿分型——“四类七分法”,即0、1、2、3型,其中2、3型根据血肿主体在桥脑前后径中线的位置再分为A(abdominal,腹侧)、B(back,背侧)、C(centeal,中央)3种亚型;且此血肿分型能预测患者术后30 d的存活状态,其中3型B、C亚型患者术后30 d的病死率较高,Huang等[22]提出的新的原发性脑桥出血评分标准在评估患者短期生存方面与之相似。

有框架立体定向穿刺引流术在改善PBSH患者生存率和神经功能方面均优于保守治疗。同时,术前应评估血肿的空间形态,对血肿与脑干的空间位置关系进行分析,充分利用血肿扩展形成的自然通道并结合血肿分型法,设计个性化的手术路径,尽量减少穿刺对重要功能区或结构的损伤[21]。然而,实施有框架立体定向穿刺引流术前需在患者头部安装定位框架,这会使患者产生疼痛不适,且术前准备时间较长,有可能导致急诊手术的时机被延误。

1.2 无框架立体定向穿刺引流术

1986年,Roberts等[23]首次成功将改装的手术显微镜与CT/MRI图像进行了连接,实现了视频导航,由此开创了无框架立体定向技术,也是现代神经外科导航系统的前身。此后,立体定向手术摆脱了有框架立体定向手术存在相对死角的掣肘,进入了无框架的数字化新时代。无框架立体定向手术不依赖传统的基准框架定位,而是采取将基准标志物黏附在患者头上[24],因此术前无需行局部麻醉安装头颅定位框架,减少了患者的疼痛不适和对手术的抗拒,提高了患者配合度,缩短了术前准备时间。

郭士琨等[25]观察了65例接受经幕下入路无框架立体定向穿刺引流术治疗的PBSH患者,结果显示,患者中位血肿量为1.0(0.5, 2.3)mL,血肿清除率为(84.6±13.6)%,术后30 d生存率为86.2%(56/65),尽管术后90 d患者总生存率降至81.5%(53/65),但41.5%(22/53)的存活者神经功能恢复良好。韩昊锦等[26]将采用无框架立体定向穿刺引流术治疗的19例患者纳入手术组,将行保守治疗的29例患者纳入保守组,结果显示手术组患者术后1周的格拉斯哥昏迷评分(Glasgow coma scale, GCS)及术后3个月的改良Rankin评分分级、病死率均优于保守组。因此,无框架立体定向穿刺引流术具有创伤小、精度高、疗效好的优点,能显著提高患者生存率并改善神经功能预后。

相比有框架立体定向技术,无框架立体定向技术治疗PBSH疗效显著,能缩短术前准备时间,提高患者舒适度;因无需安装定位框架,手术入路也不再受限制;术者还可通过导航系统的实时影像融合技术动态调整穿刺路径,规避锥体束、网状上行激活系统等关键功能区,提高手术安全性,改善患者神经功能。

1.3 机器人辅助立体定向穿刺引流术

1985年,机器人系统与有框架立体定位仪被首次联合应用于脑部活检术,该方法即使在术中机器人系统发生故障的情况下,也可人工使用立体定向仪继续完成手术[24,27]。2000年,有研究报道了国产机器人立体定向技术成功应用于多种颅内手术[28]。机器人系统由辅助导航系统和辅助操作系统组成,可清晰显示手术部位及邻近组织的结构,有助于术者术前规划手术路径。经过数十年的发展,机器人系统在数字成像、导航技术和操作设备等方面取得了长足的进步,在神经外科中逐渐普及。

盛文国等[29]结合刘凤强等[21]提出的血肿分型法,应用机器人立体定向技术对10例重度PBSH患者进行治疗,无患者发生术中死亡,术后90 d死亡4例(放弃治疗3例和肺部并发症1例),病死率较低,术后影像显示手术对血肿的清除率为67.2%~97.2%,可有效清

除血肿。Bao等[30]将82例PBSH患者分为保守组(46例,采用保守治疗)和手术组(36例,采用机器人辅助立体定向穿刺引流术),并随访至术后60 d,研究结果表明,手术组和保守组病死率分别为19.44%(7例)和50.00%(23例),手术组病死率显著低于保守组,神经功能恢复(GOS和GCS评分)显著优于保守组,脑积水发生率显著低于保守组。

另有回顾性研究表明,机器人辅助立体定向穿刺引流术后6个月时,患者总体病死率为32.5%(13/40),远低于文献报道的保守治疗;同时,与有框架立体定向系统相比,机器人辅助立体定向系统使用时注册更方便、快捷,还可减少创伤,节省手术时间[31]。

机器人辅助立体定向穿刺引流术与无框架立体定向穿刺引流术相似,术前无需安装定位框架,做好头部标记并完成影像检查就可通过系统进行精准的术前规划和手术入路制定。机器人辅助立体定向穿刺引流术治疗PBSH手术时间短,定位准确,能有效改善患者预后,并且操作相对于开颅血肿清除术简单,更适合浅昏迷、不能耐受开颅手术的患者[17]。但对于血肿量较大、深昏迷的患者,在技术条件允许的情况下,建议行开颅血肿清除手术,以尽早清除血肿,电凝止血责任血管,解除血肿对脑干的占位效应[17,32]。

2 开颅血肿清除术

目前我国采用传统开颅手术治疗PBSH的病例数较多,临床已在显微开颅血肿清除术、神经内镜下血肿清除术、脑室外引流术等[4]术式方面积累了一定的治疗经验。有临床研究表明,血肿大小作为决定PBSH预后的最重要因素,其体积越大,占位效应越明显,患者预后越差[33]。因此,对于PBSH患者,应尽快进行手术治疗,完成血肿清除,以缓解占位效应。而具体手术方式应从术者经验、家属意愿、患者身体耐受能力等方面综合评估后进行选择。

2.1 显微开颅血肿清除术

显微开颅血肿清除术能够精准清除血肿,有效降低血肿对脑干的占位效应,减少血肿崩解后产生的毒性效应。由于脑干的重要性,选择手术入路时应尽可能减少对血肿周围脑组织的损伤。因此,我国专家共识指出,术者应根据血肿所在具体部位选择不同的手术入路,如中脑被盖区血肿可选择枕下经天幕入路,中脑外侧面血肿可选择颞下入路,脑桥腹外侧血肿可选择乙状窦后入路,脑桥、延髓背侧血肿可选择枕下正中入路[4]。手术时,还应遵守“脑干无牵拉、血肿轻吸引、责任血管弱电凝”等操作要点[4,34-35]。

Chen等[9]采用显微镜经枕下正中入路或经颞下入路治疗了52例PBSH患者,并提出手术时应严格根据操作要点清除血肿,质地较硬或较大的血肿则需碎片化后逐片取出,避免二次手术;该研究认为,显微开颅血肿清除术可以使PBSH患者受益,不仅血肿清除效果显著,还可以改善患者预后。施辉等[36]也以经枕下后正中经膜髓帆入路治疗了23例患者,病死率为30.43%(7/23),存活的16例患者中,15例症状较术前好转,取得了较好的临床效果。

研究显示,显微开颅血肿清除术在清除脑干浅表血肿方面可以获得满意的效果,但由于显微镜视线不能弯曲,深部血肿容易残留,如果增加脑干切口的牵拉,可以提高血肿的清除率,但同时也增加了脑干的损伤[37]。但Chen等[9]认为,在神经导航的引导下,显微镜开颅血肿清除术不仅可以根据血肿位置选择最佳入路,还能减少手术相关的损伤;而立体定向穿刺引流术的安全性不高,术中无法直视血肿位置及电凝责任血管,有再出血导致二次手术的风险,因而显微开颅血肿清除术优势更明显。

综上,显微开颅血肿清除术针对PBSH的浅表处血肿效果尚佳,但对于深部血肿的清除不够彻底,特别是对于脑桥腹侧及通过天幕突入幕上的血肿,因显微镜下存在暴露死角及深部光线衰减、亮度不足等缺陷,易有残留,同时也有牵拉切口造成脑干二次损伤的风险。

2.2 神经内镜下血肿清除术

神经内镜下血肿清除术手术入路及方法与显微开颅血肿清除术一致,只在清除血肿时使用神经内镜操作,清除血肿后再通过神经内镜仔细检查血肿腔以确认血肿完全清除。

因神经内镜具有可抵近血肿、直视下操作的优点,Huang等[38]使用神经内镜下血肿清除术治疗14例PBSH患者实现了超过90%的血肿清除,术后复查均无需再次手术,其中9例神经功能恢复尚可(GOS评分为4分或3分),临床治疗效果较满意。梁建广等[39]使用神经内镜辅助显微手术治疗11例PBSH患者,血肿完全清除率可达94.30%,患者生存率为72.73%,治疗效果显著。另有研究认为,神经内镜下血肿清除术是紧急手术时的可替代方案,不仅能有效清除血肿,对脑干损伤也较小[40]。神经内镜具有深部照明好、视角广的优点,可以轻松观察到显微镜下操作时存在的死角及盲区,对于血肿的清除效果明显,甚至能够完全暴露血肿的视野,而不增加对脑组织的牵拉;但在小空间处操作时,镜体有干扰操作的可能,

对术者要求高,而且神经内镜镜头极易出现起雾、被污染的情况,会导致手术时间延长[37]。

综上,神经内镜对于脑干深部及特定部位(如幕上、中脑、脑桥腹侧)的血肿清除效果较好,既可提高血肿清除率,又可有效保护正常脑干组织。结合前文显微镜及神经内镜的优点,术者可以采取双镜联合的治疗方式,在手术前期使用显微镜快速打开入路并清除浅部血肿,随后再使用神经内镜进入深部清除血肿,这样不仅可减少对脑干切口的牵拉,还能提高血肿的清除率,减少二次手术[41]。

3 脑室外引流术

研究显示,39.5%的PBSH患者会并发脑室出血,从而导致脑积水[4]。脑室外引流术可以清除血凝块并缓解梗阻性脑积水,一定程度降低颅内压,减少血肿对脑干的神经毒性,改善患者神经功能和生活质量[42-43]。但脑室外引流术无法直接清除血肿本身,不能及时缓解血肿对脑干的占位效应,因此与前文提到的立体定向穿刺引流术及开颅血肿清除术相比,脑室外引流术的临床治疗效果欠佳。相较于保守治疗,陈国昌等[43]认为,早期行颅内压监测及脑室外引流术治疗可以尽早引流血性脑脊液,降低颅内压,从而有效降低致残率和致死率,减少并发症,改善患者预后,缩短住院时间。因此,当患者因各种原因无法进行立体定向穿刺引流术及开颅血肿清除术等手术治疗时,可以早期行颅内压监测下脑室外引流术治疗。

4 总结

根据现有文献报道,立体定向穿刺引流术、开颅血肿清除术和脑室外引流术在改善PBSH患者生存率、神经功能恢复等方面明显优于保守治疗。其中,立体定向穿刺引流术手术时间短,定位精准,能有效改善PBSH患者的预后,且无论是有框架立体定向穿刺引流、无框架立体定向穿刺引流或是机器人辅助立体定向穿刺引流术在PBSH的治疗中均具有显著的潜力。同时,无论何种术式都应根据血肿具体部位选择合适的入路。而对于血肿量大、深昏迷的患者,在技术条件允许的情况下,应选择开颅血肿清除术,以尽早解除血肿的占位效应,但此类患者往往预后极差,即使成功进行开颅血肿清除术清除血肿,但由于脑损伤过于严重,患者手术后可能会处于持续性植物状态、遗留极其严重的神经功能障碍或出现死亡,临床医生应告知患者家属上述手术风险,并尊重家属的选择。

目前,手术治疗PBSH存在一些不足和局限性,还需要进一步的研究和临床试验来验证其安全性和有效性。首先,当前的研究主要为小样本、短期观察研究上,缺乏大规模、长期随机对照试验。其次,目前的研究主要集中在特定的治疗途径和技术上,而不同的治疗途径和技术可能产生不同的效果和风险。此外,目前的研究未充分考虑患者的个体差异(如年龄、性别、病程等因素)对治疗效果的影响。最后,从技术推广角度来看,开颅血肿清除术对术者技术要求较高,限制了其在基层医院的普及;而立体定向技术虽具有显著的治疗潜力,但无框架系统存在人为操作误差,机器人辅助系统则面临成本高等问题,这些因素都可能制约其在临床实践中的广泛应用。

综上所述,随着影像技术及手术设备的发展,脑干区域不再是手术禁区,手术治疗为越来越多的PBSH患者提供了生存的希望,但是如何有效减少术后并发症、促进神经功能恢复,仍需要进一步研究探索。

[参考文献]

[1] Chen L, Chen T, Mao G, et al. Clinical neurorestorative therapeutic guideline for brainstem hemorrhage (2020 China version)[J]. J Neurorestoratol, 2020, 8(4): 232-240. doi: 10.26599/JNR.2020.9040024.

[2] 王 军,王晓峰,张宏兵. 原发性脑干出血的临床分析[J]. 中国实用神经疾病杂志,2013,16(22):61-62.

[3] Zheng WJ, Shi SW, Gong J. The truths behind the statistics of surgical treatment for hypertensive brainstem hemorrhage in China: a review[J]. Neurosurg Rev, 2022, 45(2): 1195-1204. doi: 10.1007/s10143-021-01683-2.

[4] 中华医学会神经外科学分会脑血管病学组,中国医师协会神经外科医师分会脑血管外科学组. 原发性脑干出血诊治中国神经外科专家共识[J]. 中华医学杂志,2022,102(15):1068-1075. doi:10.3760/cma.j.cn112137-20211228-02913.

[5] 王荣贵,刘 昊,孙 前,等. 二合一复合手术治疗原发性脑干出血的体会及文献复习[J]. 卒中与神经疾病,2024,31(2):206-209. doi:10.3969/j.issn.1007-0478.2024.02.016.

[6] Pustilnik HN, Fontes JHM, Porto Junior S, et al. Stereotactic aspiration versus conservative management for primary brainstem hemorrhage: a systematic review and meta-analysis[J]. Clin Neurol Neurosurg, 2024, 246: 108583. doi: 10.1016/j.clineuro.2024.108583.

[7] Chen P, Yao H, Tang X, et al. Management of primary brainstem hemorrhage: a review of outcome prediction, surgical treatment, and animal model[J]. Dis Markers, 2022, 2022: 4293590. doi: 10.1155/2022/4293590.

[8] 游 潮,陶传元. 原发性脑干出血诊断与治疗历史、现状与未来[J]. 中国现代神经疾病杂志,2021,21(2):71-75. doi:10.3969/j.issn.1672-6731.2021.02.002.

[9] Chen LH, Li FJ, Zhang HT, et al. The microsurgical treatment for primary hypertensive brainstem hemorrhage: experience with 52 patients[J]. Asian J Surg, 2021, 44(1): 123-130. doi: 10.1016/j.asjsur.2020.04.016.

[10] Jang JH, Song YG, Kim YZ. Predictors of 30-day mortality and 90-day functional recovery after primary pontine hemorrhage[J]. J Korean Med Sci, 2011, 26(1): 100-107. doi: 10.3346/jkms.2011.26.1.100.

[11] 陈立华,魏 群,徐如祥,等. 原发性高血压脑干出血的微创手术治疗[J]. 临床神经外科杂志,2015,12(5):349-353. doi:10.3969/j.issn.1672-7770.2015.05.008.
[12] 刘宗惠. 脑立体定向技术临床应用新进展[J]. 中华神经外科疾病研究杂志,2003,2(1):1-3. doi:10.3969/j.issn.1671-2897.2003.01.001.
[13] Spiegel EA, Wycis HT, Marks M, et al. Stereotaxic apparatus for operations on the human brain[J]. Science, 1947, 106(2754): 349-350. doi:10.1126/science.106.2754.349.
[14] Kall BA. Computer and imaging technology's impact on stereotactic neurosurgery: a 1987-1991 update[J]. Stereotact Funct Neurosurg, 1992, 58(1/4): 90-93. doi:10.1159/000098978.
[15] Bergström M, Greitz T. Stereotaxic computed tomography[J]. AJR Am J Roentgenol, 1976, 127(1): 167-170. doi:10.2214/ajr.127.1.167.
[16] 李 岩,纪 乐,陈凌友,等. 立体定向软通道与硬通道抽吸手术治疗原发性脑干出血的疗效对比分析[J]. 中华神经外科杂志,2024,40(8):804-809. doi:10.3760/cma.j.cn112050-20231211-00207.
[17] 冯珂珂,尹绍雅,孙树鹏,等. 立体定向穿刺抽吸术治疗高血压脑干出血手术体会[J]. 中华急诊医学杂志,2020,29(2):272-274. doi:10.3760/cma.j.issn.1671-0282.2020.02.0031.
[18] 赵 波,王嘉琛,聂 文,等. 软通道微创穿刺引流与内科保守治疗原发性脑干出血的临床疗效比较[J]. 中国微侵袭神经外科杂志,2024,28(2):102-105. doi:10.11850/j.issn.1009-122X.2024.02.008.
[19] 耿一博,刘一齐,刘小莉,等. 原发性脑干出血患者预后危险因素分析[J]. 中华神经创伤外科电子杂志,2023,9(2):85-90. doi:10.3877/cma.j.issn.2095-9141.2023.02.004.
[20] 热依汗,高 英,王 力,等. 原发性脑干出血内科保守治疗的预后分析[J]. 中国实用神经疾病杂志,2010,13(18):23-24. doi:10.3969/j.issn.1673-5110.2010.18.011.
[21] 刘凤强,王泽锋,俞晓波,等. 立体定向精准抽吸治疗原发性脑干出血的疗效及其影响因素分析[J]. 中华神经外科杂志,2019,35(11):1094-1098. doi:10.3760/cma.j.issn.1001-2346.2019.11.004.
[22] Huang K, Ji Z, Sun L, et al. Development and validation of a grading scale for primary pontine hemorrhage[J]. Stroke, 2017, 48(1): 63-69. doi:10.1161/STROKEAHA.116.015326.
[23] Roberts DW, Strohbehn JW, Hatch JF, et al. A frameless stereotaxic integration of computerized tomographic imaging and the operating microscope[J]. J Neurosurg, 1986, 65(4): 545-549. doi:10.3171/jns.1986.65.4.0545.
[24] 吴卓晋,潘 超,张 萍,等. 立体定向技术的研究进展[J]. 神经损伤与功能重建,2020,15(10):585-587. doi:10.16780/j.cnki.sjssgncj.20201050.
[25] 郭士琨,刘永生. 立体定向幕下入路脑干穿刺引流治疗脑干出血老年患者的临床研究[J]. 中华老年医学杂志,2023,42(5):557-562. doi:10.3760/cma.j.issn.0254-9026.2023.05.013.
[26] 韩昊锦,牛光明,刘 展,等. 神经导航引导下无框架立体定向穿刺引流治疗脑干出血的临床疗效及治疗经验[J]. 实用心脑肺血管病杂志,2021,29(3):85-90. doi:10.12114/j.issn.1008-5971.2021.00.045.
[27] Ponnusamy K, Mohr C, Curet MJ. Clinical outcomes with robotic surgery[J]. Curr Probl Surg, 2011, 48(9): 577-656. doi:10.1067/j.cpsurg.2011.05.002.
[28] 田增民,刘宗惠,杜吉祥,等. 新型机械臂在脑外科定向手术中的应用[J]. 中华神经外科杂志,2000,16(2):110-112. doi:10.3760/j.issn:1001-2346.2000.02.014.
[29] 盛文国,龙连圣,谢 虎,等. 无框架立体定向下抽吸清除重度原发性脑干出血疗效初步分析[J]. 临床神经外科杂志,2023,20(3):336-339. doi:10.3969/j.issn.1672-7770.2023.03.020.
[30] Bao D, Ni S, Chang B, et al. Short-term outcomes of robot-assisted minimally invasive surgery for brainstem hemorrhage: a case-control study[J]. Heliyon, 2024, 10(4): e25912. doi: 10.1016/j.heliyon.2024.e25912.
[31] 刘云阳,王修玉,张丙杰,等. 机器人辅助立体定向穿刺抽吸治疗脑干出血的疗效分析[J]. 中华神经外科杂志,2023,39(9):899-902. doi:10.3760/cma.j.cn112050-20221211-00573.
[32] Ichimura S, Bertalanffy H, Nakaya M, et al. Surgical treatment for primary brainstem hemorrhage to improve postoperative functional outcomes[J]. World Neurosurg, 2018, 120: e1289-e1294. doi: 10.1016/j.wneu.2018.09.055.
[33] Zhu H, Wang Z, Yu J, et al. Role and mechanisms of cytokines in the secondary brain injury after intracerebral hemorrhage[J]. Prog Neurobiol, 2019, 178: 101610. doi: 10.1016/j.pneurobio.2019.03.003.
[34] 中华医学会神经外科学分会,中国医师协会急诊医师分会,中华医学会神经病学分会脑血管病学组,等. 高血压性脑出血中国多学科诊治指南[J]. 中国急救医学,2020,40(8):689-702. doi:10.3969/j.issn.1002-1949.2020.08.001.
[35] Shrestha BK, Ma L, Lan ZG, et al. Surgical management of spontaneous hypertensive brainstem hemorrhage[J]. Interdiscip Neurosurg, 2015, 2(3): 145-148. doi:10.1016/j.inat.2015.06.005.
[36] 施 辉,周 辉,王富元,等. 经膜髓帆入路手术治疗桥脑高血压相关性脑出血[J]. 临床神经外科杂志,2017,14(1):49-51. doi:10.3969/j.issn.1672-7770.2017.01.013.
[37] 周 全,谭源福,张超元,等. 神经内镜联合显微镜手术治疗原发性高血压脑干出血的现状及发展前景[J]. 微创医学,2024,19(3):291-295. doi:10.11864/j.issn.1673.2024.03.14.
[38] Huang C, Liu X, Zhao G, et al. Neuroendoscopic surgery for brainstem hemorrhage: technical notes and preliminary clinical results[J]. Clin Neurol Neurosurg, 2024, 246: 108576. doi:10.1016/j.clineuro.2024.108576.
[39] 梁建广,董 军,屈鸣麒,等. 神经内镜辅助手术治疗脑干出血破入第四脑室[J]. 中华神经医学杂志,2013,12(2):197-199. doi:10.3760/cma.j.issn.1671-8925.2013.02.021.
[40] Liu B, Zheng T, Mao Y, et al. Endoscopic endonasal transclival approach to spontaneous hypertensive brainstem hemorrhage[J]. J Craniofac Surg, 2020, 31(5): e503-e506. doi:10.1097/SCS.0000000000006599.
[41] 路 贵,杜宝顺,王 阳,等. 神经内镜辅助显微镜下治疗重型脑干出血的疗效分析[J]. 国际神经病学神经外科学杂志,2020,47(1):10-13. doi:10.16636/j.cnki.jinn.2020.01.003.
[42] 张圣坤,唐 忠,陈启富,等. 长程、长时间持续脑室外引流术治疗脑室出血伴脑积水的疗效[J]. 中国临床神经外科杂志,2024,29(4):209-213. doi:10.13798/j.issn.1009-153X.2024.04.004.
[43] 陈国昌,石小峰,刘政委,等. 实时颅内压监测下脑室外引流治疗脑干出血临床分析[J]. 中国实用神经疾病杂志,2020,23(7):589-592. doi:10.12083/SYSJ.2020.07.103.

(编辑:魏 源)