

# 神经导航辅助下高血压基底节区脑出血微创穿刺引流的研究现状

李锦鸿<sup>1,2</sup>, 周虎<sup>2</sup>, 杨世强<sup>2</sup>, 罗洪涛<sup>2</sup>, 李杰<sup>2,3</sup>, 舒俊逸<sup>2,3</sup>, 杨安强<sup>1,2\*</sup>

<sup>1</sup>成都中医药大学医学与生命科学学院, 四川 成都

<sup>2</sup>宜宾市第一人民医院神经外科, 四川 宜宾

<sup>3</sup>成都医学院临床医学院, 四川 成都

收稿日期: 2024年8月23日; 录用日期: 2024年9月17日; 发布日期: 2024年9月27日

## 摘要

高血压脑出血是(hypertensive intracerebral hemorrhage, HICH)神经外科较常见的危急重症, 其多发于丘脑、基底节区等部位, 有较高的致死率和致残率; 目前, 微创穿刺引流术因手术创伤小且预后良好在我国HICH治疗中应用广泛, 随着医学技术不断发展, 目前追求微创、精准、简单、快捷的手术方式, 神经导航在高血压脑出血中能精准定位血肿部位和边界, 规划手术路线, 从而减少手术创伤, 在外科手术中应用广泛, 本文对神经导航在高血压基底节区脑出血微创穿刺引流进行综述。

## 关键词

高血压, 脑出血, 神经导航, 穿刺引流

# Research Status of Minimally Invasive Puncture Drainage for Hypertensive Basal Ganglia Cerebral Hemorrhage with the Assistance of Neuronavigation

Jinhong Li<sup>1,2</sup>, Hu Zhou<sup>2</sup>, Shiqiang Yang<sup>2</sup>, Hongtao Luo<sup>2</sup>, Jie Li<sup>2,3</sup>, Junyi Shu<sup>2,3</sup>, Anqiang Yang<sup>1,2\*</sup>

<sup>1</sup>School of Medicine and Life Sciences, Chengdu University of Traditional Chinese Medicine, Chengdu Sichuan

<sup>2</sup>Department of Neurosurgery, The First People's Hospital of Yibin, Yibin Sichuan

<sup>3</sup>School of Clinical Medicine, Chengdu Medical University, Chengdu Sichuan

Received: Aug. 23<sup>rd</sup>, 2024; accepted: Sep. 17<sup>th</sup>, 2024; published: Sep. 27<sup>th</sup>, 2024

\*通讯作者。

文章引用: 李锦鸿, 周虎, 杨世强, 罗洪涛, 李杰, 舒俊逸, 杨安强. 神经导航辅助下高血压基底节区脑出血微创穿刺引流的研究现状[J]. 临床个性化医学, 2024, 3(3): 1259-1265. DOI: 10.12677/jcpm.2024.33178

## Abstract

**Hypertensive intracerebral hemorrhage (HICH) is a common critical condition in neurosurgery. It is mostly located in thalamus, basal ganglia, and has a high mortality and disability rate. At present, minimally invasive puncture and drainage is widely used in the treatment of HICH in China due to low surgical trauma and good prognosis. With the continuous development of medical technology, minimally invasive, accurate, simple and fast surgical methods are currently pursued. Neuronavigation can accurately locate the site and boundary of hematoma in hypertensive cerebral hemorrhage and plan surgical routes, thus reducing surgical trauma, and is widely used in surgical operations. This article reviews the minimally invasive puncture drainage of neuronavigation in hypertensive basal ganglia cerebral hemorrhage.**

## Keywords

**High Blood Pressure, Cerebral Hemorrhage, Neural Navigation, Puncture Drainage**

Copyright © 2024 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

## 1. 引言

高血压脑出血(HICH)是脑出血的一个重要亚型,与高血压密切相关。高血压被认为是脑出血的主要危险因素,与非高血压患者相比,高血压患者发生脑出血的可能性是非高血压患者的3.5倍。流行病学研究表明,我国是世界出血性脑卒中发病率最高的国家,估计发病率为每10万人中有114.8~159.8例[1]。脑出血是中老年高血压患者较常见且严重的并发症。这种并发症通常发生在情绪紊乱或过度劳累的高血压患者中[2]。其特点是起病快、进展快、预后差、死亡率高,可导致偏瘫、认知障碍、言语混乱、脑疝等并发症[3]。但目前对于HICH的手术方式较多,如小骨窗显微血肿清除术、立体定向穿刺引流术、神经内镜下血肿清除术等,但对于手术方式的选择,仍然还存在着很大的争议。近年来,因微创穿刺引流术的创伤较小、手术时间较短且预后满意,于基层医院得到了广泛应用,神经导航技术为穿刺引流术的精准定位提供了新的方法,本文综述了血肿穿刺引流在HICH治疗中的优势以及神经导航辅助下的优缺点,以期更精准的救治HICH及改善患者的预后。

## 2. 高血压脑出血的发病机制

大多数高血压脑出血患者由于降压药物使用不规律、情绪激动、用力排便等原因导致血压升高,导致脑血管破裂出血。简单来说,高血压脑出血是因为人体长时间处在高血压状态导致颅底小动脉发生纤维玻璃样病变,致使血管壁变得脆弱,再加上血压突然增高导致血、管壁破裂出血,血液进入脑组织,最后凝固为血肿,出现意识障碍、呕吐、昏迷等症状,可引起脑水肿、脑疝等严重并发症[4]。随着分子生物学的快速发展,各种活性因子在高血压脑出血发展中的作用最近引起了相当大的关注[5]-[7]。血管内皮生长因子(VEGF)是一种同源二聚糖蛋白。在直接调控血管内皮细胞有丝分裂的过程中发挥着特异性作用。VEGF主要增加血管通透性,促进血管再生,并参与神经保护[8][9]。皮质醇(Cor)是体内应激的敏感指标[10]-[12]。高血压脑出血作为主要应激源,可快速激活下丘脑垂体肾上腺轴,上调肾上腺功能,增加Cor水平。过去的研究表明,与健康对照组相比,急性脑出血患者血清VEGF和Cor水平显著升高,随

着急性脑出血患者神经功能缺损的加重,血清 VEGF 和 Cor 水平逐渐升高。这可能是由于 VEGF 和 Cor 水平的增加或降低可以促进炎症反应的增强,从而表明血清 Cor 和 VEGF 介导高血压脑出血的发生和发展[13]。

### 3. 高血压脑出血的损伤机制

高血压是导致脑内出血较多见的原因,其他原因包括脑动脉瘤、脑血管畸形、淀粉样脑血管病、脑肿瘤卒中等。脑出血是由于血液自脑内血管流出并迅速聚集在脑实质内,破坏了脑局部的正常生理解剖结构,局部压力快速升高,最初的损害是脑出血后血肿形成出现的占位效应所导致的,其损害的程度是由血肿扩张的速度及大小。相关研究表明,颅内出血的高死亡率和致残率主要是由于血肿的产生和扩大导致的,对周围血管、神经和脑组织造成不可逆的损伤,并发生一系列的病理改变[14]。较大血肿的迅速形成可压迫和破坏周围正常脑组织,损伤正常神经及其功能,严重者可导致脑疝[15][16]。由于血肿降解过程中产生各种神经毒性物质,如血红蛋白、细胞因子、活化补体蛋白和凝血酶,这种类型的神经功能损害是不可逆的。这些毒素进一步减少脑组织的灌注,阻碍神经细胞代谢并加剧水肿。这种导致神经细胞及其轴突的变形和凋亡[17][18],目前还没有有效的方法完全消除血肿降解产生的这些有毒物质。因此,早期清除血肿已成为治疗这种疾病的关键。早期清除血肿不仅可以减少神经毒物对正常脑组织的损伤,还可以减少血肿分解引起的化学损伤,另外,体温升高、血压持续升高和低氧血症都可加重脑组织缺氧导致脑细胞死亡,从而造成脑组织的二次损伤,加重脑组织水肿和原发性脑损伤[19];因此,及时降低体温、控制血压持续上升和减少低氧血症的发生,可一定程度降低患者的致残率和死亡率,从而促进患者更好的恢复和预后[20]。

## 4. 神经导航辅助下微创穿刺引流治疗高血压脑出血

### 4.1. 高血压脑出血的治疗方法

高血压脑出血治疗的首要目标是尽快缓解周围血肿组织受压,减少颅内高压,避免继发性脑损伤最大限度地挽救患者生命,改善预后和生活质量[21]。常用的方法主要有药物保守治疗和手术治疗手术方法包括开颅血肿清除术和小骨窗显微血肿清除术、神经内镜下血肿清除术、血肿穿刺引流等[22]。早期清除血肿已成为高血压脑出血治疗的关键,特别是当血肿体积大于 30 ml 或有占位性病变时,采用手术治疗此病已成为业界共识,大量相关研究证明,手术治疗优于保守治疗。然而,对于小体积血肿,存在着很大的争议,争论的关键在于手术治疗小体积血肿是否会进一步加重出血和脑组织损伤,以及保守治疗是否优于手术治疗。血肿吸收保守治疗一般需 3~4 周,血肿时间长相存在产生的有毒物质会引起血管壁的弹性变化,导致细胞水肿和颅内压升高[23]。血肿的存在仍然会破坏正常的神经功能,导致脑组织和神经纤维的发生不可逆损伤,患者的临床症状可能进一步加重,从而延长住院时间,使得肺炎等并发症的发生明显增加。就我国而言,HICH 患者大部分就诊于基层医院,神经内镜等设备因操作步骤复杂、价格昂贵而无法得到普及。微创穿刺引流可在手术创伤较小的前提下,短时间内清除血肿,避免或减轻了继发性损伤,从而降低了患者的风险降低残疾率,提高患者的生活质量及预后。

### 4.2. 神经导航系统工作流程

神经导航技术是 CT、MR 计算机数字扫描技术和立体定向技术结合并在术中实时寻找靶点的精准定位技术。经过近二十年的发展,其技术已经成熟,且广泛使用[24]。神经导航的意义在于它可以展示真实脑组织的解剖结构,通过虚拟影像技术实现了三维可视化与手术过程的动态结合,为手术操作过程中的准备和精确定位提供了可靠的依据,神经导航引导下的手术具有更安全和高度精准的优势,神经导航系

统具有较高的临床和科研价值。神经导航系统术中的工作流程：(1) 图像扫描：获取患者的 CT/MR 图像数据以进行导航。(2) 影像融合与手术计划：将术前图像导入神经导航系统中，可进行 CT 与 MR 图像相互融合配准，设计手术方案及手术入路。(3) 图像配准：通过计算机设计的 3D 图像配准功能，进行患者与图像三维可视化的空间位置匹配。(4) 术中导航：根据最终配准的图像结果，可以显示术野周围解剖结构、病灶范围，避免手术副损伤。

### 4.3. 神经导航辅助下微创穿刺引流的优势

穿刺引流具有创伤较小的优点，但传统的穿刺引流术是一种“盲穿刺”，容易损伤血管和神经，不能准确保证手术成功到达血肿腔，有明显的局限性。但随着科学技术的进步和发展，神经导航技术的发展逐渐改变了外科创伤的传统观念。这是因为神经导航可以实现术前、术中的精确定位，术前设计穿刺路径时进一步准确地评估血肿的大小、位置、周围毗邻结构等，术中可以实时引导操作者将引流导管准确导航至血肿部位，以最小的创伤实现颅内血肿的清除，大大减少了手术创伤对脑组织的损伤，保证了手术的安全性和有效性[25] [26]。

神经导航辅助下微创穿刺引流术具备精确定位、手术创伤小、手术时间短、术后并发症少、血肿清除满意等优势[27]。根据武嗣韬等人的回顾性研究，神经导航辅助的内镜下血肿清除手术可提高脑出血患者的血肿清除率，减少正常脑组织损伤风险、降低术后并发症和死亡率，改善患者预后，是高血压脑出血的安全有效手术选择[28]。徐鹿等人的研究对比了神经导航下血肿软通道穿刺引流与神经内镜血肿清除治疗基底节区高血压脑出血的临床效果。结果显示，使用神经导航进行颅内血肿软通道穿刺引流治疗这类疾病，不仅治疗效果显著，而且住院时间较短，治疗费用较低，胜过神经内镜血肿清除手术。因此，对于脑出血患者，可通过神经导航辅助的微创穿刺术结合积极的康复治疗，实现良好的预后[29]。李继强等研究团队的研究指出，与小骨窗显微开颅清除术相比，采用神经导航技术辅助的颅内血肿穿刺引流术能够更有效治疗小脑幕上的颅内血肿，且患者住院时间更短，住院费用更少，并且更为安全[30]。徐英纳等人的研究结果显示，在神经导航辅助下进行钻孔引流的患者，入院后 3 周和 3 个月的国立卫生研究所卒中量表评分均低于进行保守治疗的患者组，而日常生活能力评分则高于保守治疗组。因此，采用神经导航辅助下的钻孔引流术治疗中小量高血压脑出血是安全有效的，创伤较小，并且能够在短期内促进患者神经功能的恢复，提高患者的日常生活能力[31]。孙彦龙等研究人员进行了一项回顾性分析，比较了神经导航引导下硬通道多靶点穿刺引流和开颅血肿清除术治疗高血压性基底节区脑出血的临床效果。术后 6 个月，神经导航组患者感染、应激性溃疡、术后再出血、脑积水等并发症的发生率相较于开颅手术组更低。因此，在神经导航的引导下进行硬脑膜穿刺引流术治疗高血压性脑出血，可以减少手术中出血量，缩短手术时长和住院时间，并降低术后并发症的发生率[32]。综上所述，神经导航下血肿微创穿刺引流术具有操作简便、手术时间短、手术中出血少、术后并发症少、住院时间短、治疗效果好、接受度高等优点，对于深部血肿或伴有严重疾病无法耐受手术的患者来说，可作为首选治疗方式。

### 4.4. 神经导航辅助手术治疗高血压脑出血

高血压脑出血是一种需要及时给予有效治疗的危重疾病。人们已经探索了各种外科手术方法来改善这种患者的预后。陈等人研究了在神经导航引导下使用微创显微手术治疗原发性高血压脑干出血，强调了这种方法的潜在益处[33]。Katsuki 等人发现总蛋白水平较低和缺乏神经导航是高血压脑出血患者内镜血肿清除术的不良预后因素[34]。这些发现强调了利用先进的外科手术技巧和技术来改善患者预后的重要性。此外，王和李等人的研究分别探讨了丁苯酞注射液和神经导航辅助神经内镜治疗高血压脑出血的效果[35] [36]。这些研究为治疗这种疾病的潜在治疗策略提供了宝贵的见解。此外，蒋等人比较了神经导



航辅助脑内血肿穿刺引流术与神经内镜血肿清除术的疗效,进一步强调了利用先进技术进行高血压脑出血外科手术的重要性[37]。总之,通过神经导航引导手术治疗高血压脑出血有望改善患者的治疗效果。通过结合先进技术和微创技术,临床医生可以提高这种具有挑战性的疾病的手术干预效果。有必要进行进一步的研究和临床试验,以继续推进高血压脑出血神经外科领域的发展。

#### 4.5. 神经导航辅助下微创穿刺引流的不足

(1) 血肿不能被完全清除,清除时间较长,不能及时降低颅内压和减轻血肿的占位效应,不能避免残留血肿对脑组织的损伤。较长时间保留引流管,特别是超过 3 d 的会增加颅内感染的风险[38]。(2) 神经导航术前导入的 CT 及 MR 图像存在误差;神经导航展示的只是虚拟的术前影像,无法在术中展现操作后的实时解剖结构[22],这增加了手术难度,需要操作者熟悉穿刺路径,以提高准确性,减少误差。(3) 偏差出现的主要原因可能是患者头部与图像参考点之间的空间关系改变,如果头部相对于参考点出现了移位,这必然导致误差的出现。(4) 术者进行颅骨切开,硬脑膜切开和脑脊液引流后,脑组织可能出现偏移,这也是神经导航不准确的因素之一。

### 5. 小结与展望

总之,在治疗高血压脑出血患者,神经导航辅助下颅内血肿微创穿刺引流取得远期疗效确切,很大程度的填补了我国基层医院在治疗 HICH 手术中精确定位方面的空白,且手术时间更短,术中出血少,术后并发症少,住院时间短,治疗费用少,应用简单高效,具有临床应用优势,因此对于临床脑出血患者治疗,可以通过神经导航微创穿刺引流术配合积极康复治疗,来实现较好的预后结果。神经导航作为手术的辅助手段,其最大意义在于确定血肿的位置及边界,最大程度的减小手术创伤,降低了手术的操作难度;而影响神经导航定位精确度的主要因素影像漂移对手术的影响相对有限,不必对其过度关注,通过手术医生的经验和技術可以有效克服。期待未来能够开发动态校准术中误差的图像配准软件,提高定位的精准度并降低误差偏移等,以实现神经导航技术在神经外科应用中的最大效益。

### 基金项目

四川省医学会高血压疾病(泰阁)专项科研(编号 2019TG27)。

### 参考文献

- [1] Zeng, L., Guo, J., Wang, J., Zhang, Q., Li, H. and Lin, R. (2016) Clinical Re-Evaluation of Removing Blood Stasis Therapy in Treating Acute Intracerebral Hemorrhage Safety and Efficacy: A Protocol for a Randomized, Controlled, Multicenter Study (CRRICH Trial). *SpringerPlus*, **5**, Article No. 1466. <https://doi.org/10.1186/s40064-016-3136-y>
- [2] Puig, J., Pedraza, S., Blasco, G., Daunis-i-Estadella, J., Prados, F., Remollo, S., *et al.* (2011) Acute Damage to the Posterior Limb of the Internal Capsule on Diffusion Tensor Tractography as an Early Imaging Predictor of Motor Outcome after Stroke. *American Journal of Neuroradiology*, **32**, 857-863. <https://doi.org/10.3174/ajnr.a2400>
- [3] Jang, S.H., Kim, Y., Kwon, Y., You, S.H., Han, B.S. and Byun, W.M. (2006) Restoration of the Corticospinal Tract Compressed by Hematoma: A Tractography Study Using Diffusion Tensor Imaging. *Archives of Neurology*, **63**, 140-141. <https://doi.org/10.1001/archneur.63.1.140>
- [4] W., G. and J., M. (2019) Clinical Study on Minimally Invasive Liquefaction and Drainage of Hypertensive Putaminal Hemorrhage through Frontal Approach. *Journal of Neurological Surgery Part B: Skull Base*, **82**, 258-263. <https://doi.org/10.1055/s-0039-1697037>
- [5] Feng, Y., Feng, Q., Lv, Y., Song, X., Qu, H. and Chen, Y. (2020) The Relationship between Iron Metabolism, Stress Hormones, and Insulin Resistance in Gestational Diabetes Mellitus. *Nutrition & Diabetes*, **10**, Article No. 17. <https://doi.org/10.1038/s41387-020-0122-9>
- [6] Georgantzi, K., Sköldenberg, E.G., Stridsberg, M., Kogner, P., Jakobson, Å., Janson, E.T., *et al.* (2018) Chromogranin A and Neuron-Specific Enolase in Neuroblastoma: Correlation to Stage and Prognostic Factors. *Pediatric Hematology*

- and *Oncology*, **35**, 156-165. <https://doi.org/10.1080/08880018.2018.1464087>
- [7] Wang, Y., Xu, S., Pan, S., Ouyang, H., Zang, Z. and Tan, J. (2018) Association of Serum Neuron-Specific Enolase and Bilirubin Levels with Cerebral Dysfunction and Prognosis in Large-Artery Atherosclerotic Strokes. *Journal of Cellular Biochemistry*, **119**, 9685-9693. <https://doi.org/10.1002/jcb.27281>
- [8] Mozafari, J., Motamed, H., Masoumi, K., et al. (2020) Characteristics of S100B and Neuron Specific Enolase in Differentiating Acute Vertigo Cases with Central Cause; a Diagnostic Accuracy Study. *Archives of Academic Emergency Medicine*, **8**, e3.
- [9] Jung, Y.J., Lee, J.S. and Shin, W.C. (2014) Surface Electromyography Analysis of Contralateral Lower Extremity Tremor Following Thalamic Hemorrhage. *Neurological Sciences*, **36**, 1281-1283. <https://doi.org/10.1007/s10072-014-2023-y>
- [10] Xu, S., Du, B., Shan, A., Shi, F., Wang, J. and Xie, M. (2020) The Risk Factors for the Postoperative Pulmonary Infection in Patients with Hypertensive Cerebral Hemorrhage: A Retrospective Analysis. *Medicine*, **99**, e23544. <https://doi.org/10.1097/md.00000000000023544>
- [11] Hu, S., Ma, Q., Li, B., Wu, Q. and Han, R. (2020) Association of Hypothyroidism with Hypertensive Intracerebral Hemorrhage: A Case-Control Study. *World Neurosurgery*, **134**, e8-e11. <https://doi.org/10.1016/j.wneu.2019.08.041>
- [12] Zhang, S., Zhang, X., Ling, Y. and Li, A. (2019) Predicting Recurrent Hypertensive Intracerebral Hemorrhage: Derivation and Validation of a Risk-Scoring Model Based on Clinical Characteristics. *World Neurosurgery*, **127**, e162-e171. <https://doi.org/10.1016/j.wneu.2019.03.024>
- [13] Zhang, C., Wang, B., Hua, X., Fan, K. and Li, Y. (2023) Serum Vascular Endothelial Growth Factor and Cortisol Expression to Predict Prognosis of Patients with Hypertensive Cerebral Hemorrhage. *World Journal of Clinical Cases*, **11**, 5455-5461. <https://doi.org/10.12998/wjcc.v11.i23.5455>
- [14] Ironside, N., Chen, C., Pucci, J. and Connolly, E.S. (2019) Effect of Cigarette Smoking on Functional Outcomes in Patients with Spontaneous Intracerebral Hemorrhage. *Journal of Stroke and Cerebrovascular Diseases*, **28**, 2496-2505. <https://doi.org/10.1016/j.jstrokecerebrovasdis.2019.06.013>
- [15] Chen, H., Hsieh, C., Chau, T., Yang, C. and Chen, Y. (2011) Risk Factors of In-Hospital Mortality of Intracerebral Hemorrhage and Comparison of ICH Scores in a Taiwanese Population. *European Neurology*, **66**, 59-63. <https://doi.org/10.1159/000328787>
- [16] Broderick, J.P., Brott, T.G., Duldner, J.E., Tomsick, T. and Huster, G. (1993) Volume of Intracerebral Hemorrhage. A Powerful and Easy-to-Use Predictor of 30-Day Mortality. *Stroke*, **24**, 987-993. <https://doi.org/10.1161/01.str.24.7.987>
- [17] McBride, D.W., Wang, Y., Adam, L., Oudin, G., Louis, J., Tang, J., et al. (2016) Correlation between Subacute Sensorimotor Deficits and Brain Edema in Rats after Surgical Brain Injury. In: Applegate, R.L., Chen, G., Feng, H. and Zhang, J.H., Eds., *Acta Neurochirurgica Supplement*, Springer International Publishing, Berlin, 317-321. [https://doi.org/10.1007/978-3-319-18497-5\\_55](https://doi.org/10.1007/978-3-319-18497-5_55)
- [18] Burchell, S.R., Iniahe, L.O., Zhang, J.H. and Tang, J. (2016) Fucoidan from *Fucus Vesiculosus* Fails to Improve Outcomes Following Intracerebral Hemorrhage in Mice. In: Applegate, R.L., Chen, G., Feng, H. and Zhang, J.H., Eds., *Acta Neurochirurgica Supplement*, Springer International Publishing, Berlin, 191-198. [https://doi.org/10.1007/978-3-319-18497-5\\_34](https://doi.org/10.1007/978-3-319-18497-5_34)
- [19] 曾新华, 欧阳萍, 丘麟, 等. 老年高血压脑出血后二次脑损伤的危险因素及预后分析[J]. 中国医学前沿杂志(电子版), 2015, 7(4): 90-93.
- [20] Pabbidi, M.R., Juncos, J., Juncos, L., Renic, M., Tullos, H.J., Lazar, J., et al. (2013) Identification of a Region of Rat Chromosome 1 That Impairs the Myogenic Response and Autoregulation of Cerebral Blood Flow in Fawn-Hooded Hypertensive Rats. *American Journal of Physiology-Heart and Circulatory Physiology*, **304**, H311-H317. <https://doi.org/10.1152/ajpheart.00622.2012>
- [21] 王浩宇, 崔建忠, 魏建强, 等. 中等量高血压基底节脑出血手术适应证的探讨[J]. 中国微创外科杂志, 2023, 23(2): 87-92.
- [22] 赵朝辉, 阳建国, 钟兴明, 等. 神经内镜微创与小骨窗开颅显微手术治疗高血压脑出血及其不同部位血肿的疗效[J]. 临床神经外科杂志, 2021, 18(5): 5772-5776.
- [23] Jia, Y., Wang, Y., Yang, K., Yang, R. and Wang, Z. (2021) Effect of Minimally Invasive Puncture Drainage and Conservative Treatment on Prognosis of Patients with Cerebral Hemorrhage. *Journal of Healthcare Engineering*, **2021**, Article ID: 2401256. <https://doi.org/10.1155/2021/2401256>
- [24] 董楠, 丁涟沭, 孙晓阳. 微侵袭神经导航系统在神经外科中的应用进展[J]. 现代医学, 2013, 41(12): 944-946.
- [25] 唐小虎, 刘家传, 张星, 等. 不同手术方式治疗高血压脑出血的疗效对比观察[J]. 安徽医药, 2018, 22(5): 843-847.
- [26] 吴德权, 邵君飞, 戴敏超. 神经导航下精准置管治疗中等量基底节区脑出血患者的疗效观察[J]. 江苏医药, 2017,

43(10): 738-739.

- [27] 孙尚奎. 神经导航辅助下经额及经颞两种穿刺引流术治疗高血压性基底节区脑出血的疗效对比[D]: [硕士学位论文]. 通辽: 内蒙古民族大学, 2022.
- [28] 武嗣韬. 神经导航辅助下神经内镜血肿清除术与微创血肿穿刺引流术治疗高血压脑出血临床对比研究[D]: [硕士学位论文]. 百色: 右江民族医学院, 2023.
- [29] 徐鹿. 神经导航微创穿刺治疗高血压脑出血临床应用研究[D]: [硕士学位论文]. 石家庄: 河北医科大学, 2023.
- [30] 李继强, 张严国, 陈晓斌, 等. 神经导航技术辅助颅内血肿穿刺引流术治疗小脑幕上颅内血肿效果观察[J]. 山东医药, 2022, 62(36): 76-79.
- [31] 徐英纳, 陶振玉, 许兴, 等. 神经导航辅助下钻孔引流术治疗中小量高血压脑出血的效果分析[J]. 微创医学, 2022, 17(6): 799-802.
- [32] 孙彦龙. 神经导航引导下硬通道多靶点穿刺引流治疗高血压性基底节区脑出血的价值[J]. 临床研究, 2022, 30(9): 15-18.
- [33] Chen, L., Li, F., Zhang, H., Chen, W., Sun, K. and Xu, R. (2021) The Microsurgical Treatment for Primary Hypertensive Brainstem Hemorrhage: Experience with 52 Patients. *Asian Journal of Surgery*, **44**, 123-130. <https://doi.org/10.1016/j.asjsur.2020.04.016>
- [34] Katsuki, M., Kakizawa, Y., Nishikawa, A., Yamamoto, Y. and Uchiyama, T. (2020) Lower Total Protein and Absence of Neuronavigation Are Novel Poor Prognostic Factors of Endoscopic Hematoma Removal for Intracerebral Hemorrhage. *Journal of Stroke and Cerebrovascular Diseases*, **29**, Article ID: 105050. <https://doi.org/10.1016/j.jstrokecerebrovasdis.2020.105050>
- [35] Wang, Y., Yao, W., Wang, L., et al. (2021) The Effect of Butylphthalide Injection on the Cognitive Function and the TLRs/NF- $\kappa$ B Pathway in Hypertensive Intracerebral Hemorrhage. *American Journal of Translational Research*, **13**, 9578-9585.
- [36] Li, Q., Duan, F., Luo, M. and Luo, Z. (2023) Neuronavigation-Assisted Neuroendoscopy versus Conventional Craniotomy for Hypertensive Cerebellar Hemorrhage: A Comparative Analysis of Efficacy and Outcomes. *Clinical Neurology and Neurosurgery*, **233**, Article ID: 107960. <https://doi.org/10.1016/j.clineuro.2023.107960>
- [37] Jiang, L., Tian, J., Guo, C., Zhang, Y., Qian, M., Wang, X., et al. (2024) Comparison of the Efficacy of Neuronavigation-Assisted Intracerebral Hematoma Puncture and Drainage with Neuroendoscopic Hematoma Removal in Treatment of Hypertensive Cerebral Hemorrhage. *BMC Surgery*, **24**, Article No. 86. <https://doi.org/10.1186/s12893-024-02378-3>
- [38] 代依含. 高血压脑出血患者血肿腔穿刺引流术后颅内感染的相关因素分析[J]. 淮海医药, 2021, 39(1): 42-44.