

• 适宜技能 •

微创颅内血肿抽吸术治疗创伤性脑出血的临床效果及其对神经功能的影响

赵锦阳，刘刚，黎亮

【摘要】 目的 分析微创颅内血肿抽吸术治疗创伤性脑出血的临床效果及其对神经功能的影响。方法 选取2014年4月—2017年4月江油市九〇三医院收治的创伤性脑出血患者64例，根据治疗方法分为对照组30例与观察组34例。对照组患者行内科保守治疗，观察组患者在对照组基础上行微创颅内血肿抽吸术。比较两组患者临床效果，治疗前及治疗后1个月血-脑脊液屏障指数、美国国立卫生研究院卒中量表（NIHSS）评分、血清肿瘤坏死因子 α （TNF- α ）水平、血清白介素6（IL-6）水平、血肿量及血肿周围水肿量，并观察两组患者不良反应/并发症发生情况。结果 观察组患者临床效果优于对照组（ $P < 0.05$ ）。治疗前两组患者血-脑脊液屏障指数、NIHSS评分比较，差异无统计学意义（ $P > 0.05$ ）；治疗后1个月观察组患者血-脑脊液屏障指数、NIHSS评分低于对照组（ $P < 0.05$ ）。治疗前两组患者血清TNF- α 、IL-6水平比较，差异无统计学意义（ $P > 0.05$ ）；治疗后1个月观察组患者血清TNF- α 、IL-6水平低于对照组（ $P < 0.05$ ）。治疗前两组患者血肿量、血肿周围水肿量比较，差异无统计学意义（ $P > 0.05$ ）；治疗后1个月观察组患者血肿量、血肿周围水肿量小于对照组（ $P < 0.05$ ）。两组患者不良反应/并发症发生率比较，差异无统计学意义（ $P > 0.05$ ）。结论 微创颅内血肿抽吸术治疗创伤性脑出血的临床效果确切，可有效清除血肿、减轻血肿周围水肿程度，改善患者神经功能。

【关键词】 脑出血，创伤性；微创颅内血肿抽吸术；神经功能；治疗结果

【中图分类号】 R 651.15 **【文献标识码】** B **DOI:** 10.3969/j.issn.1008-5971.2017.09.023

赵锦阳，刘刚，黎亮. 微创颅内血肿抽吸术治疗创伤性脑出血的临床效果及其对神经功能的影响 [J]. 实用心脑肺血管病杂志, 2017, 25 (9): 92-95. [www.syxnf.net]

ZHAO J Y, LIU G, LI L. Clinical effect of minimally invasive intracranial hematoma aspiration in treating traumatic cerebral hemorrhage and the impact on neurological function [J]. Practical Journal of Cardiac Cerebral Pneumal and Vascular Disease, 2017, 25 (9): 92-95.

Clinical Effect of Minimally Invasive Intracranial Hematoma Aspiration in Treating Traumatic Cerebral Hemorrhage and the Impact on Neurological Function ZHAO Jin-yang, LIU Gang, LI Liang

Department of Neurosurgery, the 903rd Hospital of Jiangyou, Jiangyou 621700, China

[Abstract] **Objective** To analyze the clinical effect of minimally invasive intracranial hematoma aspiration in treating traumatic cerebral hemorrhage and the impact on neurological function. **Methods** A total of 64 patients with traumatic cerebral hemorrhage were selected in 903rd Hospital of Jiangyou from April 2014 to April 2017, and they were divided into control group ($n = 30$) and observation group ($n = 34$) according to therapeutic methods. Patients of control group received conservative medical management, while patients of observation group received minimally invasive intracranial hematoma aspiration based on conservative medical management. Clinical effect, blood - cerebrospinal fluid barrier index, NIHSS score, serum levels of TNF- α and IL-6, hematoma volume, edema volume around hematoma before and after 1 month of treatment were compared between the two groups, and incidence of adverse reactions/complications was observed. **Results** Clinical effect of observation group was statistically significantly better than that of control group ($P < 0.05$). No statistically significant differences of blood - cerebrospinal fluid barrier index or NIHSS score was found between the two groups before treatment ($P > 0.05$), while blood - cerebrospinal fluid barrier index and NIHSS score of observation group were statistically significantly lower than those of control group after 1 month of treatment ($P < 0.05$). No statistically significant differences of serum level of TNF- α or IL-6 was found between the two groups before treatment ($P > 0.05$), while serum levels of TNF- α and IL-6 of observation group were statistically significantly lower than those of control group after 1 month of treatment ($P < 0.05$). No statistically significant differences of hematoma volume or edema volume around hematoma was found between the two groups before treatment ($P >$

0.05), while hematoma volume and edema volume around hematoma of observation group were statistically significantly less than those of control group ($P < 0.05$). No statistically significant differences of incidence of adverse reactions/complications ($P > 0.05$). **Conclusion** Minimally invasive intracranial hematoma aspiration has certain clinical effect in treating traumatic cerebral hemorrhage, can effectively remove the hematoma, relieve the peripheral edema degree and improve the neurological function.

【Key words】 Brain hemorrhage, traumatic; Minimally invasive intracranial hematoma aspiration; Nerve function; Treatment outcome

创伤性脑出血是临床常见脑出血类型之一,可发生于各年龄段人群,致残率、病死率均较高^[1]。创伤性脑出血患者颅内压较高,脑水肿程度较重,易引发脑疝而导致患者死亡等。目前,临床常采用内科保守治疗、开颅血肿清除术、钻孔血肿引流术等治疗创伤性脑出血。近年来,随着微创技术不断发展,微创颅内血肿抽吸术逐渐广泛用于治疗创伤性脑出血,其具有血肿清除彻底、创伤小、术后恢复时间短、费用低廉等优点^[2]。本研究旨在分析微创颅内血肿抽吸术治疗创伤性脑出血的临床效果及其对神经功能的影响,现报道如下。

1 资料与方法

1.1 一般资料 选取 2014 年 4 月—2017 年 4 月江油市九〇三医院收治的创伤性脑出血患者 64 例,均经颅脑 CT 或 MRI 检查确诊^[3],且年龄 > 14 岁,临床表现为头昏、头痛或昏迷等。排除标准:(1)存在凝血功能障碍者;(2)合并高血压脑出血者;(3)病历资料不完整者;(4)合并严重内科疾病者。根据治疗方法将所有患者分为对照组 30 例与观察组 34 例。对照组中男 18 例,女 12 例;年龄 17~70 岁,平均年龄 (41.2 ± 3.5) 岁;创伤类型:交通事故 18 例,高处跌落 7 例,暴力侵袭 5 例;脑出血类型:硬膜下血肿 14 例,硬膜外血肿 9 例,脑内血肿 7 例。观察组中男 19 例,女 15 例;年龄 15~73 岁,平均年龄 (40.1 ± 3.4) 岁;创伤类型:交通事故 20 例,高处跌落 8 例,暴力侵袭 6 例;脑出血类型:硬膜下血肿 16 例,硬膜外血肿 10 例,脑内血肿 8 例。两组患者性别($\chi^2 = 1.243$)、年龄($t = 0.564$)、创伤类型($\chi^2 = 1.073$)、脑出血类型($\chi^2 = 0.786$)比较,差异无统计学意义($P > 0.05$),具有可比性。本研究经江油市九〇三医院医学伦理委员会审核批准,患者及其家属对本研究知情同意并签署知情同意书。

1.2 治疗方法 对照组患者行内科保守治疗,包括监测生命体征、卧床休息、保持呼吸道通畅、维持水电解质平衡,同时给予营养支持、对症治疗(如采用甘露醇脱水降低颅内压)及预防肺部感染治疗等。观察组患者在对照组基础上行微创颅内血肿抽吸术:(1)患者取卧位,根据颅脑 CT 检查结果于出血量最多和血肿接近颅骨最小距离的 CT 层面标记穿刺点,避开大动脉及重要功能区;(2)局部麻醉满意后经锥颅钻孔,选择长度合适的 YL-1 型穿刺针,导丝引导直径 3.5 mm 硅胶管进行穿刺,连接引流管后退出针芯,采用多方向负压抽吸,初次血肿抽吸量应低于血肿总量的 1/3,有阻力感时采用震荡手法获取工作空间;(3)第 1 次血肿清除完成后注入尿激酶 2~5 万 U,夹闭引流管,2 h 后开放引流,循环冲洗至冲洗液呈淡红色后停止,根据 CT 检查结果及血肿清除量调整冲洗次数及引流时间,确认血肿已完全清除后拔管,局部缝合后进行无菌加压包扎;(4)术后注意观察患者肢体活动及意识状态。

1.3 观察指标

1.3.1 临床效果 根据格拉斯哥预后量表(GOS)^[4]评估两组患者临床效果,恢复良好:治疗后患者恢复正常生活、工作,或部分遗留轻度神经学和病理学缺陷;中度残疾:治疗后患者存在思维及记忆障碍、极轻偏瘫、言语障碍、共济失调等,日常生活需在辅助下完成,可完成简单工作;重度残疾:治疗后患者有意识,但因精神、躯体残疾而导致生活不能自理,记忆、注意、思维、言语存在缺陷,需全天照看;植物状态:治疗后患者无意识、言语、反应,正常心搏和呼吸,偶有睁眼等动作;死亡。

1.3.2 血-脑脊液屏障指数 两组患者分别于治疗前及治疗后 1 个月行腰椎穿刺,取脑脊液 3 ml;同时采集两组患者空腹肘静脉血 5 ml,分别检测脑脊液及肘静脉血中清蛋白水平,并计算血-脑脊液屏障指数,血-脑脊液屏障指数=脑脊液清蛋白含量/血清清蛋白水平。

1.3.3 神经功能缺损程度 分别于治疗前及治疗后 1 个月采用美国国立卫生研究院卒中量表(NIHSS)^[5]评估两组患者神经功能,主要内容包括意识水平、凝视、视野、面瘫、上下肢运动、共济失调、感觉、语言等, NIHSS 评分越高表明神经功能缺损程度越重。

1.3.4 血清炎性因子水平 分别于治疗前及治疗后 1 个月采集两组患者肘静脉血 3 ml,3 000 r/min 离心 3 min,取血清,采用酶联免疫吸附试验(ELISA)检测血清肿瘤坏死因子 α (TNF- α)、白介素 6(IL-6)水平,试剂盒购自美国 R&D 公司。

1.3.5 血肿量及血肿周围水肿量 两组患者分别于治疗前及治疗后 1 个月行颅脑 CT 检查,参照多田公式^[6]计算血肿量及血肿周围水肿量。

1.3.6 不良反应/并发症发生情况 观察两组患者不良反应/并发症发生情况。

1.4 统计学方法 采用 SPSS 17.0 统计软件进行数据处理,计量资料以 $(\bar{x} \pm s)$ 表示,采用两独立样本 t 检验;计数资料分析采用 χ^2 检验;等级资料分析采用秩和检验。以 $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 临床效果 观察组患者临床效果优于对照组,差异有统计学意义($u = -3.542$, $P = 0.026$,见表 1)。

2.2 血-脑脊液屏障指数、NIHSS 评分 治疗前两组患者血-脑脊液屏障指数、NIHSS 评分比较,差异无统计学意义($P > 0.05$);治疗后 1 个月观察组患者血-脑脊液屏障指数、NIHSS 评分低于对照组,差异有统计学意义($P < 0.05$,见表 2)。

表1 两组患者临床效果比较(例)

Table 1 Comparison of clinical effect between the two groups

组别	例数	恢复良好	中度残疾	重度残疾	植物状态	死亡
对照组	30	15	5	5	4	1
观察组	34	22	6	2	3	1

表2 两组患者治疗前后血-脑脊液屏障指数、NIHSS评分比较($\bar{x} \pm s$)

Table 2 Comparison of blood - cerebrospinal fluid barrier index and NIHSS score between the two groups before and after treatment

组别	例数	血-脑脊液屏障指数		NIHSS评分(分)	
		治疗前	治疗后1个月	治疗前	治疗后1个月
对照组	30	0.009 2 ± 0.000 6	0.008 2 ± 0.000 5	12.65 ± 2.05	6.46 ± 1.56
观察组	34	0.009 3 ± 0.000 7	0.007 1 ± 0.000 4	12.77 ± 2.03	4.78 ± 1.54
t值		0.609	9.768	0.234	4.328
P值		0.545	<0.001	0.815	<0.001

注: NIHSS = 美国国立卫生研究院卒中量表

2.3 血清 TNF- α 、IL-6 水平 治疗前两组患者血清 TNF- α 、IL-6 水平比较, 差异无统计学意义 ($P > 0.05$); 治疗后 1 个月观察组患者血清 TNF- α 、IL-6 水平低于对照组, 差异有统计学意义 ($P < 0.05$, 见表 3)。

表3 两组患者治疗前后血清 TNF- α 、IL-6 水平比较($\bar{x} \pm s$)Table 3 Comparison of serum levels of TNF- α and IL-6 between the two groups before and after treatment

组别	例数	TNF- α ($\mu\text{g/L}$)		IL-6(ng/L)	
		治疗前	治疗后1个月	治疗前	治疗后1个月
对照组	30	12.86 ± 3.42	6.12 ± 2.25	10.86 ± 3.31	6.21 ± 2.43
观察组	34	12.32 ± 4.37	4.17 ± 2.13	10.21 ± 3.32	4.32 ± 2.03
t值		0.545	3.560	0.783	2.720
P值		0.588	0.001	0.437	0.009

注: TNF- α = 肿瘤坏死因子 α , IL-6 = 白介素 6

2.4 血肿量、血肿周围水肿量 治疗前两组患者血肿量、血肿周围水肿量比较, 差异无统计学意义 ($P > 0.05$); 治疗后 1 个月观察组患者血肿量、血肿周围水肿量小于对照组, 差异有统计学意义 ($P < 0.05$, 见表 4)。

表4 两组患者治疗前后血肿量、血肿周围水肿量比较($\bar{x} \pm s$, ml)

Table 4 Comparison of hematoma volume and edema volume around hematoma between the two groups before and after treatment

组别	例数	血肿量		血肿周围水肿量	
		治疗前	治疗后1个月	治疗前	治疗后1个月
对照组	30	29.51 ± 3.26	9.45 ± 2.14	14.03 ± 3.31	9.04 ± 2.61
观察组	34	29.43 ± 3.32	7.34 ± 2.04	13.23 ± 3.21	6.32 ± 2.11
t值		0.097	4.036	0.981	4.546
P值		0.923	<0.001	0.331	<0.001

2.5 不良反应/并发症 对照组患者出现轻微皮肤反应 2 例, 不良反应发生率为 6.7% (2/30); 观察组患者出现轻微皮肤反应 3 例、穿刺处感染 1 例, 不良反应发生率为 11.8% (4/34)。两组患者出现的不良反应/并发症均经对症处理后快速缓解, 两组患者不良反应/并发症发生率比较, 差异无统计学意义 ($\chi^2 = 0.488$, $P = 0.485$)。

3 讨论

创伤性脑出血是指颅脑受外力侵袭后导致脑内血管破裂、血液流入脑组织^[7], 患者颅内幕上血液聚集量 $> 20 \text{ ml}$ 或幕下血液聚集量 $> 10 \text{ ml}$ 即为颅内血肿, 可造成头痛、恶心、呕吐、昏迷等^[8]。根据出血部位可将创伤性脑出血分为硬膜下血肿、硬膜外出血、脑内血肿。目前, 临床常采用内科保守治疗、开颅血肿清除术、钻孔血肿引流术等治疗创伤性脑出血, 但内科保守治疗时间长, 开颅血肿清除术操作复杂、创伤大、术后恢复时间长、并发症较多^[9]。

蓝玉等^[10]研究表明, 早期微创颅内血肿抽吸术创伤小, 具有较好的颅内血肿清除效果, 可有效降低颅内压。王丽等^[11]研究表明, 行微创颅内血肿抽吸术的脑出血患者治疗良好率为 68.45%, 治疗后 NIHSS 评分明显降低。经临床实践证实, 微创颅内血肿抽吸术具有以下优势: (1) 定位准确, 损伤较小, 引发再出血发生的可能性小, 且操作简单, 患者耐受性好, 颅内感染发生率较低; (2) 可快速、有效地降低颅内压和颅内压波动幅度; (3) 联合使用尿激酶可有效提高生化酶活性, 促进部分血肿液化并顺利引流, 进而有效保护患者神经功能, 减少继发性脑损伤的发生^[12]。

血-脑脊液屏障在维持神经系统稳定性方面发挥着重要作用, 脑出血患者由于血肿占位效应而导致病灶周围局部微循环障碍及内皮细胞功能改变, 且脑出血后脑组织会产生及释放炎性因子和神经元毒性物质, 导致血-脑脊液屏障功能损伤^[13]。血-脑脊液屏障指数是临床评估血-脑脊液屏障通透性的常用指标, 可有效反映血-脑脊液屏障损伤程度。本研究结果显示, 观察组患者临床效果优于对照组, 治疗后 1 个月血-脑脊液屏障指数、NIHSS 评分低于对照组, 表明微创颅内血肿抽吸术治疗创伤性脑出血的临床效果确切, 可有效减轻血-脑脊液屏障损伤, 改善患者神经功能。研究表明, TNF- α 、IL-6 会增加血-脑脊液屏障通透性及脑微血管通透性, 并促使大量炎性因子进入脑组织, 继而引发脑水肿并加重神经功能损伤^[14]。本研究结果显示, 治疗后 1 个月观察组患者血清 TNF- α 、IL-6 水平低于对照组, 表明微创颅内血肿抽吸术可有效降低创伤性脑出血患者炎性反应, 有利于减少脑水肿的发生; 治疗后 1 个月观察组患者血肿量、血肿周围水肿量小于对照组, 表明微创颅内血肿抽吸术可及时、有效地清除创伤性脑出血患者血肿及减轻血肿周围水肿程度。

综上所述, 微创颅内血肿抽吸术治疗创伤性脑出血的临床效果确切, 可有效清除血肿、减轻血肿周围水肿程度, 改善患者神经功能, 值得临床推广应用。

参考文献

- [1] 徐岳峰. 微创颅内血肿清除术治疗高血压性脑出血 205 例临床分析 [J]. 中西医结合心脑血管病杂志, 2014, 12 (4): 510 -

511. DOI: 10. 3969/j. issn. 16721349. 2014. 04. 064.
- [2] 孙旭, 杨东波, 蒋传路, 等. 微创颅内血肿清除术治疗高血压性基底节区脑出血的临床疗效分析 [J]. 哈尔滨医科大学学报, 2013, 47 (2): 164 - 167, 170. DOI: 10. 3969/j. issn. 1000 - 1905. 2013. 02. 017.
- [3] 徐小玲, 陈立鹏. MRI 新成像序列在颅内出血诊断中的应用 [J]. 影像诊断与介入放射学, 2012, 21 (2): 156 - 158. DOI: 10. 3969/issn. 1005 - 8001. 2012. 02. 021.
- [4] 张文超, 杨雪辉, 郭昊, 等. 高血压脑出血患者立体定向微创颅内血肿清除术的最佳时机分析 [J]. 山东医药, 2017, 57 (20): 92 - 95. DOI: 10. 3969/j. issn. 1002 - 266X. 2017. 20. 031.
- [5] 孙永, 孙辉, 姚凯华, 等. 早期微创颅内血肿清除术治疗高血压脑出血 100 例的疗效分析 [J]. 重庆医学, 2013, 42 (21): 2534 - 2536. DOI: 10. 3969/j. issn. 1671 - 8348. 2013. 21. 037.
- [6] 陈仪. 日本多田氏法计算颅内血肿体积公式的适用范围 [J]. 刑事技术, 2002, 27 (1): 36 - 38. DOI: 10. 3969/j. issn. 1008 - 3650. 2002. 01. 012.
- [7] 孙凌云, 张小强, 王湘, 等. 高血压脑出血治疗中应用超早期小骨窗微创颅内血肿清除术的疗效分析 [J]. 河北医学, 2017, 23 (3): 424 - 427. DOI: 10. 3969/j. issn. 1006 - 6233. 2017. 03. 023.
- [8] 杨军, 聂晓枫. 早期应用微创颅内血肿清除术治疗高血压脑出血的临床疗效及对血清炎症因子水平的影响 [J]. 河北医学, 2014, 20 (10): 1635 - 1638. DOI: 10. 3969/j. issn. 1006 - 6233. 2014. 10. 017.
- [9] 刘向哲, 郭朋飞, 王新志, 等. 颅内血肿微创穿刺清除术治疗高血压脑出血的 Meta 分析 [J]. 中国中西医结合急救杂志, 2017, 24 (3): 257 - 261. DOI: 10. 3969/j. issn. 1008 - 9691. 2017. 03. 009.
- [10] 蓝玉, 钟有安, 韦英海, 等. 颅内血肿微创清除术联合高压氧治疗自发性脑出血疗效 Meta 分析 [J]. 山东医药, 2014, 54 (2): 48 - 50. DOI: 10. 3969/j. issn. 1002 - 266X. 2014. 02. 018.
- [11] 王丽, 李箫曲, 陈杰, 等. 微创颅内血肿穿刺清除术对脑出血患者长期神经功能缺损治疗效果观察 [J]. 西部医学, 2013, 25 (11): 1650 - 1652. DOI: 10. 3969/j. issn. 1672 - 3511. 2013. 11. 019.
- [12] 张自豪, 张文亮, 刘叶, 等. 微创颅内血肿清除术对高血压脑出血患者的治疗作用及 TCD 评价 [J]. 海南医学院学报, 2017, 23 (6): 837 - 840. DOI: 10. 13210/j. cnki. jhmu. 20170104. 001.
- [13] 罗飞. 亚低温辅助下微创手术对高血压脑出血患者颅内血肿吸收、神经损伤程度的影响 [J]. 海南医学院学报, 2017, 23 (7): 950 - 953, 957. DOI: 10. 13210/j. cnki. jhmu. 20170406. 052.
- [14] 杜杰. 微创颅内血肿清除术对脑出血患者术后神经功能的影响 [J]. 中西医结合心脑血管病杂志, 2013, 11 (2): 251 - 252. DOI: 10. 3969/j. issn. 1672 - 1349. 2013. 02. 071.

(收稿日期: 2017-06-18; 修回日期: 2017-09-15)
(本文编辑: 李洁晨)

• 从医者说 •

医学机器人: 给神经外科医生当助手

“现在, 医学领域正朝着精准医学的方向发展, 而医学机器人在临床上的广泛应用正符合这种趋势。”日前, 在北京科技交流学术月活动——“青年创新前沿论坛”上, 来自首都医科大学宣武医院的神经外科医师白洪亮详细介绍了多功能机器人在神经外科手术中的应用。

医学机器人具有 3 个比较明显的特征: 首先是具有一个完整的术前计划, 其次是可以对患者实际颅脑位置进行匹配, 再次是辅助定位操作精度 $<1\text{ mm}$ 。白洪亮医师介绍说, “法国研发的 ROSA 多功能机器人就是非常精准的机器人。”在神经内镜手术中, 医学机器人通过制定手术计划并配合神经内镜精准确定肿瘤切除大小和范围, 帮助医生实现安全范围操作。白洪亮医师指出, “机器人在术中可以提供导航和精细操作, 误差仅为 0.1 mm , 移动的最小范围为 0.1 mm 。”相对于人手的晃动, 机器人可以非常稳定地实现安全操作, 因此, 机器人大幅提升了手术安全性。传统手术中颅内多发肿瘤的处理难度很大, 而手术创伤过大会对患者脑功能产生影响; 医学机器人可利用激光探头进行导航, 在颅脑狭窄的视野空间中为医生实时显示肿瘤切除范围和大小, 选择手术位置。既往颅脑穿刺过程中常需经过很多大脑组织和结构, 利用医学机器人可以在三维层面调整手术方案, 避开会造成大出血的关键部位。此外, 医学机器人还能帮助医生实施精准的 3D 化疗及干细胞植入技术, 保证药物能在 $1\sim 2\text{ mm}$ 的位置上发挥作用, 大大提升了手术安全性。

在癫痫病灶的定位中, 医学机器人发挥的作用更大。白洪亮医师指出, 癫痫发作具有多种原因, 如肿瘤、创伤、出血等, 明确病因及病灶才能顺利开展治疗, 但病灶的定位很难, 往往需植入电极采集生理信号、辅助定位, 而使用传统方法为 1 位患者植入 10 个电极约需 6.0 h , 但使用医学机器人植入 10 个电极仅需约 1.0 h , 有效缩短了手术时间及患者麻醉时间, 有利于缩短术后康复时间。

在医学机器人辅助下, 医生的手术速度更快。白洪亮医师指出, “以前, 双侧脑深部电刺激疗法 (DBS) 植入电极需 $1.5\sim 2.0\text{ h}$, 而在 ROSA 多功能机器人辅助下, 植入电极约需 1.0 h 。”医学机器人可帮助医生缩短手术时间, 减少手术风险, 提高神经外科手术的精准性, 使患者能够接受更加精准的微创治疗, 有利于减少手术创伤。

(作者: 冯其予, 来源: 经济日报)