

文章编号:1003-2754(2025)11-1008-04

doi:10.19845/j.cnki.zfysjjbzz.2025.0184

# 术中超声对重型颅脑损伤患者术中急性脑膨出原因的诊断及预后评估

程洪瑜<sup>1</sup>, 罗 涛<sup>2</sup>, 陆 丹<sup>3</sup>, 杨彦平<sup>4</sup>, 周思彤<sup>5</sup>, 李玉骞<sup>5</sup>, 王 佳<sup>1</sup>

**摘要:** 目的 在重型颅脑损伤患者行大骨瓣开颅术中,对发生急性脑膨出的患者采用床旁超声实时检查颅内情况,探讨术中床旁超声检查在重型颅脑损伤患者术中急性脑膨出时的诊断和评估预后的临床价值。

**方法** 本项回顾性研究纳入重型颅脑损伤成年患者32例,根据是否术中进行超声检查分为两组,即超声检查组17例,CT检查组15例,对比分析两组在手术时间、准确度、死亡率、术后格拉斯哥预后评分(GOS)等方面的情况,组间计数资料比较分析采用 $\chi^2$ 检验,计量资料比较应用独立样本t检验。**结果** 超声检查组与CT检查组均能提供准确的诊断依据,在检查准确度方面无明显差异;超声检查组患者手术时间及诊断时间均明显低于CT检查组;根据术后6个月GOS评分结果及分级结果,采用超声检查患者的预后显著优于采用CT检查的患者,差异具有统计学意义。**结论** 重型颅脑损伤患者术中进行超声检查,能够快速准确地判断脑膨出的病因、动态监测颅内情况,节约患者抢救时间,对改善患者预后、降低死亡率具有重要的临床意义,适合在临床实践中推广应用。

**关键词:** 颅脑损伤; 术中超声检查; 急性脑膨出; 迟发性颅内血肿

中图分类号:R445.1 文献标识码:A

**Clinical value of intraoperative ultrasound in etiological diagnosis and prognostic evaluation of acute encephalocele in patients with severe traumatic brain injury** CHENG Hongyu, LUO Tao, LU Dan, et al. (Department of Ultrasound Diagnosis, Tangdu Hospital, Air Force Medical University, Xi'an 710038, China)

**Abstract:** **Objective** To apply bedside ultrasound for real-time monitoring of intracranial conditions in patients with severe traumatic brain injury experiencing acute encephalocele during large craniotomy, and to investigate the clinical value of intraoperative bedside ultrasound in the diagnosis and prognostic evaluation of acute encephalocele. **Methods** A retrospective analysis was performed for 32 adult patients with severe traumatic brain injury, and according to whether intraoperative ultrasound was performed, they were divided into ultrasound group with 17 patients and CT group with 15 patients. The two groups were compared in terms of time of operation, accuracy, mortality rate, and postoperative Glasgow Outcome Scale (GOS) score. The chi-square test was used for comparison of categorical data between groups, and the independent samples t-test was used for comparison of continuous data between groups. **Results** Both ultrasound and CT could provide an accurate basis for diagnosis, with no significant difference in diagnostic accuracy; however, compared with the CT group, the ultrasound group had significantly shorter time of operation and diagnostic time. Based on GOS score and grading results at 6 months after surgery, the patients undergoing ultrasound examination had a significantly better prognosis than those undergoing CT examination. **Conclusion** Intraoperative ultrasound for patients with severe traumatic brain injury enables rapid and accurate identification of etiology, facilitates dynamic intracranial monitoring, and shortens the time for rescue, showing an important clinical significance in improving prognosis and reducing mortality rate. Therefore, it holds promise for clinical application.

**Key words:** Traumatic brain injury; Intraoperative ultrasound examination; Acute encephalocele; Delayed intracranial hematoma

重型颅脑损伤术中发生急性脑膨出是一个非常棘手的难题,如果不能及时准确地做出诊断与相应处理,很可能造成严重的后果,使患者预后较差<sup>[1]</sup>。在创伤性颅脑损伤患者中,术中急性脑膨出的主要诱因是弥漫性脑肿胀和颅内迟发性出血<sup>[2,3]</sup>。以往大多主张采取术中内减压(切除术区脑组织)或扩大骨窗后强行关颅,条件允许下立即复查头部CT明确脑膨出原因。然而,传统手术方案中关颅后通过CT明确病因的处理方法明显增长了诊断时间,以致患者可能错过脑膨出早期最佳治疗时间,影响手术效果及预后;患者在转运CT检查过程中可能出现生命体征不稳定,无法行CT检查即无法提供诊疗数据。亦有在诊断未明确的情况下,根据病史及术前影像

资料考虑出现潜在颅骨骨折线引起的出血,遂行钻孔或开颅探查等方法治疗脑膨出的情况,此方案极大增加了手术风险,对脑组织造成了不可逆的损伤,术后患者重残率、死亡率高达50%~70%<sup>[4]</sup>。以上两种既往常用方案均具有盲目性,且对患者预后产

收稿日期:2025-09-10;修订日期:2025-10-30

基金项目:唐都青年自主创新科学基金(2023BTDQNO22)

作者单位:(1. 空军军医大学第二附属医院超声诊断科,陕西 西安 710038;2. 空军军医大学第二附属医院神经外科,陕西 西安 710038;3. 西安国际医学中心医院神经外科,陕西 西安 710065;4. 西安市中心医院神经外科,陕西 西安 710003;5. 空军军医大学第二附属医院烧伤整形外科,陕西 西安 710038)

通信作者:王 佳,E-mail:lichun@fmmu.edu.cn

生不良影响,故在开颅术中对急性脑膨出尽早实施明确的诊断、及时有效地采取相应的措施,对提高重型颅脑损伤患者手术疗效、改善患者预后具有重要意义<sup>[5]</sup>。为此,针对重型颅脑损伤患者术中出现急性脑膨出的问题,我中心在后期采用术中床边行颅内超声,取代之前采用术中强行关颅复查头部CT的方案,进而采取有效的干预方法,并进行一系列相关临床研究,取得了良好的效果。现报告如下。

## 1 资料与方法

### 1.1 临床资料

本项回顾性研究纳入来自空军军医大学第二附属医院、西安国际医学中心医院以及西安市中心医院神经外科重型颅脑损伤成年患者共计32例,纳入研究的患者均在行开颅血肿清除术中发生急性脑膨出。分别选取了2010年6月—2014年1月期间15例患者,采用强行关颅立即行术后CT检查的方法(CT检查组)及2014年3月—2022年10月期间17例患者,采用术中床旁超声检查的方法(超声检查组)。

入选标准:(1)格拉斯哥昏迷评分(Glasgow Coma Scale, GCS)4~8分者;(2)伤后0.5~6 h入院,术前血压无明显下降者;(3)未合并肝、肾等其他重要实质性器官严重功能障碍者;(4)未合并其他严重慢性疾病者;(5)未合并其他恶性肿瘤者;(6)无脑卒中、颅内肿瘤等其他颅内疾病史者。超声检查组( $n=17$ ):男11例,女6例;年龄23~58岁。CT检查组( $n=15$ ):男9例,女6例;年龄19~62岁。术前脑疝20例,均为一侧瞳孔散大。16例患者于术后3~6个月行颅骨修补术,其余患者则通过门诊或电话进行随访。纳入研究的患者手术均由高年资主治医师及副主任医师完成,所有患者或家属均知情同意并签署治疗知情同意书。

### 1.2 检查方法

1.2.1 术中床旁超声检查 术中患者采取平躺仰卧位,开颅手术中急性脑膨出发生时即刻在手术台床边行术中超声检查。术中使用飞利浦CX-50便携式彩色超声仪,采用3.5 MHz扇形探头。在探头和骨窗之间用0.9%氯化钠注射液作为耦合剂,用一次性医用薄膜覆盖创面,使之与脑组织或脑膜紧密贴附,用无菌腹腔镜套包裹探头,探头表面与无菌套之间应无气泡存在以免影响图像质量。开启仪

器,B超探头垂直轻触大脑皮质表面快速在骨窗范围内进行水平线位、矢状线位、冠状线位多位点区域行扫查,根据区域B超图像对脑膨出原因、病情状况等进行判断。判断依据:正常脑组织为中等回声,急性颅内血肿的超声影像为混杂或均匀的强光点回声光团,边界模糊,形状不规则。根据回声特点明确脑室形态、判断颅内有无血肿及脑中线有无偏移,留取图像资料,对于发现迟发性硬膜外血肿的患者,在家属签字后予手术清除血肿。所有超声检查均由经验丰富的超声医师与临床医师共同完成,科室统一诊断标准并实行双人复核。

1.2.2 关颅术后CT检查 CT检查组重型颅脑损伤患者术中出现急性脑膨出时,立即进行强行减张缝合,必要时切除膨出后无法还纳的脑组织,伤口包扎后送往放射科进行头部CT检查以确定急性脑膨出原因,留存图像资料。对于发现颅内血肿的患者,应通过CT确定血肿位置,家属签字同意后进行手术清除血肿,血压明显下降者不再手术。整个CT检查过程操作均由放射科主治医师完成,临床医生协助检测和数据记录工作。

### 1.3 观察指标

记录超声检查组和CT检查组的手术时长以及检查结论是否与实际情况相符,分析对比其准确度和手术时间的差异。术后密切关注患者各种生命体征,保持患者呼吸道通畅,确保患者体温、电解质等在正常范围内,严格控制术后血压,积极预防并发症,对比两组术后6个月死亡率和格拉斯哥预后评分(Glasgow Outcome Scale, GOS)。

### 1.4 统计学方法

使用SPSS 20.0软件对所得研究数据进行统计学分析。计量资料组间比较采用独立样本t检验,结果以( $\bar{x}\pm s$ )表示;计数资料分析采用 $\chi^2$ 检验。以 $P<0.05$ 表示差异有统计学意义。

## 2 结果

### 2.1 基本情况比较

对本研究共计32例患者入选时的基本情况进行统计学分析,应用t检验及 $\chi^2$ 检验对比超声检查组与CT检查组患者在性别、年龄、体重、血压、心率、GCS评分等方面的差异,结果表明:两组患者在以上方面均无统计学差异( $P>0.05$ )(见表1)。

表1 超声检查组与CT检查组患者入选时的基本情况

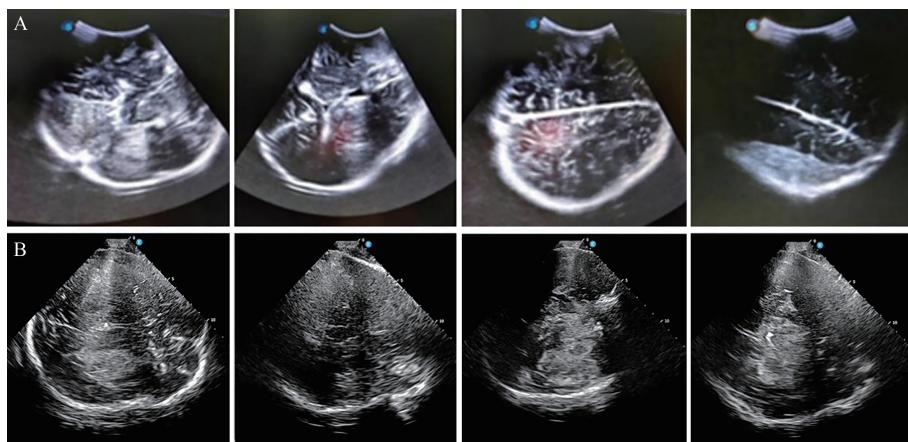
基本情况	超声检查组( $n=17$ )	CT检查组( $n=15$ )	统计值	$P$ 值
女性[ $n(\%)$ ]	6(35.3)	6(40.0)	$\chi^2=0.075$	0.784
年龄( $\bar{x}\pm s$ ,岁)	41.4±7.1	44.0±5.7	$t=-0.635$	0.543
体重( $\bar{x}\pm s$ ,kg)	63.1±7.1	67.2±5.8	$t=-0.998$	0.347
心率( $\bar{x}\pm s$ ,次/min)	91.6±21.7	88.4±17.9	$t=0.225$	0.805
收缩压( $\bar{x}\pm s$ ,mmHg)	154.8±7.6	151.6±13.6	$t=0.459$	0.658
GCS( $\bar{x}\pm s$ ,分)	6.0±1.6	5.6±1.3	$t=0.431$	0.678

注:GCS,格拉斯哥昏迷评分。

## 2.2 术中超声检查结果

对超声检查组( $n=17$ )急性脑膨出患者行术中床旁实时超声检查,其中迟发性颅内血肿9例(52.9%),因弥漫性脑肿胀导致急性脑膨出8例(47.1%)。诊断为弥漫性脑肿胀者行骨窗扩大术,迟发性颅内血肿者2例于超声指

导下行同侧血肿清除术,7例行对侧开颅血肿清除术,经术中再次证实均为迟发性颅内血肿且血肿部位与术中实时超声诊断相符。所有患者术后复查CT,显示颅内情况与术中超声结果检查结果相符。本研究典型的超声图像见图1。



注:A,术中床旁超声检查提示对侧出现硬膜外血肿;B,术中床旁超声检查提示对侧脑实质内出现血肿。

图1 术中床旁超声检查

## 2.3 两组明确诊断及手术时间对比

本研究比较了术中床旁超声检查和传统CT检查患者自发现脑膨出到诊断明确的时间。研究结果显示,超声检查组患者的平均诊断时间为 $(11.6 \pm 2.7)$  min,而CT检查组为 $(50.8 \pm 10.1)$  min,超声检查组的平均诊断时间要明显低于CT检查组,差异具有统计学意义( $t=-8.415, P<0.001$ )。

接下来,本研究比较了两组患者的手术时间,结果显示,超声检查组的平均手术时间为 $(4.4 \pm 0.6)$  h,明显低于CT检查组 $(6.3 \pm 0.9)$  h,且差异具有统计学意义( $t=-3.673, P=0.006$ );与此同时,本研究又比较了两组患者手术时间差异,以5 h为界进行分组( $<5$  h vs  $\geq 5$  h),采用 $\chi^2$ 检验。超声检查组 $<5$  h者11例, $\geq 5$  h者6例;CT检查组 $<5$  h者3例, $\geq 5$  h者12例。分析结果表明与传统CT检查相比,术中床旁超声检查手术时间明显缩短( $\chi^2=6.472, P=0.011$ )。

## 2.4 两组预后对比

为评估对重型颅脑损伤术中急性脑膨出患者采用术中床旁超声检查的临床预后价值,我们根据GOS评分对患者预后进行分级:(1)好:G(Good Recovery)能正常生活工作、M(Moderate Disability)生活能自理;(2)一般:S(Severe Disability)清醒但不能独立生活;(3)差:V(Persistent Vegetative)植物生存状态、D(Death)死亡。

在术后功能恢复方面, $\chi^2$ 检验显示超声检查组与CT检查组存在显著差异( $\chi^2=7.141, P=0.028$ ),超声检查组预后更佳(见表2)。

表2 超声检查组与CT检查组患者预后比较

检查组	G、M	S	V
超声检查组( $n=17$ )	3	10	4
CT检查组( $n=15$ )	1	5	9

## 3 讨论

重型颅脑损伤患者在开颅术中常出现急性脑膨出的现象,术中可见脑组织张力逐渐增高,向外膨出,甚至显著高于骨窗平面,脑皮质静脉呈现淤血且怒张,脑搏动减弱或完全消失。查阅相关文献,我们发现引起术中急性脑膨出的机制主要包括两个方面:(1)迟发性颅内血肿:重型颅脑损伤,尤其是减速性对冲性损伤过程中,可造成颅内广泛性出血,导致急性颅内压增高,暂时出血点被压迫,仅形成少量血肿。但当一侧去骨瓣减压清除血肿时,对侧或远隔部位颅内压突然减低,原已破损的血管或板障再次出血,继发术中急性脑膨出。因此,术前仔细阅片,并对已存在对侧骨折线或已形成少量硬膜外、硬膜下血肿或脑挫裂伤脑内血肿时给予高度关注是十分必要的<sup>[6,7]</sup>。(2)弥漫性脑肿胀:其发生机制不明确,一般认为是由脑血管自动调节功能丧失,血管扩张淤血造成,此种病例与中线偏移不成比例,环池、基底池显示不清,此外脑挫裂伤或颅内血肿靠近侧裂等重要血管易引起脑肿胀<sup>[8]</sup>。对于颅内迟发型血肿造成的急性脑膨出如能准确地诊断并进行及时干预,清除血肿、彻底止血,患者的预后可得到很大的改善。但对于急性弥漫性脑肿胀引起的急性脑膨出

往往处理方法复杂、疗效不确切,少部分顽固性脑膨出可导致临近脑组织缺血,严重者出现大面积脑梗死,直接影响患者预后,致残致死率极高<sup>[9]</sup>。因此,对重型颅脑损伤术中急性脑膨出病因的快速、准确诊断至关重要。

超声检查具有快速、有效、安全、简便等多种优点,在临幊上应用广泛<sup>[10-14]</sup>。以往急性脑膨出时采用的CT扫描难以在床边即时开展,若手术过程中需要进行CT检查,则必须先行关颅,随后才能实施CT扫描,这不但会导致手术时间延长,增加感染可能性,同时加重病情,使患者错失最佳抢救时机,严重影响了患者预后。术中床旁超声弥补了既往发生急性脑膨出时强行关颅后行CT检查的不足,操作简单且迅速,术中即可检查,大幅缩短了手术时间,降低了外出复查头部CT的风险,且对人体无损害,费用低,可反复多次进行,从而可以实现动态监测颅内情况。虽然超声波较难穿透较厚的颅骨,但对于行大骨瓣开颅的重型颅脑损伤患者,超声检查可以探测出颅内多数异常改变,依据脑组织、血肿以及脑脊液对超声波产生的回声强度差异来判定急性脑膨出的具体原因,这种方法具有可行性和有效性<sup>[15,16]</sup>。已有研究表明,超声对重型颅脑损伤术中急性脑膨出后迟发硬膜外血肿的诊断准确,方便快捷,可以明显缩短抢救时间,改善患者预后<sup>[17-19]</sup>。本研究超声探头用小凸弧形探头检查,使用便携式超声术中实施床旁检查能够较为清晰地探测出同侧及对侧颅内膨出的情况。在本组资料中,运用超声快速准确地判断出了脑膨出的原因,在超声引导下及时清除脑内血肿,节约抢救时间,且与CT检查相比手术时间明显缩短。通过综合治疗,超声检查组患者的总体预后明显优于CT检查组。

综上所述,与CT比较,在急性重型颅脑患者行开颅血肿清除术中脑膨出诊断方面,超声具有以下优点:(1)可实现动态监测:超声费用低,无辐射,可通过反复多次检查对颅内情况进行动态监测;(2)诊断效率高:能快速准确鉴别颅内迟发性出血和弥漫性脑肿胀,降低了手术的盲目性,为患者的抢救争取了时间;(3)可实施性强:超声检查操作简单,移动便捷,术中即可应用,降低了外出复查头部CT的风险,基层医院均可开展;(4)患者预后较好,满意度较高。但与此同时,术中床旁超声也有一定的局限性,比如图像质量可能受到血流、空气、仪器等多因素的干扰,其分辨率相对CT较低,并且随着声波传播距离的增加,信号衰减现象会逐渐加重,对发现较深部位如丘脑、内囊等的病灶结构显示困难。因此,术中可以行多层次的扫描观察以提高判断的准确性,并且临床医生也需进一步提高对超声技术的掌握。总而言之,术中床旁超声虽仍存在一定不足,但无疑为重型颅脑损伤术中脑膨出,尤其是颅内迟发性血肿,提供可靠的诊断信息,为及时有效地采取治疗措施提供了条件,可明显改善患者预后,降低死亡率,具有重要的临床意义,适合在基

层医院临床实践中推广。

**伦理学声明:**本研究方案经空军军医大学第二附属医院医学伦理委员会审批(批号:第K202507-11号),患者均签署知情同意书。

**利益冲突声明:**所有作者均声明不存在利益冲突。

**作者贡献声明:**程洪瑜负责研究构思、方案设计、论文撰写;罗涛负责神经外科手术支持、数据分析;陆丹、杨彦平负责病例数据采集;周思彤、李玉塞负责统计学分析;王佳负责指导撰写论并最后定稿。

## 〔参考文献〕

- [1] Losiniecki A, Shutter L. Management of traumatic brain injury [J]. Curr Treat Options Neurol, 2010, 12(2): 142-154.
- [2] Klinzing S, Hilty MP, Bechtel-Grosch U, et al. Dynamic optic nerve sheath diameter changes upon moderate hyperventilation in patients with traumatic brain injury [J]. J Crit Care, 2020, 56: 229-235.
- [3] 王衍刚, 郑献召, 吕振普, 等. 超声在重型颅脑损伤颅内病情评估中的应用[J]. 中国临床神经外科杂志, 2025, 30(2): 69-72.
- [4] 郝建, 李艳丽, 刘明昌, 等. 超声在32例脑损伤术中对急性脑膨出的诊治[J]. 中国实用医药, 2014, 9(22): 123-125.
- [5] 吕超. 重型脑外伤行开颅手术中发生急性脑膨出的诊断与治疗[J]. 中国继续医学教育, 2018, 10(25): 78-80.
- [6] 江领, 马绍玉, 吴家贵, 等. 颅脑损伤术中急性脑膨出对侧急性硬膜下血肿1例[J]. 安徽医学, 2023, 44(1): 122-123.
- [7] 朱春兰, 李晓玉, 罗静枝, 等. 重型颅脑损伤患者阶梯式减压策略下行去骨瓣减压术的应用效果及术中急性脑膨出的影响因素分析[J]. 现代生物医学进展, 2022, 22(22): 4320-4325.
- [8] 应希轶, 刘鹏. 创伤性颅脑损伤后弥漫性脑肿胀患者预后的风险预测模型构建与验证[J]. 中国急救医学, 2025, 45(6): 482-489.
- [9] 蒲建章, 苏群, 李力, 等. 重型颅脑损伤开颅术中急性脑膨出的防治[J]. 中国临床神经外科杂志, 2012, 17(1): 15-17.
- [10] 刘娟. 经颅多普勒超声对重型颅脑创伤去骨瓣减压术患者脑血流动力学的监测效果[J]. 实用医技杂志, 2020, 27(6): 711-713.
- [11] 李敏, 葛顺楠, 王佳, 等. 经颅多普勒超声在评估中型颅脑创伤患者神经功能恶化中的作用[J]. 中华神经外科杂志, 2020, 36(8): 801-805.
- [12] Mohammad K, Murthy P, Aguinaga F, et al. Simulation-based structured education supports focused neonatal cranial ultrasound training[J]. J Ultrasound Med, 2020, 39(6): 1195-1201.
- [13] 齐斐然, 赵新宇, 邢英琦. 经颅多普勒超声在体外膜肺氧合患者脑卒中评估中的研究与价值[J]. 中风与神经疾病杂志, 2025, 42(9): 771-776, 768.
- [14] 王衍刚, 吕振普, 郑献召, 等. 颅脑超声用于急性重型颅脑创伤术期[J]. 中国医学影像技术, 2024, 40(8): 1156-1159.
- [15] 沈印, 吕立文. 经颅超声在颅脑创伤救治中的应用现状及展望[J]. 中国临床新医学, 2020, 13(8): 840-843.
- [16] Zheng T, Yuan Y, Yang H, et al. Evaluating the therapeutic effect of low-intensity transcranial ultrasound on traumatic brain injury with diffusion kurtosis imaging [J]. J Magn Reson Imaging, 2020, 52(2): 520-531.
- [17] 孙永锋, 仙登沁, 李煜环, 等. 彩色超声对重型颅脑损伤术中急性脑膨出的诊断及治疗价值[J]. 武警医学, 2022, 33(1): 1-4.
- [18] 周恒, 王俊玲, 张志洁. 床旁超声实时引导手术对重型颅脑损伤患者急性脑膨出的影响[J]. 中国医学装备, 2023, 20(3): 89-93.
- [19] Sam SS, Lin HF, Tsai YH, et al. Intraoperative ultrasound is valuable for detecting intracranial hematoma progression and decreasing mortality in traumatic brain injury [J]. J Clin Ultrasound, 2023, 51(4): 731-738.

引证本文:程洪瑜,罗涛,陆丹,等.术中超声对重型颅脑损伤患者术中急性脑膨出原因的诊断及预后评估[J].中风与神经疾病杂志,2025,42(11):1008-1011.