

脑室外引流液压耦合型颅内压监测管理规范 中国专家共识

中国神经外科重症管理协作组 中国研究型医院学会微无创诊疗专业委员会
河南省医师协会神经外科分会 河南省医学科普学会神经外科专业委员会

【摘要】 颅内压监测是神经重症患者管理过程的关键环节,脑室外引流液压耦合型颅内压监测(EVD-ICP监测)简便易行,兼具动态评估与治疗干预的双重功能,在临床实践中得以广泛应用。然而目前该项技术在各级医疗中心的操作技术不统一,缺乏标准化管理流程。基于循证医学证据与多学科专家经验,针对EVD-ICP监测的适应证、操作流程、故障处理、监测时程,以及并发症预防与处理等核心要点进行汇总,撰写《脑室外引流液压耦合型颅内压监测管理规范中国专家共识》,旨在规范EVD-ICP监测操作技术和管理,助力提升神经重症的诊疗水平,推动该项技术的规范、精准和高效应用。

【关键词】 颅内压; 引流术; 脑室; 脑脊髓液; 诊疗指南; 中国

Chinese expert consensus on the management of hydraulic - coupled intracranial pressure monitoring via external ventricular drainage

Chinese Neurosurgical Intensive Care Management Collaborative Group, Minimally Invasive and Non - Invasive Professional Committee of Chinese Research Hospital Association, Neurosurgery Branch of the He'nan Medical Doctor Association, Neurosurgery Professional Committee of He'nan Medical Science Popularization Society

Corresponding authors: FENG Guang (Email: fgwxh@163.com); SHI Guang-zhi (Email: shiguangzhi@bitth.org); WANG Mei-yun (Email: mywang@zzu.edu.cn); WANG Xin-jun (Email: wangxj@zz.edu.cn)

【Abstract】 Intracranial pressure (ICP) monitoring serves as a critical component in the management of neurocritical care patients. Hydraulic-coupled intracranial pressure monitoring via external ventricular drainage (EVD - ICP) monitoring offers a clinically practical approach that enables both dynamic physiological assessment and therapeutic intervention, and has gained widespread adoption. However, the significant variability persists across healthcare institutions regarding the procedural standardization and the implementation of systematic management protocols. Building upon evidence-based medical principles and multidisciplinary expert consensus, this "Chinese expert consensus on the management of hydraulic-coupled intracranial pressure monitoring via external ventricular drainage" synthesizes key aspects of EVD - ICP monitoring, including clinical indications, procedural workflows, trouble shooting strategies, monitoring duration, complication prevention and management. The expert consensus aims to standard the technique and management of EVD-ICP monitoring, enhance diagnostic and therapeutic outcomes in the neurocritical care patients, and promote the standardized, precise and efficient application of this technology across clinical settings.

【Key words】 Intracranial pressure; Drainage; Cerebral ventricles; Cerebrospinal fluid; Diagnostic and treatment guideline; China

This study was supported by National Key Research and Development Program of China (No.

doi:10.3969/j.issn.1672-6731.2025.10.002

基金项目:国家重点研发计划项目(项目编号:2023YFC2414200);河南省医学科技攻关计划省部共建重点项目(项目编号:SBGJ202402008)

通讯作者:冯光,450003 郑州,河南省人民医院神经外科重症病区,Email:fgwxh@163.com;石广志,100070 首都医科大学附属北京天坛医院重症医学科,Email:shiguangzhi@bitth.org;王梅云,450003 郑州,河南省人民医院医学影像科,Email:mywang@zzu.edu.cn;王新军,450052 郑州大学第三附属医院神经外科,Email:wangxj@zz.edu.cn

2023YFC2414200), and Provincial-Ministerial Co-construction Project of Medical Science and Technology Research Program in He'nan (No. SBGJ202402008).

Conflicts of interest: none declared

颅内压(ICP)是指颅腔内容物对颅腔壁产生的压力,其异常变化与脑组织缺血缺氧、继发性损伤及不良预后密切相关^[1-2]。颅内压监测是神经重症管理的核心技术之一,可以辅助精准测定颅腔内压力,动态评估颅内病理生理学变化、脑血流自动调节及脑血容量代偿能力,为指导临床干预提供精准信息^[2-3]。脑室外引流液压力耦合型颅内压监测(以下简称 EVD-ICP 监测)基于帕斯卡定律(流体静力学原理),通过脑脊液-管路-传感器组成的密闭液压系统实现压力传导,其压力衰减规律符合 Hagen-Poiseuille 方程^[4-5]。此方法连接脑室外引流管中脑脊液与外部压力传感器,将脉冲压力信号转换为电信号,这一“耦合”技术实现颅内压的精准监测^[4,6]。因其经济实用、操作简便,近年在各级医疗中心得以广泛推广,但目前尚缺乏标准化临床管理流程。为进一步提升 EVD-ICP 监测准确性与安全性,特制定《脑室外引流液压力耦合型颅内压监测管理规范中国专家共识》(以下简称共识)。共识专家委员会基于国内外研究证据及临床实践,围绕 EVD-ICP 监测适应证、技术操作规范、并发症预防与管理等环节,制定系统化推荐意见与管理流程,旨在推动此项技术的标准化、同质化应用,为保障我国神经重症患者的精准化颅内压监测管理提供科学、实用的技术规范参考。共识经国际实践指南注册与透明化平台注册(注册号:PREPARE-2025CN970)。

一、共识的制定流程及方法学

共识由中国神经外科重症管理协作组、中国研究型医院学会微创诊疗专业委员会、河南省医师协会神经外科分会、河南省医学科普学会神经外科专业委员会发起和制定,共识专家委员会由神经重症、神经外科、神经内科、重症医学科等领域的 70 位专家组成。基于人群(Population)、干预(Intervention)、对照(Comparison)、结局(Outcome)的“PICO”框架构建循证问题,聚焦 EVD-ICP 监测适应证、操作规范、操作流程及并发症管理,按照循证“6S”金字塔模型自上至下进行检索。检索范围涵盖 Guidelines International Network、Cochrane Library、美国国立医学图书馆生物医学文献数据库

(PubMed)、中国知网中国知识基础设施工程(CNKI)等 30 余个国内外权威数据库及专业协会网站;检索时间自建库至 2025 年 3 月;中文检索词设定为“脑室外引流”“颅内压监测”,英文检索词设定为“ventriculostomy”“external ventricular drainage”“intracranial pressure monitoring”;文献类型包括指南、系统综述、Meta 分析、随机对照试验、队列研究、病例对照研究、病例报告、专家意见等;文献质量评价由 2 位接受过循证方法学培训的研究者独立完成,指南类文献采用指南研究与评价工具 II (AGREE II)评价,系统评价类文献采用系统评价方法学质量评价工具 2 (AMSTAR-2)评价,专家共识类文献采用澳大利亚 JBI 循证卫生保健中心评价工具评价,其他类型文献均依据领域内公认的文献质量评价标准体系进行规范化评价。初步筛选 2936 篇文献,经剔除重复文献及质量评价较差文献后,最终纳入 59 篇,提取 EVD-ICP 监测相关证据如适应证、操作规范、操作流程、并发症管理等核心要点,并遵循高质量、时效性、循证优先原则,基于证据整合成果及临床实践经验,由共识执笔人拟定初稿,包含 23 条推荐意见及详细的操作流程图。2025 年 4-6 月,共识专家委员会成员开展 3 轮德尔菲函询。共识执笔人结合循证医学证据和专家临床经验,进行 3 轮修订完善、3 次线下论证,对共识内容表述进行优化,最终形成共识终稿。共识的制定流程严格遵循循证原则,经 4 轮独立评价与交叉验证,有效减少各类偏倚。函询过程中广泛纳入多学科医疗及护理专家意见,充分兼顾科学性与临床适用性。针对推荐意见,采用 Likert 5 级量表评分,评分从 1 分(非常不同意)到 5 分(非常同意),专家共识度 $\geq 75\%$ 达成共识并形成推荐意见,其中专家共识度定义为非常同意或同意专家人数/专家总人数 $\times 100\%$,共识最终形成 19 条推荐意见。通过人工智能软件(包括 ChatGPT、DeepSeek、豆包等)针对共识内容准确性、逻辑严谨性、临床可行性和表述规范性进行评价,定性等级评价为优秀。

二、EVD-ICP 监测的临床意义

目前常用的有创颅内压监测技术需向颅内植

入微传感器,按照监测部位主要分为四类,即脑室内监测、脑实质内监测、硬膜外监测和硬膜下监测;按照技术原理归为三类,分别为光纤传导式、压电应变式和气压测压式^[1]。植入式微传感器虽然感染风险低且创伤小^[7],但多数植入后无法进行校零操作,存在基线漂移(平均 $<2\text{ mm Hg/d}$)^[8-9],且因基线漂移导致的误差在长期监测过程中不断累积,影响监测数据的准确性(如蛛网膜下腔颅内压传感器和硬膜外颅内压传感器);此外,植入式微传感器在应对动态压力变化时可能出现轻微延迟,因此限制其临床应用^[10-11]。

EVD-ICP 监测作为颅内压评估的有效手段,与植入式微传感器监测的颅内压波形特征的相关性 $>90\%$,且兼具动态监测与治疗干预的双重临床价值。该项技术通过脑室外引流术(EVD)进行液压耦合测压,可实时动态反映脑室内压力,并基于此分析脑顺应性、脑血流自动调节能力,为颅内压分级管理及个性化精准治疗策略的制定提供依据;同时,通过控制性脑脊液引流实现压力梯度调节,不仅避免过度引流,并且可在脑疝形成前期及急性颅内高压危象中发挥关键性干预作用^[3,12-13]。2020 年一项纳入 91 例颅脑创伤(TBI)患者的回顾性研究显示,EVD-ICP 监测与脑实质型颅内压监测的感染率无明显差异,这一结果对传统认为的 EVD-ICP 监测具有更高感染风险的认知提出挑战^[14]。2025 年一项纳入 7080 例颅脑创伤患者的 Meta 分析进一步证实,EVD-ICP 监测与脑实质型颅内压监测在感染率、病死率以及并发症发生率等方面均无显著差异,且 EVD-ICP 监测在长期监测场景中具备更优的卫生经济学效益及操作便捷性优势^[15]。上述循证医学证据均支持该项技术的临床有效性与安全性。相较于其他传统有创颅内压监测技术,EVD-ICP 监测具备以下优势^[16-18]:(1)通过脑室外引流术进行液压耦合测压,避免数据转换过程中的信号衰减,确保测量结果的准确性。(2)系统连接后可反复校零操作,维持监测期间的数据稳定性,避免基线漂移。(3)监测期间通过控制性脑脊液引流,对脑积水及急性颅内高压进行基于病理生理学原理的干预。(4)可连接床旁多功能心电监护仪,整合多模态监护系统实时评估脑灌注压(CPP)等关键生理学指标。(5)与传统有创颅内压监测技术的结果一致性良好。(6)耗材成本-效益分析优势显著,符合医疗资源优化配置原则。(7)标准化操作流程易于掌握,专业培训周期

短,在基层医疗中心具有较高的推广可行性。

推荐意见:

1. EVD-ICP 监测兼具颅内压监测与脑脊液引流的双重功能,与其他传统有创颅内压监测技术的结果一致性良好,具备直接测压避免数据转换信号衰减、可反复校零操作、耗材成本低、专业培训周期短等优势,对于需脑室外引流术进行脑脊液管理的神经重症患者,可选择 EVD-ICP 监测(专家共识度:87.14%)。

三、EVD-ICP 监测的实施方案

1. 适应证与禁忌证 (1)适应证:对于行脑室外引流术的神经重症患者,维持有效脑脊液引流期间,若需通过颅内压动态监测实现颅内压精准调控及脑灌注压优化管理时,可采用 EVD-ICP 监测实施神经功能监测,并以“维持颅内压于安全阈值内、避免颅内高压持续损伤、保障脑组织有效灌注”为目标导向,实施针对性治疗。适应证应基于疾病类型和临床需求综合判断^[19-23]:原发病包括颅脑创伤、大容积脑出血、重症蛛网膜下腔出血、病情进行性加重的中枢神经系统感染、继发于颅脑手术的严重脑损伤及其他需行持续颅内压监测的神经重症患者。(2)禁忌证:无绝对禁忌证,相对禁忌证包括弥漫性脑肿胀、恶性颅内高压等引起的脑室显著狭窄或塌陷、脑脊液引流不畅、濒死状态或脑死亡。

2. 监测前风险评估及设备和物品准备 (1)风险评估:监测前需全面整合临床、影像学及实验室数据,完成系统性风险评估,涵盖详细的病史采集和全面的体格检查,密切关注脑脊液颜色、性状及引流量等情况,同时进行脑室外引流管夹闭耐受测试(重点观察头痛症状、意识水平及神经功能变化),影像学显示颅内病灶是否进展。通过动态分析,审慎权衡监测获益与操作过程中可能存在的风险^[24]。(2)设备和物品准备:一次性脑室外引流系统(主系统三通阀、连接导管、滴液腔及集液袋),一次性压力传感器(仅应用换能器部件),具备有创压力监测模块的多功能心电监护仪,连接压力传感器与多功能心电监护仪的电缆线,脑室外引流装置固定架(带刻度标尺),水平仪(可选用激光水平仪、直尺水平仪、悬挂线等水平校准装置),无菌治疗巾,注射器,无菌生理盐水,肝素帽,以及警示标识等。

3. 操作流程 EVD-ICP 监测设备需要定期校零、维护,且对无菌操作、并发症处理要求较高,任何环节疏漏均可能导致监测数据失真或引发感染

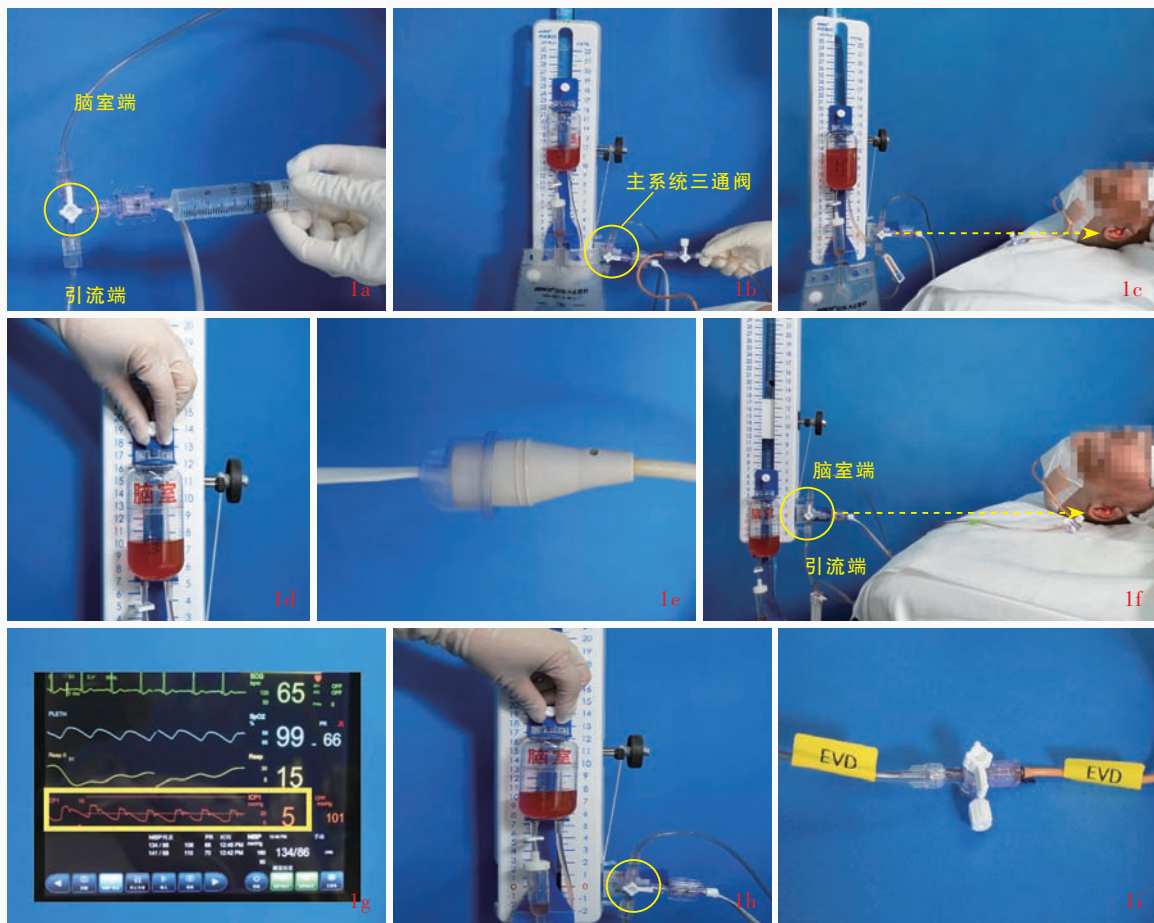


图1 EVD-ICP监测规范操作步骤 1a 引流管及压力传感器预灌注 1b 固定并连接脑室外引流系统 1c 脑室外引流系统校零(虚线箭头所示) 1d 预设目标压力 1e 连接多功能心电监护仪 1f 压力传感器校零(虚线箭头所示) 1g 监测并记录颅内压 1h 恢复目标压力 1i 粘贴警示标识

Figure 1 Diagram of the standardized operation steps of EVD-ICP monitoring Preperfusion of catheter and pressure transducer (Panel 1a). Securing and connecting the EVD system (Panel 1b). Zero calibration of the EVD system (dotted arrow indicates, Panel 1c). Setting the target pressure (Panel 1d). Connecting to the multifunctional electrocardiogram monitor (Panel 1e). Zero calibration of the pressure transducer (dotted arrow indicates, Panel 1f). Monitoring and recording ICP (Panel 1g). Restoring the target pressure (Panel 1h). Affixing warning markers (Panel 1i).

等^[25-26]。因此选择该项技术时,应进行谨慎的综合评估,将监测结果的准确性和操作人员的资质作为首要考量因素,并高度关注操作流程及实施细节。实施EVD-ICP监测需满足以下条件:已建立规范的脑室外引流系统,形成密闭式液压传导通路系统;术后即刻行头部CT扫描以验证脑室端引流管位置良好,对位置不佳者予以适当调整;确认系统密闭性及引流通畅性。鉴于不同医疗中心的神经专科建设水平和神经重症患者管理模式存在一定差异,建议结合循证医学证据与本地医疗资源,制定包含以下核心要素的EVD-ICP监测规范操作流程(图1)。(1)引流管及压力传感器预灌注:①建立无菌操作区域。操作者实施手卫生,戴无菌手套,铺设无

菌治疗巾,构建无菌操作区域。②消毒主系统三通阀。取下主系统三通阀的尾帽,乙醇棉片擦拭2次,每次擦拭15 s,并等待1 min使其自然干燥。③连接压力传感器。打开一次性压力传感器包装,移除传感器两端导管,将换能器部件连接至主系统三通阀,完成连接后,将压力传感器原本的通气帽替换为肝素帽(无菌非通气帽)。④传感器预灌注。关闭脑室端三通阀,注射无菌生理盐水对压力传感器和引流管进行预灌注,确保整个管路内充满液体无气泡。(2)固定并连接脑室外引流系统:患者平卧位,将脑室外引流系统及主系统三通阀妥善固定于床旁固定架。(3)脑室外引流系统校零(标尺0点对齐患者室间孔):使用水平仪对脑室外引流系统校

零,将引流支架上标尺 0 点与患者室间孔解剖位置(耳廓顶点至眼外眦连线向后 2 cm 处)对齐,以保证压力传感器 0 点与脑室平面处于同一水平高度;患者体位改变时应及时重新系统校零^[27]。(4)预设目标压力:根据治疗需要调整滴液腔高度,通过升高或降低滴液腔高度,使滴液腔固定架上标尺所示压力值与预设目标压力值一致,系统设置完毕后,旋转主系统三通阀使脑脊液顺畅排入滴液腔,以确保脑室外引流系统按照预设目标压力运行。(5)连接多功能心电监护仪:将连接压力传感器与多功能心电监护仪的电缆线接入监护仪的有创压力监测接口,选定任一有创压力通道并重命名为“ICP”,根据颅内压基线合理设定颅内压波形标尺的显示范围并设定报警阈值。(6)压力传感器校零(传感器与大气压校准):旋转主系统三通阀关闭脑室端,向下移动滴液腔,使滴液腔的压力线(引流管滴液口位置)与标尺 0 点对齐,以保证压力传感器、滴液腔压力线平面及室间孔解剖位置处于同一水平^[28];在多功能心电监护仪上选择“校零”功能选项,等待监护仪屏幕显示校零成功。(7)颅内压监测:根据监测频次旋转主系统三通阀关闭引流端,使传感器与脑室端相通,待颅内压波形趋于稳定,准确记录监测数据,可截取完整的颅内压波形图并存档记录,以便后续查看与分析。(8)恢复目标压力:旋转主系统三通阀关闭压力传感器端,将滴液腔提高至预设的目标压力对应高度,恢复脑脊液引流,确保脑室外引流系统按照预设目标压力运行。(9)粘贴警示标识:在主系统三通阀脑室端两侧粘贴“EVD 禁止静脉输液”警示标识,避免引流管路与静脉注射管路混淆;一旦发生意外注射事件,须立即识别并启动应急预案。

4. 操作管理要点 (1)监测方式:①间断颅内压监测。在持续脑脊液引流基础上,根据监测频次夹闭引流管,进行校零后读取颅内压值^[28-29],监测结束后即刻恢复脑脊液引流,确保治疗的连续性。②持续颅内压监测。若无需脑脊液引流时,可夹闭引流端,使传感器与脑室端连通,实现持续颅内压动态监测^[30]。当颅内压达预设目标压力时,旋转主系统三通阀短暂开放引流端,实施间断阶梯式脑脊液引流。(2)脑室外引流管夹闭时间:监测前需夹闭引流管,使系统内部压力相对稳定,确保校零结果的准确性与可靠性^[28]。然而实际操作中,对于获取颅内压准确值所需的引流管最佳夹闭时间及夹闭后等待读数时间,尚未形成统一标准。2020 年的一项研

究对 107 例蛛网膜下腔出血患者计 32 755 次脑室外引流管夹闭操作进行回顾分析,结果显示,若夹闭时间 < 15 min,测得的颅内压值无法真实反映颅腔内压力,干扰对病情的准确判断,影响后续治疗决策^[31]。另一项前瞻性研究对 55 例接受 EVD-ICP 监测的患者进行测压记录,证实脑室外引流管夹闭的安全时间为 5 ~ 10 min,且夹闭时间延长至 15 min 可提高系统稳定性与监测准确性^[32]。2023 年的一项利用模拟颅骨、脑室外引流管及压力传感器开展的前瞻性体外模拟研究显示,在无干扰条件下完成校零后打开主系统三通阀使压力传感器与脑室端相通,需等待 ≥ 30 s 读数更为精准,可有效避免因测量时机不当导致的颅内压偏差,提高测量结果的精确度,为临床诊疗提供更具参考价值的数据^[33]。(3)压力传感器更换时间:压力传感器校零方式可分为开放校零法和封闭校零法两类技术路径^[34-35]。开放校零法需在引流系统夹闭状态下移除压力传感器肝素帽,使传感器直接暴露于大气环境,完成校零操作;封闭校零法通过滴液腔顶部排气孔,使传感器与大气相通,以间接方式完成校零操作。临床实践中常采用封闭校零法,其优势在于维持系统密闭性以减少感染风险。2023 年,中华护理学会发布的《T/CNAS 36-2023 中心静脉压测量技术》^[36]指出,需每 96 小时更换一次性压力传感器套件。2024 年的一项体外模拟研究显示,高黏度血性脑脊液可显著延长颅内压监测系统压力稳定时间,引发测量基线漂移^[37]。基于 EVD-ICP 监测系统的工作原理,其压力传导依赖密闭管路内液体介质的物理特性,当脑脊液呈高黏度血性改变或感染性浑浊时,血液成分(如破碎红细胞、纤维蛋白原)及炎性渗出物(如脓性颗粒、微生物代谢产物)沉积于传感器隔膜表面,导致 EVD-ICP 监测系统的流体静力学改变,引发压力波衰减及测量基线漂移。

推荐意见:

2. 对于行脑室外引流术的神经重症患者,如需颅内压监测指导下的脑灌注压管理,可行 EVD-ICP 监测以指导临床诊疗(专家共识度:97.14%)。

3. 必须验证脑脊液引流通畅性及系统密闭性,确保无渗漏后方可启动 EVD-ICP 监测。监测应遵循标准操作流程及技术规范,操作全程需严格无菌管理(专家共识度:100%)。

4. 脑室外引流系统的目标压力应根据临床需求通过调节滴液腔高度精准设定,推荐使用标尺或水

平仪校准 0 点(专家共识度:95.70%)。

5. 患者体位改变时,应及时重新进行脑室外引流系统校零;每次测压前需行压力传感器校零(专家共识度:97.14%)。

6. 推荐持续脑脊液引流联合间断颅内压监测方式,满足精准监测需求与持续引流治疗目标,以维持颅内压稳态(专家共识度:97.14%)。

7. 建议压力传感器校零前,夹闭脑室外引流管 ≥ 15 min;校零后 ≥ 30 s 待测压系统达到稳定平衡,再读取颅内压值(专家共识度:91.42%)。

8. 观察到高黏度血性脑脊液或脓性、浑浊、炎性脑脊液影响 EVD-ICP 监测效果时,可更换压力传感器(专家共识度:88.57%)。

四、EVD-ICP 监测结果的记录

为规范颅内压监测数据管理,采用标准化计量单位,即毫米汞柱(mm Hg)进行记录。EVD-ICP 监测所得颅内压值建议采用脑室颅内压(ICP-v)值这一标准术语记录,可更准确地识别其与脑实质颅内压(ICP-bt)值的差异及各自的测量位置,从而提高临床诊疗和科研工作中对颅内压监测数据应用的准确性与可靠性^[38]。建议根据 EVD-ICP 监测频次记录颅内压值,同时记录脑脊液引流量、颜色、性状变化及预设目标压力等监测关键信息。尽管临床普遍根据监测频次记录颅内压值,但极易遗漏关键波动信息,无法完整呈现颅内压实时变化;而理论上认为可实现完整捕捉颅内压实时变化的连续记录模式,因受限于医疗资源、技术条件及操作复杂性,难以在临床实践中全面推行。研究证实,以“每小时结束时记录”作为标准时间节点,可有效估算该时间内平均颅内压值,该方法在科研数据收集及临床病例图表可视化分析方面均展现出良好的适用性与可靠性^[30]。数据记录方式上,与传统手工记录相比,借助计算机进行颅内压监测数据记录,可显著提高监测的敏感性,减少人为误差,提高数据记录的及时性与准确性。此外,基于人工智能技术的预测算法如深度学习(DL)算法和传统机器学习(ML)算法正逐步应用于临床。通过对颅内压监测大数据及相关临床信息的深度分析,可提前预测颅内压变化趋势,辅助优化临床诊疗方案,提升整体医疗质量^[39]。

推荐意见:

9. 为规范颅内压监测数据管理,应严格采用标准化计量单位(mm Hg),同时建议采用 ICP-v 这一

标准术语进行记录(专家共识度:98.57%)。

10. 建议根据 EVD-ICP 监测频次记录颅内压值,脑脊液引流量、颜色、性状变化,以及预设目标压力等关键信息(专家共识度:98.57%)。

五、EVD-ICP 监测期间的评估

1. 基础评估 (1)神经功能:密切关注颅内压与脑灌注压的动态变化,精确评估意识水平,同时观察瞳孔大小、形状和对光反射。此外,应警惕颅内高压危象如意识障碍加重、恶心或呕吐、库欣三联征(血压升高、心率减慢、呼吸节律改变)等。(2)脑脊液:动态评估脑脊液引流量、颜色和性状。(3)颅内压波形:持续监测颅内压波形的稳定性,一旦出现波形衰减或缺失,提示引流管堵塞或传感器故障,需及时排查处理。(4)影像学:有条件的医疗中心应行动态头部 CT 检查,以评估脑组织形态变化及脑脊液循环通路状态。

2. 系统评估 每日对脑室外引流系统进行全面检查,重点检查引流管路的密闭性,确保所有接头紧密连接,管路无裂痕、渗漏;仔细排查管路内有无气泡;同时检查引流管敷料,保证清洁干燥,无脑脊液渗漏^[40]。

推荐意见:

11. 建议定期评估神经功能(意识、瞳孔、颅内高压危象)、脑脊液(引流量、颜色、性状)、颅内压波形稳定性及系统完整性(引流管路密闭性、气泡、敷料渗漏),保障监测的可靠性(专家共识度:98.57%)。

六、EVD-ICP 监测期间的异常情况处理

EVD-ICP 监测期间可能出现监测系统失效和颅内压波形异常。如果颅内压波形消失或引流开放状态下降低滴液腔高度仍无脑脊液流出,则可判定为监测系统失效,常见原因包括引流管堵塞或尖端脱出、设备(如电缆线、监护仪模块、压力传感器)故障^[41-42]。颅内压波形异常的类型及原因:(1)波形平坦或衰减,提示引流管堵塞、脑室塌陷、引流管路打折、压力传感器故障、管路内气泡残留干扰液压传导等。(2)波形振幅降低,可能由低血压、脑血管痉挛、低碳酸血症等病理生理学改变所致。(3)波形振幅升高,通常与高碳酸血症引起的脑血管扩张相关,或提示严重低氧血症诱发的脑血流自动调节能力损害。

针对上述异常情况,可采取以下处理措施^[41-43]:

(1)引流管路检查。检查引流管路的通畅性(有无打折、凝血块堵塞等),可降低滴液腔高度以观察脑

脊髓引流是否恢复正常。若考虑脑组织或凝血块堵塞引流管,可尝试于引流管内缓慢少量注射无菌生理盐水进行冲洗。(2)影像学评估与干预。结合头部 CT 确认引流管位置及脑室形态,若 CT 显示脑室塌陷致脑脊液无法流出,若无其他紧急情况可暂不干预;若确认引流管位置异常,则需调整其位置。(3)引流管路内气泡处理。通过调整滴液腔高度或生理盐水冲洗引流管路以排出气泡。操作过程中应严格控制引流速度,避免引流过快引发其他不良后果。(4)压力传感器内气泡处理。采用无菌生理盐水向引流端冲洗压力传感器,特别注意严禁向脑室端冲洗,避免引发感染等并发症。(5)设备故障排查。若采取上述措施后颅内压波形仍无法恢复,需按照电缆线→监护仪模块→压力传感器的顺序逐步更换监测设备,以排查设备故障。

EVD-ICP 监测的波形精准度与引流效果还受引流管内径和材质、脑顺应性及排气系统状态等的影响^[44]。滴液腔上方排气孔为疏水滤纸材质,浸湿后可导致空气无法通过排气孔正常流通,进而影响脑脊液引流效果及监测结果,应避免脑室外引流系统滴液腔上方排气孔疏水滤纸被浸湿。若不慎浸湿,应即刻夹闭引流管,暂停脑脊液引流,防止颅内压异常波动;酌情更换整个滴液腔组件,确保排气孔通畅。

推荐意见:

12. EVD-ICP 监测系统失效时,建议按顺序排查引流管堵塞或脱出(CT 检查)、引流系统密闭性及设备故障,优先处理引流管因素后逐步更换硬件组件(专家共识度:100%)。

13. 应避免脑室外引流系统滴液腔上方排气孔疏水滤纸被浸湿,进而影响脑脊液引流效果和监测结果(专家共识度:100%)。

七、EVD-ICP 监测时程

EVD-ICP 监测时程应根据病情和引流管留置时间个性化确定。引流管留置时间过长是导致脑室外引流术后颅内感染的危险因素^[31]。常规引流管留置时间为 7~10 d,原则上应 ≤ 2 周^[4,45]。若需延长引流时间,建议拔除原引流管,在其他合适穿刺部位重新置管。采用皮下潜行方式引出引流管或选用具备抗感染特性材料制成的脑室外引流管,可在严格评估下适当延长引流管留置时间及颅内压监测时程^[22]。除外特殊情况,计划移除监测系统前应尽可能满足颅内压 ≤ 15 mm Hg 且连续 24 h 脑脊液

引流量 < 150 ml;同时完善神经功能评估,并行头部 CT 检查排除脑室扩张或占位性病变导致的颅内压代偿储备不足。脑室外引流管夹闭耐受测试在颅内压监测稳定的基础上,通过阶段性夹闭引流管路评估脑脊液循环能力,可个性化选择实施该测试,夹闭过程中应持续记录颅内压和脑灌注压值,并评估神经功能^[46]。若夹闭后颅内压保持稳定,临床症状及复查头部 CT 未见新发异常,即停止监测并移除监测设备;若夹闭后颅内压显著升高、新发瞳孔不等大或意识水平下降、癫痫发作或影像学证实脑室进行性扩大,应恢复脑室外引流并继续行 EVD-ICP 监测评估脑脊液动力学。

推荐意见:

14. EVD-ICP 监测时程应根据病情和引流管留置时间个性化确定。常规引流管留置时间及颅内压监测时间为 7~10 d,原则上应 ≤ 2 周,有条件的医疗中心可选择具备抗感染特性的脑室外引流管(专家共识度:92.86%)。

15. 移除 EVD-ICP 监测系统应尽可能满足颅内压 ≤ 15 mm Hg,头部 CT 排除脑室扩张或占位性病变,同时个性化选择实施脑室外引流管夹闭耐受测试(专家共识度:92.86%)。

八、EVD-ICP 监测期间的患者转运策略

既往有证据表明,置入脑室外引流管的神经重症患者转运期间存在颅内高压风险,常规夹闭可能诱发颅内并发症,尤其是转运前引流管处于开放状态、颅内压 > 15 mm Hg、脑脊液引流量 > 20 ml/h 的患者^[47]。EVD-ICP 监测期间患者转运前应综合考量以下多方面因素做出个性化管理决策^[24]:(1)精确评估脑脊液引流量,包括每小时引流量及每日累计引流量,同时明确预设的目标压力。(2)确认引流管当前处于开放或夹闭状态。(3)评估患者是否通过脑室外引流管夹闭耐受测试。(4)明确转运目的和转运时程。转运过程中建议维持转运前所处治疗单元所用的监测设备,监测生命体征及评估神经功能。对于短时程(≤ 30 min)转运,若通过夹闭耐受测试,建议夹闭引流管进行转运,应将主系统三通阀和脑室端三通阀同步双重夹闭。对于长时程(> 30 min)转运,需综合评估脑顺应性和夹闭耐受测试结果,优先采用开放引流模式,推荐使用专用转运支架固定脑室外引流系统及压力传感器,滴液腔高度保持预设的目标压力,避免脑脊液过度引流;若需夹闭转运,每 30 分钟间歇开放引流 10 min

以降低颅内高压风险。同时,转运人员应做好处理颅内高压的准备,如配备甘露醇、高渗盐水等急救药物。

推荐意见:

16. 推荐患者转运前综合评估,包括颅内压、脑脊液引流量、脑室外引流管夹闭耐受测试、转运前引流管开放或夹闭状态、转运目的和转运时程(专家共识度:98.57%)。

17. 建议依据转运类型及颅内高压风险分层制定患者转运策略:短时程转运优先选择夹闭引流管,长时程转运需结合脑顺应性及脑室外引流管夹闭耐受测试结果选择开放或间歇引流模式(专家共识度:100%)。

九、EVD-ICP监测相关并发症的预防与处理

1. 感染 引流管相关感染是较常见的并发症,发生率为0~22%^[48]。影响因素主要为引流管留置时间及经导管操作^[49]。感染风险与监测时间相关,监测时间越长,感染风险越高^[50]。监测过程中可采取以下预防感染措施^[22,51-52]:采用皮下潜行方式(≥5 cm)置管及使用抗感染引流管,降低感染发生率;连接压力传感器、更换敷料、脑脊液采样等操作过程中,严格遵循无菌操作原则;减少非必要的脑脊液采样,降低操作导致的感染风险;严格把控监测时间和引流管留置时间。

2. 颅内出血 脑室外引流穿刺置管时存在损伤颅内血管进而引发颅内出血的风险,但EVD-ICP监测并不额外增加颅内出血风险。颅内出血常与应用抗凝药物或抗血小板药物、凝血功能障碍、脑脊液过度引流或多次穿刺操作相关^[53]。监测期间定期复查CT以排查有无颅内出血并监测凝血功能。此外,EVD-ICP监测过程中对比“置管”与“移除”两个时间节点,后者颅内出血风险更高^[54]。因此,EVD-ICP监测系统移除前,应复查凝血功能,对于凝血功能异常者予以及时纠正。

3. 脑脊液漏 EVD-ICP监测相关脑脊液漏的发生与多种因素相关,包括引流管留置时间延长导致的穿刺窦道形成、凝血块或组织碎屑堵塞引发的压力梯度异常及监测期间对引流管的暴力牵拉等^[24]。建议每日评估监测系统及引流管留置指征,对无明确监测需求者尽早移除监测系统以减少脑脊液漏风险。对于持续性脑脊液漏或常规无菌敷料管理无效者,应终止EVD-ICP监测,或使用负压辅助愈合(VAC)装置,密闭贴膜覆盖引流口周围区域,以保

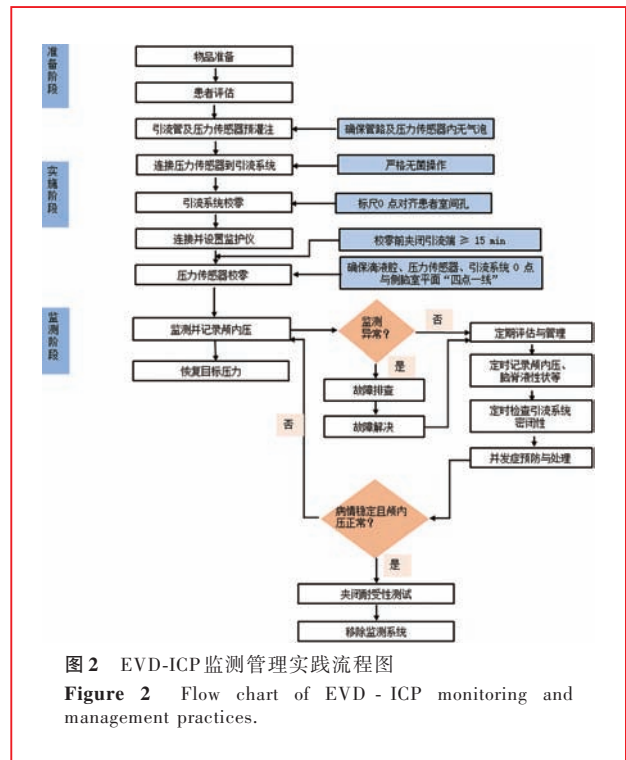


图2 EVD-ICP监测管理实践流程图
Figure 2 Flow chart of EVD - ICP monitoring and management practices.

持术区干燥^[55]。

推荐意见:

18. 建议减少脑室外引流相关操作及非必要的脑脊液采样,操作过程中严格遵守无菌操作原则,降低引流管相关感染风险。定期监测凝血功能和影像学指标,动态评估颅内出血风险(专家共识度:100%)。

19. 对于脑脊液漏高风险患者,加强引流管口周围皮肤消毒,每日评估监测系统及引流管留置指征,无明确监测需求者尽早移除监测系统。若已出现脑脊液漏,可终止监测(专家共识度:91.43%)。

十、小结与展望

EVD-ICP监测作为神经重症患者管理的核心技术之一,其规范化应用对改善预后具有重要意义。共识以循证医学证据为基础,系统整合国内外高质量研究证据及丰富的临床经验,提出EVD-ICP监测标准化流程(图2),明确规范校零方法、监测时程、监测系统故障处理、并发症预防与处理等关键环节的操作细节,促进临床操作与指南要求的高度契合,提升诊疗行为的一致性与科学性。目前,共识给出的推荐意见主要源自观察性研究成果及专家委员会专业意见,在证据等级方面有待更多高质量的循证医学证据进一步充实和强化。共识仅反映专家委员会当前阶段的专业观点,并不具备法律

效力。随着研究的不断深入与发展,共识将持续修订和更新,以更好地服务于临床实践,为神经重症患者的救治提供更精准、更有效的指导。

执笔人:韩冰莎(河南省人民医院神经外科重症病区)、冯光(河南省人民医院神经外科重症病区)、葛顺楠(空军军医大学第二附属医院神经外科)、刘秀云(天津大学医学部)、孟晓静(河南省人民医院神经外科重症病区)、范晶丽(河南省人民医院神经外科重症病区)

专家委员会成员(按姓氏汉语拼音排序):包义君(中国医科大学附属第四医院神经外科)、常敬民(江苏省苏州京东方医院神经外科)、陈文劲(首都医科大学宣武医院神经外科重症监护室)、陈鑫(中南大学湘雅医院神经外科)、党帅(河南省南阳市中心医院神经重症监护室)、杜绍楠(中国医科大学附属盛京医院神经外科)、段继新(湖南航天医院神经外科)、范晶丽(河南省人民医院神经外科重症病区)、方文华(福建医科大学附属第一医院神经外科)、冯光(河南省人民医院神经外科重症病区)、冯军峰(上海交通大学医学院附属仁济医院神经外科)、付旭东(河南省人民医院神经外科)、高国一(首都医科大学附属北京天坛医院神经外科)、高亮(上海冬雷脑科医院神经外科)、葛顺楠(空军军医大学第二附属医院神经外科)、顾建军(河南省人民医院神经外科)、韩冰莎(河南省人民医院神经外科重症病区)、韩令(湖南省长沙市第八医院神经外科)、胡成功(四川大学华西医院重症医学科)、黄齐兵(山东大学齐鲁医院急诊神经外科重症监护室)、黄贤键(广东省深圳市第二人民医院神经外科)、惠磊(河南医药大学第一附属医院神经外科)、吉宏明(山西省人民医院神经外科)、江荣才(首都医科大学宣武医院神经外科)、李立宏(空军军医大学第二附属医院急诊科)、李翔(河南省人民医院神经外科重症病区)、刘劲芳(中南大学湘雅医院神经外科)、刘秀云(天津大学医学部)、罗永刚(郑州大学第一附属医院神经外科重症监护室)、孟晓静(河南省人民医院神经外科重症病区)、钱涛(河北省人民医院神经外科)、邱炳辉(南方医科大学南方医院神经外科)、曲鑫(首都医科大学宣武医院神经外科)、单峤(郑州大学第三附属医院神经外科)、石广志(首都医科大学附属北京天坛医院重症医学科)、孙明洁(河南省人民医院感染管理科)、孙圣礼(河南省人民医院神经外科)、孙晓枫(河北医科大学第二医院神经外科)、田金英(河南省三门峡市中心医院神经重症监护病区)、汪永新(新疆医科大学第一附属医院神经外科)、王飞(中国科学技术大学附属第一医院神经外科)、王炬(河南省人民医院神经外科重症病区)、王梅云(河南省人民医院医学影像科)、王宁(首都医科大学宣武医院神经外科)、王清华(南方医科大学珠江医院神经创伤重症科)、王天才(河南省南阳南石医院神经重症科)、王新军(郑州大学第三附属医院神经外科)、王衍刚(河南省焦作市人民医院神经外科重症监护室)、王玉峰(河南医药大学第三附属医院神经外科)、魏俊吉(中国医学科学院北京协和医院神经外科)、吴永刚(新疆维吾尔自治区人民医院神经外科)、徐兰娟(郑州大学附属郑州中心医院重症医学科)、徐跃峤(首都医科大学宣武医院神经外科)、杨春艳(河南省人民医院神经外科重症病区)、杨理坤(联勤保障部队第九〇四医院神经外科)、杨勇(贵州省人民医院神经外科)、虞剑(复旦大学附属华山医院神经外科)、岳双柱(河南医药大学第一附属医院神经重症医学科)、张国斌(天津市环湖医院颅脑创伤与重症医学科)、张明(河南省人民医院神经外科重症病区)、张万宏(河南省开封市中心医院神经外科)、张晓斌(北部战区总医院神经外科)、张永明(安徽省第二人民医院神

经外科)、赵迪(河北医科大学第四医院神经外科)、赵建华(河南医药大学第一附属医院神经内科)、赵鹏来(南京鼓楼医院神经外科)、赵卫平(内蒙古自治区人民医院神经外科重症监护病房)、周立民(河南省人民医院神经外科重症病区)、周敏(中国科学技术大学附属第一医院重症医学科)、周少龙(郑州大学第五附属医院神经外科)

利益冲突 无

参 考 文 献

- [1] Carney N, Totten AM, O'Reilly C, Ullman JS, Hawryluk GW, Bell MJ, Bratton SL, Chesnut R, Harris OA, KISSOON N, Rubiano AM, Shutter L, Tasker RC, Vavilala MS, Wilberger J, Wright DW, Ghajar J. Guidelines for the management of severe traumatic brain injury, fourth edition [J]. *Neurosurgery*, 2017, 80:6-15.
- [2] Neurosurgery Branch, Chinese Medical Doctor Association; Chinese Neurotrauma Expert Committee. Chinese expert consensus on intracranial pressure monitoring in patients with traumatic brain injury [J]. *Zhonghua Shen Jing Wai Ke Za Zhi*, 2011, 27:1073-1074. [中国医师协会神经外科医师分会, 中国神经创伤专家委员会. 中国颅脑创伤颅内压监测专家共识 [J]. *中华神经外科杂志*, 2011, 27:1073-1074.]
- [3] Sonig A, Jumah F, Raju B, Patel NV, Gupta G, Nanda A. The historical evolution of intracranial pressure monitoring [J]. *World Neurosurg*, 2020, 138:491-497.
- [4] Neurosurgery Branch, Chinese Medical Association; Chinese Neurosurgical Intensive Care Management Collaborative Group. Chinese expert consensus on external cerebrospinal fluid drainage in neurosurgery (2018 edition) [J]. *Zhonghua Yi Xue Za Zhi*, 2018, 98:1646-1649. [中华医学会神经外科学分会, 中国神经外科重症管理协作组. 神经外科脑脊液外引流中国专家共识(2018版) [J]. *中华医学杂志*, 2018, 98:1646-1649.]
- [5] Ren R, Wang Z, Fu GH, Sun CN, Yuan LJ, Cao TS. General Pascal's law: a possible basic hydrostatic law [J]. *CT Li Lun Yu Ying Yong Yan Jiu*, 2018, 27:137-143. [任嵘, 王臻, 付光辉, 孙畅宁, 袁丽君, 曹铁生. 广义帕斯卡定律: 流体静力学基本定律 [J]. *CT理论与应用研究*, 2018, 27:137-143.]
- [6] Craniocerebral Trauma Professional Committee, Trauma Branch, Chinese Medical Association. Chinese expert consensus on cerebrospinal fluid management in patients with traumatic brain injury [J]. *Zhonghua Shen Jing Wai Ke Za Zhi*, 2019, 35:760-764. [中华医学会创伤学分会颅脑创伤专业委员会. 颅脑创伤患者脑脊液管理中国专家共识 [J]. *中华神经外科杂志*, 2019, 35:760-764.]
- [7] Volovic V, Huijben JA, Ercole A, Stocchetti N, Dirven CMF, van der Jagt M, Steyerberg EW, Lingsma HF, Menon DK, Maas AIR, Haitsma IK. Ventricular drainage catheters versus intracranial parenchymal catheters for intracranial pressure monitoring - based management of traumatic brain injury: a systematic review and Meta-analysis [J]. *J Neurotrauma*, 2019, 36:988-995.
- [8] Pelah AI, Zakrzewska A, Calviello LA, Forcht Dagi T, Czosnyka Z, Czosnyka M. Accuracy of intracranial pressure monitoring: single centre observational study and literature review [J]. *Sensors (Basel)*, 2023, 23:3397.
- [9] Ack SE, Dolmans RGF, Foreman B, Manley GT, Rosenthal ES, Zabihi M. Deriving automated device metadata from intracranial pressure waveforms: a transforming research and clinical knowledge in traumatic brain injury ICU physiology cohort analysis [J]. *Crit Care Explor*, 2024, 6:e1118.

- [10] Nag DS, Sahu S, Swain A, Kant S. Intracranial pressure monitoring: gold standard and recent innovations [J]. *World J Clin Cases*, 2019, 7:1535-1553.
- [11] Klein SP, Bruyninckx D, Callebaut I, Depreitere B. Comparison of intracranial pressure and pressure reactivity index obtained through pressure measurements in the ventricle and in the parenchyma during and outside cerebrospinal fluid drainage episodes in a manipulation - free patient setting [J]. *Acta Neurochir Suppl*, 2018, 126:287-290.
- [12] Chesnut R, Aguilera S, Buki A, Bulger E, Citerio G, Cooper DJ, Arrastia RD, Diringier M, Figaji A, Gao G, Geocadin R, Ghajar J, Harris O, Hoffer A, Hutchinson P, Joseph M, Kitagawa R, Manley G, Mayer S, Menon DK, Meyfroidt G, Michael DB, Oddo M, Okonkwo D, Patel M, Robertson C, Rosenfeld JV, Rubiano AM, Sahuquillo J, Servadei F, Shutter L, Stein D, Stocchetti N, Taccone FS, Timmons S, Tsai E, Ullman JS, Vespa P, Videtta W, Wright DW, Zammit C, Hawryluk GWJ. A management algorithm for adult patients with both brain oxygen and intracranial pressure monitoring: the Seattle International Severe Traumatic Brain Injury Consensus Conference (SIBICC) [J]. *Intensive Care Med*, 2020, 46:919-929.
- [13] Hong E, Froese L, Pontén E, Fletcher-Sandersjö A, Tatter C, Hammarlund E, Åkerlund CAI, Tjerkaski J, Alpkvist P, Bartek J Jr, Raj R, Lindblad C, Nelson DW, Zeiler FA, Thelin EP. Critical thresholds of long-pressure reactivity index and impact of intracranial pressure monitoring methods in traumatic brain injury [J]. *Crit Care*, 2024, 28:256.
- [14] Li Z, Xu F, Li Y, Wang R, Zhang Z, Qu Y. Assessment of intracranial pressure monitoring in patients with moderate traumatic brain injury: a retrospective cohort study [J]. *Clin Neurol Neurosurg*, 2020, 189:105538.
- [15] Marin-Castañeda LA, Gómez-Villaruel RA, Pacheco Aispuro G, Palomera-Garfias N, Pacheco-Barríos N, Sandoval-Orellana VM, Pichardo-Rojas PS. Comparative efficacy and safety of external ventricular drains and intraparenchymal pressure monitors for intracranial pressure monitoring in traumatic brain injury: a systematic review and Meta-analysis [J]. *Neurocrit Care*, 2025, 42:374-386.
- [16] Harary M, Dolmans RGF, Gormley WB. Intracranial pressure monitoring: review and avenues for development [J]. *Sensors (Basel)*, 2018, 18:465.
- [17] Zhang D, Sheng Y, Wang C, Chen W, Shi X. Global traumatic brain injury intracranial pressure: from monitoring to surgical decision [J]. *Front Neurol*, 2024, 15:1423329.
- [18] Stein KY, Froese L, Gomez A, Sainbhi AS, Vakıtbilir N, Ibrahim Y, Zeiler FA. Intracranial pressure monitoring and treatment thresholds in acute neural injury: a narrative review of the historical achievements, current state, and future perspectives [J]. *Neurotrauma Rep*, 2023, 4:478-494.
- [19] Addis A, Baggiani M, Citerio G. Intracranial pressure monitoring and management in aneurysmal subarachnoid hemorrhage [J]. *Neurocrit Care*, 2023, 39:59-69.
- [20] El-Hajj VG, Pettersson I, Gharios M, Ghaith AK, Bydon M, Edström E, Elmi - Terander A. Detection and management of elevated intracranial pressure in the treatment of acute community - acquired bacterial meningitis: a systematic review [J]. *Neurocrit Care*, 2024, 41:228-243.
- [21] He WY, Cheng C, Shang SY, Jiang XM, Zhou SJ, Zhong XM, Shen LJ. Best evidence summary for intracranial pressure - targeted positioning management in patients with traumatic brain injury [J]. *Quan Ke Hu Li*, 2023, 21:526-530. [何婉嫻, 程晨, 商思懿, 蒋雪梅, 周沈佳, 钟兴明, 沈丽娟. 以颅内压为目标导向的颅脑损伤体位管理的最佳证据总结 [J]. *全科护理*, 2023, 21:526-530.]
- [22] Iaccarino C, Lippa L, Munari M, Castioni CA, Robba C, Caricato A, Pompucci A, Signoretti S, Zona G, Rasulo FA; Traumatic Brain Injury Section of the Italian Society of Neurosurgery (SINch) and the Neuroanesthesia and Neurocritical Care Study Group of the Italian Society of Anesthesia, Analgesia, Resuscitation and Intensive Care (SIAARTI). Management of intracranial hypertension following traumatic brain injury: a best clinical practice adoption proposal for intracranial pressure monitoring and decompressive craniectomy. Joint statements by the Traumatic Brain Injury Section of the Italian Society of Neurosurgery (SINch) and the Neuroanesthesia and Neurocritical Care Study Group of the Italian Society of Anesthesia, Analgesia, Resuscitation and Intensive Care (SIAARTI) [J]. *J Neurosurg Sci*, 2021, 65:219-238.
- [23] Craniocerebral Trauma Professional Group, Neurosurgery Branch, Chinese Medical Association; Neurological Injury Professional Group, Trauma Branch, Chinese Medical Association. Chinese expert consensus on brain monitoring technology in patients with traumatic brain injury [J]. *Zhonghua Shen Jing Wai Ke Za Zhi*, 2020, 36:1189-1194. [中华医学会神经外科学分会颅脑创伤专业组, 中华医学会创伤学分会神经损伤专业组. 颅脑创伤患者脑监测技术中国专家共识 [J]. *中华神经外科杂志*, 2020, 36:1189-1194.]
- [24] Lele AV, Hoefnagel AL, Schloerker N, Wyler DA, Chaikittisilpa N, Vavilala MS, Naik BI, Williams JH, Venkat Raghavan L, Koerner IP; Representing SNACC Task Force for Developing Guidelines for Perioperative Management of External Ventricular and Lumbar Drains. Perioperative management of adult patients with external ventricular and lumbar drains: guidelines from the Society for Neuroscience in Anesthesiology and Critical Care [J]. *J Neurosurg Anesthesiol*, 2017, 29:191-210.
- [25] Yang R, Eagles ME. Methods of monitoring intracranial pressure: a review [J]. *Neurosurg Clin N Am*, 2025, 36:141-147.
- [26] Abramyan A, Belykh E, Ruchi P, Gillick J, Goldstein I. External ventricular drain misadministration events: systematic literature review and report of a case [J]. *Oper Neurosurg*, 2024, 29:345-350.
- [27] The Critical Care Professional Committee of the Chinese Nursing Association; Liu F, Wang YJ, Cao XB, Gao L, Xu SB, Mi YY, Sun H, Miao FR, Li Y, Li HY. Expert consensus on the prevention and control of intracranial hypertension in adult critical illness [J]. *Zhonghua Hu Li Za Zhi*, 2024, 59:2606-2610. [中华护理学会重症护理专业委员会; 刘芳, 王宇娇, 曹笑柏, 高岚, 徐松柏, 米元元, 孙红, 苗凤茹, 黎艳, 李虹彦. 成人重症患者颅内压增高防控护理专家共识 [J]. *中华护理杂志*, 2024, 59:2606-2610.]
- [28] Vieira TW, Sakamoto VTM, Araujo BR, Pai DD, Blatt CR, Caregnato RCA. External ventricular drains: development and evaluation of a nursing clinical practice guideline [J]. *Nurs Rep*, 2022, 12:933-944.
- [29] Hockel K, Schuhmann MU. ICP monitoring by open extraventricular drainage: common practice but not suitable for advanced neuromonitoring and prone to false negativity [J]. *Acta Neurochir Suppl*, 2018, 126:281-286.
- [30] Sunderland NE, Villanueva NE, Pazuchanics SJ. External ventricular catheters: is it appropriate to use an open/monitor position to adequately trend intracranial pressure in a neuroscience critical care environment [J]? *J Neurosci Nurs*, 2016, 48:274-277.
- [31] Liu X, Griffith M, Jang HJ, Ko N, Pelter MM, Abba J, Vuong

- M, Tran N, Bushman K, Hu X. Intracranial pressure monitoring via external ventricular drain: are we waiting long enough before recording the real value[J]? *J Neurosci Nurs*, 2020, 52:37-42.
- [32] Wang N, Wang J, Ji YY, Yu J. Effect of the clamping time of ventricular drainage tube on the monitoring value of intracranial pressure [J]. *Zhongguo Shi Yong Shen Jing Ji Bing Za Zhi*, 2023, 26:1200-1204.[王娜, 王军, 纪媛媛, 俞洁. 脑室引流管夹闭时间对颅内压监测数值的影响[J]. *中国实用神经疾病杂志*, 2023, 26:1200-1204.]
- [33] Earthman C, Siaron K, Wilson J, Olson DM. Predictive values for time from transducer stopcock closure to accurate intracranial pressure reading[J]. *Neurocrit Care*, 2023, 38:422-428.
- [34] Pratt KA, Peacock SH, Yost KD, Freeman WD, Collins CI, McLaughlin DC. Zero - calibrating external ventricular drains: exploring practice[J]. *J Neurosci Nurs*, 2022, 54:2-5.
- [35] Malloy R. Zeroing a transducer on an external ventricular drain [J]. *J Neurosci Nurs*, 2023, 55:54-59.
- [36] Chinese Nursing Association. T/CNAS 36-2023 measurement technique of central venous pressure [S]. Beijing: Chinese Nursing Association, 2023.[中华护理学会. T/CNAS 36-2023 中心静脉压测量技术[S]. 北京: 中华护理学会, 2023.]
- [37] Nairon EB, Joseph J, Kamal A, Busch DR, Olson DM. The presence of blood in a strain gauge pressure transducer has a clinical effect on the accuracy of intracranial pressure readings [J]. *Crit Care Explor*, 2024, 6:e1089.
- [38] Olson DM, Ortega Pérez S, Ramsay J, Venkatasubba Rao CP, Suarez JI, McNett M, Aiyagari V. Differentiate the source and site of intracranial pressure measurements using more precise nomenclature[J]. *Neurocrit Care*, 2019, 30:239-243.
- [39] Zoerle T, Beqiri E, Åkerlund CAI, Gao G, Heldt T, Hawryluk GWJ, Stocchetti N. Intracranial pressure monitoring in adult patients with traumatic brain injury: challenges and innovations [J]. *Lancet Neurol*, 2024, 23:938-950.
- [40] Sakamoto VTM, Vieira TW, Viegas K, Blatt CR, Caregnato RCA. Nursing assistance in patient care with external ventricular drain: a scoping review[J]. *Rev Bras Enferm*, 2021, 74:e20190796.
- [41] Lei C, De Stefano FA, Heskett C, Fry L, Le K, Brake A, Chatley K, Peterson J, Ebersole K. A bibliometric analysis of the top 50 most influential articles on external ventricular drains [J]. *World Neurosurg*, 2023, 172:35-42.
- [42] Dossani RH, Patra DP, Terrell DL, Willis B. Placement of an external ventricular drain[J]. *N Engl J Med*, 2021, 384:e3.
- [43] Roach J, Gaastra B, Bulters D, Shtaya A. Safety, accuracy, and cost effectiveness of bedside bolt external ventricular drains (EVDs) in comparison with tunneled EVDs inserted in theaters [J]. *World Neurosurg*, 2019, 125:e473-e478.
- [44] Beidler PG, Novokhodko A, Prolo LM, Browd S, Lutz BR. Fluidic considerations of measuring intracranial pressure using an open external ventricular drain[J]. *Cureus*, 2021, 13:e15324.
- [45] Management of Factors of Secondary Brain Insults Experts Group. Experts consensus on the management of factors of secondary brain insults following traumatic brain injury[J]. *Lin Chuang Shen Jing Wai Ke Za Zhi*, 2020, 17:241-249.[《加重继发性脑损伤危险因素防治专家共识》专家组. 颅脑创伤后加重继发性脑损伤的危险因素防治专家共识[J]. *临床神经外科杂志*, 2020, 17:241-249.]
- [46] Kothari SA, Siddiq MS, Rahimi S, Vale F, Shah M, Garcia KA. Standardized criteria to initiate external ventricular drain (EVD) weaning in a neurological intensive care unit to increase the safety of EVD discontinuation and reduce the need for a shunt [J]. *Cureus*, 2024, 16:e58362.
- [47] Chaikittisilpa N, Lele AV, Lyons VH, Nair BG, Newman SF, Blissitt PA, Vavilala MS. Risks of routinely clamping external ventricular drains for intrahospital transport in neurocritically ill cerebrovascular patients[J]. *Neurocrit Care*, 2017, 26:196-204.
- [48] Nawabi NLA, Stopa BM, Lassarén P, Bain PA, Mekary RA, Gormley WB. External ventricular drains and risk of freehand placement: a systematic review and meta - analysis [J]. *Clin Neurol Neurosurg*, 2023, 231:107852.
- [49] Neurocritical Care Expert Committee, Neurosurgery Branch, Chinese Medical Doctor Association; Neurocritical Care Group, Neurosurgery Branch, Beijing Medical Association. Chinese expert consensus on diagnosis and treatment of central nervous system infections in neurosurgery (2021 edition)[J]. *Zhonghua Shen Jing Wai Ke Za Zhi*, 2021, 37:2-15.[中国医师协会神经外科医师分会神经重症专家委员会, 北京医学会神经外科学分会神经外科危重症学组. 神经外科中枢神经系统感染诊治中国专家共识(2021版)[J]. *中华神经外科杂志*, 2021, 37:2-15.]
- [50] Fried HI, Nathan BR, Rowe AS, Zabramski JM, Andaluz N, Bhimraj A, Guanci MM, Seder DB, Singh JM. The insertion and management of external ventricular drains: an evidence - based consensus statement. A statement for healthcare professionals from the Neurocritical Care Society [J]. *Neurocrit Care*, 2016, 24:61-81.
- [51] Tunkel AR, Hasbun R, Bhimraj A, Byers K, Kaplan SL, Scheld WM, van de Beek D, Bleck TP, Garton HJL, Zunt JR. 2017 Infectious Diseases Society of America's clinical practice guidelines for healthcare-associated ventriculitis and meningitis [J]. *Clin Infect Dis*, 2017, 64:e34-e65.
- [52] Zakaria J, Jusue - Torres I, Frazzetta J, Rezaii E, Costa R, Ballard M, Sethi N, Parada J, Prabhu VC. Effectiveness of a standardized external ventricular drain placement protocol for infection control[J]. *World Neurosurg*, 2021, 151:e771-e777.
- [53] Mahto N, Owodunni OP, Okakpu U, Kazim SF, Varela S, Varela Y, Garcia J, Alunday R, Schmidt MH, Bowers CA. Postprocedural complications of external ventricular drains: a Meta - analysis evaluating the absolute risk of hemorrhages, infections, and revisions[J]. *World Neurosurg*, 2023, 171:41-64.
- [54] Miller C, Tummala RP. Risk factors for hemorrhage associated with external ventricular drain placement and removal [J]. *J Neurosurg*, 2017, 126:289-297.
- [55] Neurological Intensive Care Expert Committee of Neurosurgical Branch of Chinese Medical Association, Chinese Neurosurgical Intensive Care Management Collaborative Group. Consensus of Chinese experts on topical application of polymyxin in severe central nervous system infections (2024)[J]. *Zhonghua Shen Jing Yi Xue Za Zhi*, 2024, 23:109-118.[中国医师协会神经外科医师分会神经重症专家委员会, 中国神经外科重症管理协作组. 神经重症患者中枢神经系统感染多黏菌素局部应用的中国专家共识(2024年版)[J]. *中华神经医学杂志*, 2024, 23:109-118.]

(收稿日期: 2025-09-29)

(本文编辑: 袁云)