

· 标准 · 方案 · 指南 ·

早产儿脑室内出血后脑室扩张 / 脑积水管理专家共识 (2025)

中华医学会神经外科学分会小儿神经外科专业委员会 中国医师协会新生儿科医师分会外科专业委员会

【摘要】随着围产医学的发展,早产儿存活率逐渐提高,但脑室内出血(intraventricular hemorrhage, IVH)及其引发的出血后脑室扩张/脑积水(posthemorrhagic ventricular dilatation/posthemorrhagic hydrocephalus, PHVD/PHH)问题突出。IVH 在早产儿中的发病率较高,重度 IVH 可引发多种严重并发症,影响患儿存活率和生存质量。本共识在检索国内外文献的基础上,明确了 IVH 分级及相关定义,从 PHVD/PHH 的发生情况与监测、PHVD/PHH 的治疗(包括治疗阈值、治疗策略、药物治疗、暂时性手术治疗、永久性手术治疗、干细胞治疗)及 PHVD/PHH 的预后方面提出推荐意见,旨在为新生儿神经系统疾病相关从业人员提供理论与实践指导。

【关键词】早产儿;脑室内出血;出血后脑室扩张;出血后脑积水;诊断;治疗

Expert consensus on the management of ventricular dilatation/hydrocephalus after intraventricular hemorrhage in preterm infants (2025)

Pediatric Neurosurgery Professional Committee, Neurosurgery Branch of the Chinese Medical Association; Surgery Professional Committee, Neonatology Branch of the Chinese Medical Doctor Association

Corresponding author: Zhang Hongtian (Email: zhanghongtian007@126.com); Li Qiuping (Email: zhjhospital@163.com); Feng Zhichun (Email: zhjfengzc@126.com)

【Abstract】 With advances in perinatal medicine, the survival rate of preterm infants has gradually increased, however, intraventricular hemorrhage (IVH) and the resulting posthemorrhagic ventricular dilatation or hydrocephalus (PHVD/PHH) have become increasingly prominent issues. IVH occurs with relatively high incidence in preterm infants, and severe IVH can lead to various serious complications, affecting the survival rate and quality of life of the infants. Based on the review of domestic and international literatures, this consensus clarifies the grading and related definitions of IVH. It provides recommendations regarding the occurrence and monitoring of PHVD/PHH, the treatment of PHVD/PHH (including treatment threshold, treatment strategies, drug therapy, temporary surgical treatment, permanent surgical treatment, and stem cell therapy), and prognosis of PHVD/PHH, aiming to provide theoretical and practical guidance for professionals involved in neonatal neurological diseases.

【Key words】 Preterm infant; Intraventricular hemorrhage; Posthemorrhagic ventricular dilatation; Posthemorrhagic hydrocephalus; Diagnosis; Treatment

随着围产医学的发展,早产儿尤其是极/超早产儿的存活率显著提升^[1]。但早产儿脑损伤及其后遗症的发生率却并未随之下降^[2]。脑室内出血

(intraventricular hemorrhage, IVH) 作为早产的关键并发症之一,在早产儿中较为常见,总体发生率为 15%~30%^[3]。我国新生儿协作网数据表明,胎龄 <

DOI: 10.3969/j.issn.2095-5340.2025.06.001

基金项目: 国家重点研发计划项目 (2021YFC2701700)

实践指南注册: 国际实践指南注册与透明化平台 (PREPARE-2024CN805)

通信作者: 张洪钊 (Email: zhanghongtian007@126.com); 李秋平 (Email: zhjhospital@163.com); 封志纯 (Email: zhjfengzc@126.com)

32周的极早产儿严重IVH发生率为10.4%^[4]。严重IVH可能因低血容量导致患儿死亡,是早产儿放弃治疗的主要原因,还可引发诸如出血后脑室扩张(posthemorrhagic ventricular dilatation, PHVD)、出血后脑积水(posthemorrhagic hydrocephalus, PHH)以及脑室周围出血性梗死(periventricular hemorrhagic infarction, PVHI)等并发症^[5],进而导致神经发育障碍^[6],不仅严重影响患儿的存活率与远期生存质量,也给家庭和社会带来了沉重负担。

早期实施合理治疗可改善IVH患儿整体预后,但目前国内在PHVD/PHH的治疗方面尚未形成统一的指南或共识。因此,中华医学会神经外科学分会小儿神经外科专业委员会与中国医师协会新生儿科医师分会外科专业委员会组织相关领域内的专家,在全面检索国内外相关文献的基础上,共同研讨制定了《早产儿脑室内出血后脑室扩张/脑积水管理专家共识(2025)》,旨在为从事新生儿神经系统疾病相关工作的人员提供理论与实践指导,进一步提升PHVD/PHH的诊治水平与规范性。

本共识通过中文关键词“新生儿”“早产儿”“婴儿”“脑室内出血”“脑室扩张”“脑积水”以及英文关键词“neonates”“newborn”“preterm infants”“premature”“infant”“intraventricular hemorrhage”“ventricular dilation”“hydrocephalus”对中英文数据库展开检索。其中,中文数据库包括中国生物医学文献服务系统、中国知网、万方数据知识服务平台、中文期刊服务平台(维普)和中华医学期刊全文数据库;英文数据库包括PubMed、Embase、The Cochrane Library。

本共识采用证据推荐分级的评估、制订与评价(the Grading of Recommendation Assessment, Development and Evaluation, GRADE)系统^[7],将证据质量分为高、中、低、极低,即A、B、C、D共4级,其中高(A)级:对观察值非常有把握,接近真实值;中(B)级:对观察值有中等把握,观察值可能接近真实值,但是也有可能差别很大;低(C)级:对观察值的把握有限,观察值可能与真实值有很大差别;极低(D)级:对观察值几乎无把握:观察值可能与真实值有极大差别。推荐意见分为强推荐、弱推荐2级,其中强推荐为明确显示干预措施的利大于弊,或弊大于利;弱推荐为利弊不确定,或利弊相当。

1 IVH分级与相关定义

早产儿IVH分级:多数早产儿的IVH源于发育中的脑室管膜下生发基质内脆弱的毛细血管网络。当脑室管膜破溃后,血液会流入侧脑室,进而引发IVH^[8]。IVH通常划分为I、II、III、IV共4个等级。其中,I级:出血局限于生发基质;II级:血液在侧脑室内的占据容积 $\leq 50\%$;III级:血液在侧脑室内的占据容积 $>50\%$;IV级:出血同侧的侧脑室旁发生出血性梗死。据此,I、II级归为轻度IVH,III、IV级归为重度IVH^[9]。

PHVD:一般而言,脑室指数若超过第97百分位数4 mm^[10],即可定义为IVH后脑室扩大。在某些情况下,脑室并非向外侧扩张,而是呈现“球形”或“枕角扩张”形态。临床上还会将B超测量冠状位脑室宽度最大层面的前角宽度(anterior horn width, AHW)、矢状位测量的丘脑外侧至枕叶的距离(thalamo-occipital distance, TOD)以及第三脑室宽度作为PHVD的替代定义标准,具体为:AHW >4 mm(超出第97百分位数1 mm),TOD >26 mm(超出第97百分位数1 mm),第三脑室宽度 >3 mm(超出第97百分位数1 mm)^[11]。

PHH:通常指PHVD患儿出现头围快速增长、脑室持续进行性扩张的同时,伴有脑门张力增高、骨缝分离、落日征、头皮静脉怒张等临床症状^[6]。PHVD先于PHH出现,前者可能具有自限性,而PHH基本不可逆,因此,PHH是比PHVD更为严重的阶段。鉴于PHVD和PHH在诊断与治疗方面存在诸多相通之处,本共识将两者(PHVD/PHH)一并阐述。

PVHI:伴有脑室旁回声增强的IVH被定义为PVHI,多通过超声进行诊断,可表现为单侧或双侧,最常发生于额叶和顶叶区域。以往,PVHI常被错误的描述为IVH合并脑实质内出血,实际上它是由IVH相关的静脉回流障碍所引发的静脉梗死^[12]。

2 PHVD/PHH的发生情况与监测

推荐意见1:超声可作为PHVD/PHH诊断和治疗的重要依据,早产儿应常规开展动态头颅超声检查,以便早期发现并监测颅内病情进展。若病情有需要且条件允许,也可考虑采用CT/MR进一步辅助诊断(强推荐,A级证据)。

IVH发病初期脑室扩张和颅内压增加可能并不明显,但随病情发展最终会引发脑室扩张与颅内压升高。30%~50%的重度IVH会发生PHVD,且多数为

无症状性。PHVD进展速度不一,部分患儿进程缓慢,达到一定程度后可能自发停止甚至缩小^[13]。但亦有30%~35%的PHVD患儿脑室在数天至数周内迅速增大^[14]。

PHH是比PHVD更为严重的并发症,多见于重度IVH患儿,在IVH早产儿中发生率高达35%^[15],可导致远期神经损伤风险增加和死亡率上升。症状性PHH导致的颅内压升高可伴有更为严重的脑室周围白质损伤^[16]。虽然头围、囟门张力和颅缝张开度作为测量指标的可靠性有限,但可用于评估同一患儿的疾病进展,其中矢状缝宽度增加是颅内压升高最可靠的标志^[16]。此外,部分颅内压升高的患儿还会出现呼吸暂停、心动过缓、嗜睡及活动减少等非特异性体征。

头颅超声检查对IVH早期发现和监测意义重大。实时超声对发现PHVD/PHH具备良好的敏感度和特异性,是常用的可靠诊断方法。目前临床通常依据Levene和Starke^[17]制定的相应胎龄(26~42周)脑室指数参考范围来判断是否存在PHVD/PHH。

CT、MR也可对重度IVH及其合并症作出明确诊断,且在诊断脑室周边其他伴随损害方面优于颅脑超声。但由于搬运不便和具有辐射、检查时间长等缺陷,并非首选的理想筛查和诊断手段。若病情需要且条件允许,可考虑通过CT/MR进一步辅助诊断与治疗。

3 PHVD/PHH 的治疗

3.1 治疗阈值

推荐意见2:建议将脑室指数>第97百分位数且趋向于第97百分位数+4 mm作为启动PHVD/PHH干预的参考阈值(强推荐, B级证据)。

PHVD/PHH的最佳干预时机尚未完全明确。脑室指数被作为干预决策的重要依据,通常当脑室指数超过第97百分位数+4 mm时启动治疗^[18]。不过,近期研究表明,早期治疗,即在脑室指数处于第97百分位数~第97百分位数+4 mm间实施干预或有助于改善患儿预后^[19,20]。

de Vries等^[19]研究结果显示,接受晚期治疗的患儿需接受脑室-腹腔(ventriculo-peritoneal, V-P)分流术,且在2年后随访时神经发育结局最差。Brouwer等^[20]进行的观察性研究也得出类似结论,在第97百分位数+4 mm阈值前接受治疗的患儿,在2年后的随访中展现出更高的发育商。

近期的随机对照试验(randomized controlled trial, RCT)研究—Early versus Late Ventricular Intervention Study (ELVIS)结果也表明,尽管早期干预(脑室扩张超过第97百分位数或侧脑室宽度>6 mm)与晚期干预(脑室扩张超过第97百分位数+4 mm或侧脑室宽度>10 mm)在V-P分流或死亡的主要综合结局方面无显著差异,但早期干预组致残率更低。在24个月矫正年龄时,晚期干预组的死亡或残疾综合不良率达51%,而早期干预组仅为35%^[21]。综合上述研究证据,早期干预对改善患儿预后非常重要。

3.2 治疗策略

推荐意见3:当患儿达到早期治疗阈值时,可先行暂时性手术治疗,若病情持续进展且符合手术条件,则可转为永久性手术治疗(强推荐, C级证据)。

当患儿体质量较低、IVH出血量较大、脑脊液蛋白水平偏高,或合并新生儿坏死性小肠结肠炎或腹腔内感染等情况,身体状况无法耐受永久性分流手术,可采取暂时性手术治疗策略,后续视病情发展和身体条件再行永久性分流手术。研究显示,经暂时性手术治疗后最终接受永久性手术治疗的患儿占50%~88%^[22,23]。较低的胎龄和出生体质量与分流手术失败率升高、术后死亡率上升密切相关^[24]。低出生体质量患儿若过早进行V-P分流手术,更易发生感染和分流阻塞问题,导致多次重复手术^[25]。由于部分患儿脑室扩大有自行缓解可能,且早期V-P分流手术失败率和并发症发生率较高,建议优先采用有效的暂时性手术治疗方式,后续若病情仍进展,且身体发育耐受转好后,再考虑进行永久性手术治疗。

3.3 药物治疗

推荐意见4:不建议将乙酰唑胺和呋塞米用于PHVD/PHH早产儿的治疗(强推荐, B级证据)。

目前研究证实,乙酰唑胺和呋塞米治疗早产儿PHVD/PHH会显著增加神经系统并发症发生率和死亡风险^[26,27]。国际PHVD药物试验组报告显示,相较于标准治疗,乙酰唑胺与呋塞米联合治疗不仅使分流手术率提升,还导致神经系统疾病发病率明显增高^[26]。另一项研究也指出,使用乙酰唑胺和呋塞米治疗PHVD,未降低分流器置入率,还可致使神经系统并发症发生率上升^[27]。故不推荐乙酰唑胺和呋塞米作为早产儿PHVD/PHH的治疗手段。

推荐意见5:不推荐单纯通过脑室内给予溶栓药物(如重组组织型纤溶酶原激活剂、尿激酶和链激酶)来降低PHVD/PHH早产儿实施V-P分流手术的需求(强推荐, A级证据)。

尽管有研究者提出,早期应用纤溶剂或可预防脑积水进展,进而减少永久性分流需求^[28],但多项针对不同脑室内药物(如重组组织型纤溶酶原激活剂、尿激酶和链激酶)的研究均未能证实其有效性^[29]。2007年的一项系统评价对比了脑室内出血后给予链激酶与保守治疗对PHVD/PHH新生儿的影响,结果显示,两组在死亡人数和需行永久性分流人数上无显著差异;且该研究未涉及脑室内链激酶对神经发育障碍影响的相关评估。此外,研究还发现,链激酶会增加脑膜炎和继发性IVH的发生风险,因此不建议脑室内注射链激酶治疗早产儿PHVD/PHH^[28]。

另一项病例对照试验显示,接受脑室内链激酶治疗的患儿中最终需要行永久性分流者比例增高^[30]。综上所述,目前不建议单纯实施脑室内纤溶治疗PHVD/PHH早产儿。

3.4 暂时性手术治疗

暂时性手术治疗包括腰椎穿刺术(lumbar puncture, LP)、直接经囟门脑室穿刺术、脑室外引流术(external ventricular drainag, EVD)、脑室储液囊(ventricular access device, VAD)置入、脑室帽状腱膜下分流(ventriculosubgaleal shunt, VSGS)等。这些方法各有优劣,临床实践中需综合评估风险与获益,合理选择使用。

推荐意见6:不建议将连续LP、直接脑室穿刺抽取脑脊液作为PHVD/PHH的常规治疗手段(强推荐, A级证据)。

既往观点认为,连续LP抽取脑脊液能够降低颅内压,清除蛋白质和血液,进而维持脑脊液的正常循环与吸收。但每次穿刺仅能排出10 ml/kg的脑脊液,可能不足以有效缓解脑室扩张且多次穿刺成功率降低,难以保证引流量。有文献指出,如果实施LP3次后脑室扩张仍持续进展,应考虑其他干预措施。此外,当脑室与腰椎蛛网膜下腔不通畅(如导水管狭窄)时,LP并不适用^[11]。

尽管LP目前仍被用于PHVD/PHH的早期治疗,但多项研究表明,LP治疗既未显著降低永久性分流

的概率,也无法有效抑制病情进展^[31],仅在即时脑脊液取样或临时降低颅内压时具有一定作用。而且反复进行LP可能增加后续分流感染风险^[32]。系统评价也证实,常规采用连续LP治疗,在减少残疾、死亡或永久性分流方面并无明显益处^[33]。因此,不推荐将LP作为PHVD/PHH的常规治疗方法。

系统评价显示,脑室穿刺无法降低残疾、死亡风险,也不能减少永久性分流需求^[33];反复经皮质脑室穿刺还可能引发脑脊液感染、颅内出血或囊性脑软化等并发症^[33]。故目前尚无证据支持通过反复直接脑室穿刺控制PHVD/PHH,仅在紧急情况如外科脑室导管放置禁忌、无法进入手术室、脑脊液感染且患者生命垂危,同时无其他可用方法时,才考虑使用。

推荐意见7:EVD是治疗PHVD/PHH的有效方案之一,但并非首选(强推荐, B级证据)。

EVD通过在侧脑室前角置入导管,并连接外部可调节引流系统进行脑脊液引流,是PHVD/PHH的有效治疗手段。该技术的核心优势在于无需反复穿刺,可持续、有效地排出足量脑脊液,从而降低颅内压、缓解脑室扩张,并清除血凝块和蛋白物质。研究显示,应用EVD可将PHVD/PHH早产儿的永久性分流率降至50%以下^[34]。但其缺点也较为突出,包括易引发感染,需频繁检测脑脊液,存在穿刺导管阻塞及移位、EVD出口脑脊液渗漏、过度引流及硬膜下积液等风险^[18,35,36]。据报道,EVD感染率为5.4%~40.0%^[18,35,36],感染来源主要涉及皮肤菌群侵袭、引流系统污染或逆行感染^[34],引流管留置时间超过5 d是发生感染的重要因素^[37,38]。此外,IVH、皮肤隧道过短、EVD反复置入、违反操作规范、切口或导管出口脑脊液渗漏、术中未预防性应用抗生素、脑脊液采样频繁等也会增加感染风险^[39]。鉴于EVD术后切口护理要求高且存在诸多弊端,因此不推荐EVD作为PHVD/PHH的首选治疗方法。

推荐意见8:不推荐引流、冲洗和纤溶治疗(drainage, irrigation, and fibrinolytic therapy, DRIFT)常规用于治疗PHVD/PHH,但其长期疗效值得关注(弱推荐, B级证据)。

DRIFT旨在通过清除血凝块,减少脑脊液吸收障碍;同时引流含有促炎细胞因子、铁和自由基的脑脊液,降低脑室内压力,进而减轻大脑继发性损伤,最终

降低 PHVD/PHH 的死亡率及严重认知、运动和感觉障碍发生率^[40]。

一项前瞻性 RCT 研究—DRIFT 试验结果显示,6 个月时两组 V-P 分流率和死亡率无显著差异, DRIFT 治疗组严重认知障碍发生率显著低于标准治疗组,且死亡和严重认知障碍情况均有所改善^[41]。后续对部分患者长达 10 年的随访结果显示,两组死亡率无显著差异, DRIFT 治疗组患儿的平均发育商显著高于标准治疗组,认知能力提升幅度达 30%^[6]。

尽管 DRIFT 未能降低 6 个月时的 V-P 分流率和死亡率,却是首个被证实可持续改善 PHVD/PHH 早产儿认知能力的干预措施。尽管该方法具有侵入性且技术要求高,但其远期疗效显著,值得进一步优化与深入研究。

推荐意见 9:在永久性手术治疗前,优先推荐采用 VAD 置入作为暂时性手术治疗措施(强推荐,C 级证据)。

VAD 置入可直接从侧脑室抽取脑脊液^[33]。借助 VAD,能够根据临床需求,间歇性或连续性经皮抽取脑脊液^[23,42]。操作时应采用无菌技术,以 1 ml/min 的速度抽取,抽取脑脊液的量和频率需依据囟门压力、临床症状及颅脑超声结果进行调整,一般为 10~30 ml/(kg·d),目标是在 7~10 d 内将脑室指数降至第 97 百分位数^[43]。

通过间歇性抽取储液囊内脑脊液,有可能避免分流手术^[42]。虽然接受 VAD 置入治疗后需 V-P 分流的比例仍高达 75%~88%,但当分流手术条件尚不具备时,VAD 置入可减轻血液对脑组织的损伤、缓解颅内高压,同时便于脑脊液取样和颅内给药^[23]。然而,VAD 置入也存在导致脑脊液渗漏及感染、皮肤坏死,以及电解质和液体丢失等并发症,其中脑脊液感染发生率约为 9.5%^[23,35,44];反复抽取脑脊液还可引发低钠血症,应注意监测电解质并予以补充^[45]。

一项回顾性研究报道了 147 例 VAD 置入患儿,永久性分流率为 69%,VAD 置入相关并发症发生率为 22%^[23,46]。循证研究表明,在降低手术并发症发生率和死亡率方面,VAD 置入优于 EVD^[29]。我国一项纳入 12 例极低出生体质量儿的回顾性研究显示,接受 VAD 置入治疗 PHVD 后,11 例存活患儿中,7 例未出现脑室进行性扩大,4 例发展为脑积水并接受 V-P 分流术;VAD 置入相关并发症发生率为 50%^[47]。以上

研究显示,VAD 置入是 PHVD/PHH 早产儿较好的临时治疗措施,但仍需注意预防并发症。

推荐意见 10:推荐将 VSGS 作为永久性手术前的暂时性手术治疗措施之一(弱推荐,B 级证据)。

VSGS 是将导管置入扩张的侧脑室,固定于硬脑膜后,置入手术构建的帽状腱膜下储液腔的手术方式^[35]。这种低压、连续且符合生理特性的脑脊液引流方式可有效降低颅内压,通过持续引流血性物质,减少对分流手术的依赖^[18,48]。VSGS 因操作简便、耗时短而被众多医疗机构所采用。相较于 VAD 置入,VSGS 无需反复抽取脑脊液,避免了电解质和营养物质流失,也降低了提前拔管的风险^[42,48];同时,由于其封闭的脑脊液引流系统和无外部导管设计,感染率低于 EVD^[49]。不过,VSGS 也存在一些并发症,包括脑脊液切口渗漏、脑膜炎、装置故障、导管移位或滑入脑室,以及脑实质内出血等。其中,渗漏率为 4.7%~32%,感染发生率约为 8%,其他并发症相对少见;60%~85% 的患儿最终仍需接受永久性 V-P 分流术^[35]。

一项标准化前瞻性研究—HCRN 对比了 VAD 置入与 VSGS 的疗效,结果显示,两者 180 d 内永久性分流率及感染率均无显著差异^[50]。VAD 置入与 VSGS 尽管生理机制不同,但临床疗效无显著差异,其选择多依赖医师经验及机构规范^[29]。目前国内 VSGS 开展较少,主因患儿家长接受度低。

推荐意见 11:不推荐内镜下脑室灌洗作为 PHVD/PHH 的常规治疗方法,尽管研究显示具有一定的治疗潜力(弱推荐,C 级证据)。

基于 DRIFT 试验患儿 2 年预后结果,以及清除脑室内出血可减轻促炎因子、铁、自由基等对脑组织损伤的证据,内镜下脑室灌洗被提议可作为 PHVD/PHH 的早期治疗手段^[51]。相较于传统暂时性手术治疗,内镜下脑室灌洗的优势为可直视下清除脑室内凝血块,及时处理术中再出血^[52];一项回顾性研究显示,内镜下脑室灌洗有助于降低永久 V-P 分流率和死亡率,但研究存在设计局限、样本量小等问题^[53],故目前缺乏足够证据支持常规使用^[54]。此外,内镜下脑室灌洗依赖专用设备与专业神经外科团队,技术门槛高;尤其是缺乏适用于早产儿的专用内镜系统,限制了该技术的应用。

3.5 永久性手术治疗

PHVD/PHH 患儿若暂时性手术治疗无效且生长

发育达一定阶段,需评估是否需行永久性手术治疗。常见方式包括 V-P 分流、脑室-心房(ventriculo-atrial, V-A)分流及内镜下第三脑室造瘘术(endoscopic third ventriculostomy, ETV)。

3.5.1 V-P分流手术

推荐意见 12: V-P 分流仅作为暂时性手术治疗无效的进展型 PHH 的最终治疗手段,若经暂时性手术治疗后头围仍进行性增大(>2 mm/d),或脑室指数超过第 97 百分位数+4 mm,应尽早实施 V-P 分流(强推荐, B 级证据)。

V-P 分流是进展型 PHH 公认的最佳治疗方法^[18],但因早产儿免疫不成熟、腹膜脑脊液吸收不足、皮肤脆弱,极少作为初始治疗,仅在用 LP、EVD、VAD 置入或 VSGS 等暂时性手术治疗无法遏制 PHH 进展时,才考虑 V-P 分流^[11,16]。研究显示,IVH 分级与 V-P 分流率显著相关: I、II 级 IVH 仅有 1% 需分流, III、IV 级达 18%~29%^[20,55]。目前暂时性手术治疗转为永久性 V-P 分流时机无统一标准,但脑室大小、头围扩大是公认的关键指标。如脑室指数超过第 97 百分位数+4 mm,或头围增长 ≥ 2 mm/d,常提示慢性颅内压增高,可考虑永久性分流。若延误至出现囟门扩大、骨缝分离、落日征等典型症状再手术,将严重影响神经预后^[11]。

推荐意见 13: 推荐当患儿体质量 $>1\ 500$ g、脑脊液蛋白 <10 g/L 时进行分流手术(弱推荐, C 级证据)。

早产儿 PHH 实施永久性 V-P 分流的适宜体质量及脑脊液蛋白含量仍存在争议。体质量是评估早产儿 PHH 实施永久性 V-P 分流可行性的重要标准,但关于行 V-P 分流的适宜体质量,学界观点不一:部分建议 $>2\ 500$ g^[11],部分认为 $>2\ 000$ g 合适^[56],也有报告称 $>1\ 500$ g 手术效果良好^[18,57]。另有研究将 $>1\ 500$ g 定为安全标准^[58]。虽然低体质量可更早干预以减轻继发脑损伤,但会增加手术难度与分流感染风险^[56]。因此,尽管各医疗中心评估标准有差异,总体上体质量 $>1\ 500$ g 常被视为实施 V-P 分流的基本条件。

脑脊液蛋白含量同样是决定 V-P 分流时机的重要因素。一方面,脑脊液蛋白浓度过高可能导致分流管堵塞;另一方面,关于 V-P 分流的理想脑脊液蛋白含量尚无定论,仅存在 1.5~10 g/L 的建议范围^[11]。更低的脑脊液蛋白浓度虽有助于降低分流管堵塞风险,但可能延误最佳手术时机,对患儿不利。实践中需结

合患儿具体情况综合判断;若手术较为急迫,当脑脊液蛋白 <10 g/L 时,即可考虑实施 V-P 分流。

推荐意见 14: 应通过积极有效的早期干预、严格无菌操作以及规范手术流程,来降低 V-P 分流相关并发症发生率(强推荐, A 级证据)。

V-P 分流并发症可归为 4 类:分流装置相关(分流管堵塞/移位/断裂/腹腔盘曲、阀门堵塞或功能丧失),感染与漏液(感染、脑脊液渗漏),组织损伤(脏器损伤、脑组织损伤、切口裂开),其他如癫痫、硬膜下积液或血肿、分流管脱出、分流不足或过度(裂隙脑室综合征)等,其中许多需二次及以上手术,部分需更换分流管^[59]。研究显示,并发症最常出现在分流器放置后的 6~12 个月^[60]。主要 V-P 分流相关并发症见表 1。通过开展早期干预、合理实施暂时性手术治疗、严格落实无菌操作以及规范手术流程,可显著降低 V-P 分流相关并发症的发生率。

3.5.2 V-A分流手术

推荐意见 15: 不建议将 V-A 分流作为进展型 PHH 的首选治疗方案(强推荐, B 级证据)。

由于儿童 V-A 分流术后并发症多发, V-A 分流主要用作存在腹部吸收障碍、腹膜结核等问题患儿的 V-P 分流的替代治疗方案^[68],不作为进展型 PHH 首选治疗。

V-A 分流早期并发症包括心律失常、气胸、血栓形成、心内膜炎或肺血栓栓塞^[69]。迟发性并发症则包括成长中儿童的分流管尖端移位、分流性肾炎、静脉血栓形成、分流尖端闭塞导致的延迟性分流闭塞、危及生命的肺源性微血栓栓塞等^[70,71]。

推荐意见 16: 不推荐将 ETV 用于治疗早产儿 PHVD/PHH (强推荐, B 级证据)。

PHH 通常被认为是由脑室蛛网膜颗粒和脑室管膜下层的炎症、纤维化引发,进而导致脑脊液循环和吸收障碍。早产儿 PHH 兼具交通性和非交通性脑积水的病理机制^[72]。ETV 通过为脑脊液循环开辟新通道,已被证实对阻塞性脑积水有效,但在 1 岁以下患儿,以及由感染后、出血后或脊髓脊膜膨出导致的脑积水治疗中,成功率较低^[73]。

ETV 联合脉络丛烧灼术(choroid plexus cauterization, CPC)或可提高 ETV 治疗感染后脑积水的成功率,但新生儿 PHH 接受 ETV 治疗难度更大,其成功率受多

表 1 V-P 分流相关并发症

并发症类型	特点	原因 / 关联因素	预防及处理措施
分流通管堵塞 ^[61,62]	最常见, 腹腔端堵塞多于脑室端	脑室端: 脉络丛包裹、置管不当、针对诱因处理 (如调整管位、抗感染); 感染、脑脊液蛋白过高、颅内出血、脑组织碎片 腹腔端: 腹腔炎症、管体弯曲打折、大网膜包裹	防控需结合感染预防
感染 ^[63,64]	发生率为 4%~10%; 可致脑脊液浑浊, 有絮状物, 诱发分流通管堵塞; 伴皮肤发红、积脓或坏死	手术操作污染、术后护理不当	拔除分流通管 + 留置外引流 + 抗感染, 择期重做手术; 防控: 严格无菌操作 + 使用抗生素涂层分流通管
分流通管外露 ^[65,66]	可发生于头、颈、腹部切口、肚脐、膀胱、肛门等部位	感染致切口愈合不良、肠道等器官发育不成熟、低体质量	控制感染、改善营养, 必要时调整或更换分流通管
硬膜下积液或血肿 ^[67]	发生率为 1%~3%, 儿童发生率高于成人	术前脑室体积过大	前期设定较高分流压力, 再逐步下调至合适范围
裂隙脑室综合征	因脑脊液引流过多引发; 婴儿脑组织软、颅内顺应性高, 更易发病; 随脑组织成熟风险降低	分流过度引流	暂时性手术治疗能稳定病情时, 可延迟 V-P 分流, 为脑组织成熟争取时间
分流通管断裂、脏器损伤、穿刺致脑组织损伤、癫痫	发生率相对较低; 与手术操作密切相关	手术操作不精细	推行精细化手术操作

注: V-P 分流: 脑室 - 腹腔 (ventriculo-peritoneal) 分流。

种因素影响, 脑桥前池瘢痕形成、年龄较小均与 ETV 及 ETV/CPC 治疗失败密切相关^[74]。因此, 不推荐使用 ETV 治疗早产儿 PHVD/PHH。

3.6 干细胞治疗

推荐意见 17: 干细胞可能有益于 IVH 及 PHVD/PHH 的治疗或预防, 但尚需更多证据支持 (弱推荐, B 级证据)。

IVH 发生后的一种潜在损伤机制是室管膜脑室区遭到破坏, 继而引发神经干细胞缺失^[75]。研究发现, 间充质干细胞 (mesenchymal stem cell, MSC) 治疗能够减轻 IVH 诱导的新生大鼠模型脑损伤^[76], 这可能得益于移植的 MSC 分泌的脑源性神经营养因子发挥作用^[77]。

在极早产儿 I 期 RCT 研究中, MSC 用于治疗 IVH 相关脑损伤展现出安全性和可行性^[77], 这为同种异体 MSC 脑室内移植治疗重度 IVH 带来了希望。该疗法被认为有望减轻 IVH 后的脑损伤, 并阻止 PHH 的进展。目前, 一项评估脐带血来源 MSC 有效性和安全性的 II 期 RCT 研究正在开展, 该试验聚焦于胎龄 23~34 周的重度 IVH 早产儿, 主要观察指标为矫正胎龄 40 周时的死亡情况或是否接受分流手术^[78]。然而, 总体来看, 干细胞治疗仍处于临床研究阶段, 现有证据尚不充分, 亟需更多人体临床试验, 以获取关于

MSC 治疗获益与风险的有力证据^[79]。

4 PHVD/PHH 的预后

推荐意见 18: 推荐积极且规范的手术干预联合神经康复治疗, 以改善 PHVD/PHH 患儿预后 (强推荐, A 级证据)。

当 IVH 合并 PHVD/PHH 时, 患儿神经发育不良风险显著上升。60% PHVD 患儿经自发恢复或治疗后病情稳定, 但 5% 可能数月后发展为进展型脑积水, 故建议至少随访 1 年^[80]。研究显示, IVH 引发的 PHVD 使神经发育迟滞风险增加 3~4 倍; PHVD 未伴回声致密病变或囊肿时脑瘫发生率为 40%, 存在实质梗死时达 90%^[80,81]。20 世纪 90 年代人群研究显示, 脑积水儿童预后 (学习障碍、脑瘫、癫痫) 差于脊髓脊膜膨出儿童, 出生即脑积水、低胎龄、围产期发病、随访时脑室持续增大及多次分流调整均为预后不良因素^[82]。

但最新研究显示, 随着多学科新生儿护理与干预的加强, PHVD/PHH 患儿神经认知结局明显改善^[83]。一项回顾性研究纳入 32 例因重度 IVH 和 PHVD/PHH 接受神经外科干预的早产儿, 在其 5~8 岁时评估, 结果显示, 59.4% 患儿预后良好 (无严重认知或运动缺陷); III 度 IVH 患儿均未发展为脑瘫, 仅 39% 患儿有轻微运动障碍问题; 所有患儿平均智商为 93.4, 智商 < 85 者占 29%, IVH 组与无 IVH 的对照组相比, 认知无

显著差异^[84]。因此,对 PHVD/PHH 患儿应积极进行手术干预并联合神经康复治疗,以改善预后。

5 小结

本共识基于当前国内外早产儿 IVH 引发的 PHVD/PHH 相关文献,针对 IVH 分级及相关定义、PHVD/PHH 发生情况与监测、PHVD/PHH 的治疗及预后方面提供推荐意见(表 2),旨在为新生儿神经系统疾病相关专业人员就早产儿 IVH 引发的 PHVD/PHH 的规范管理提供理论与实践指导。该共识仅推荐作为参考,不具有法律效力,内容也将随着医学发展和医学证据的增多而定期更新。

执笔专家:张洪钿(解放军总医院儿科医学部儿童神经外科)、李秋平(解放军总医院儿科医学部新生儿科)、韩涛(解放军总医院儿科医学部新生儿科)、梁明(解放军总医院儿科医学部儿童神经外科)、黄柳明(首都医科大学附属北京儿童医院急诊外科)、

马杰(上海交通大学医学院附属新华医院儿童神经外科)、封志纯(解放军总医院儿科医学部新生儿科)、母得志(四川大学华西第二医院新生儿科)

参与讨论的专家(排名不分先后):单娇(河南省妇幼保健院儿童神经外科)、封志纯(解放军总医院儿科医学部新生儿科)、葛明(首都医科大学附属北京儿童医院神经外科)、韩涛(解放军总医院儿科医学部新生儿科)、贺晓生(空军军医大学西京医院神经外科)、黄柳明(首都医科大学附属北京儿童医院急诊外科)、李广(解放军总医院儿科医学部新生儿外科)、李秋平(解放军总医院儿科医学部新生儿科)、梁明(解放军总医院儿科医学部儿童神经外科)、马杰(上海交通大学医学院附属新华医院儿童神经外科)、母得志(四川大学华西第二医院新生儿科)、沈志鹏(浙江大学医学院附属儿童医院神经外科)、汪永新(新疆医科大学第一附属医院儿童神经外科)、

表 2 《早产儿脑室内出血后脑室扩张/脑积水管理专家共识(2025)》共识意见、推荐强度和证据等级汇总表			
编号	共识意见	推荐强度	证据等级
1	超声可作为 PHVD/PHH 诊断和治疗的重要依据,早产儿应常规开展动态头颅超声检查,以便早期发现并监测颅内病情进展。若病情有需要且条件允许,也可考虑采用 CT/MR 进一步辅助诊断	强推荐	A 级证据
2	建议将脑室指数 > 第 97 百分位数且趋向于第 97 百分位数 +4 mm 作为启动 PHVD/PHH 干预的参考阈值	强推荐	B 级证据
3	当患儿达到早期治疗阈值时,可先行暂时性手术治疗,若病情持续进展且符合手术条件,则可转为永久性手术治疗	强推荐	C 级证据
4	不建议将乙酰唑胺和呋塞米用于 PHVD/PHH 早产儿的治疗	强推荐	B 级证据
5	不推荐单纯通过脑室内给予溶栓药物(如重组组织型纤溶酶原激活剂、尿激酶和链激酶)来降低 PHVD/PHH 早产儿实施 V-P 分流手术的需求	强推荐	A 级证据
6	不建议将连续 LP、直接脑室穿刺抽取脑脊液作为 PHVD/PHH 的常规治疗手段	强推荐	A 级证据
7	EVD 是治疗 PHVD/PHH 的有效方案之一,但并非首选	强推荐	B 级证据
8	不推荐 DRIFT 常规用于治疗 PHVD/PHH,但其长期疗效值得关注	弱推荐	B 级证据
9	在永久性手术治疗前,优先推荐采用 VAD 置入作为暂时性手术治疗措施	强推荐	C 级证据
10	推荐将 VSGS 作为永久性手术前的暂时性手术治疗措施之一	弱推荐	B 级证据
11	不推荐内镜下脑室灌注作为 PHVD/PHH 的常规治疗方法,尽管研究显示出一定的治疗潜力	弱推荐	C 级证据
12	V-P 分流仅作为暂时性手术治疗无效的进展型 PHH 的最终治疗手段,若经暂时性手术治疗后头围仍进行性增大(>2 mm/d),或脑室指数超过第 97 百分位数 +4 mm,应尽早实施 V-P 分流	强推荐	B 级证据
13	推荐当患儿体质量 >1 500 g、脑脊液蛋白 <10 g/L 时进行分流手术	弱推荐	C 级证据
14	应通过积极有效的早期干预、严格无菌操作以及规范手术流程,来降低 V-P 分流相关并发症发生率	强推荐	A 级证据
15	不建议将 V-A 分流作为进展型 PHH 的首选治疗方案	强推荐	B 级证据
16	不推荐将 ETV 用于治疗早产儿 PHVD/PHH	强推荐	B 级证据
17	干细胞可能有益于 IVH 及 PHVD/PHH 的治疗或预防,但尚需更多证据支持	弱推荐	B 级证据
18	推荐积极且规范的手术干预联合神经康复治疗,以改善 PHVD/PHH 患儿预后	强推荐	A 级证据

注:PHVD/PHH:出血后脑室扩张/脑积水(posthemorrhagic ventricular dilatation/posthemorrhagic hydrocephalus);V-P 分流:脑室-腹腔(ventriculo-peritoneal)分流;LP:腰椎穿刺术(lumbar puncture);EVD:脑室外引流术(external ventricular drainag);DRIFT:引流、冲洗和纤溶治疗(drainage, irrigation, and fibrinolytic therapy);VAD:脑室储液囊(ventricular access device);VSGS:脑室帽状腱膜下分流(ventriculosubgaleal shunt);V-A 分流:脑室-心房(ventriculo-atrial)分流;ETV:内镜下第三脑室造瘘术(endoscopic third ventriculostomy);IVH:脑室内出血(intraventricular hemorrhage)。

王杭州(苏州大学附属儿童医院神经外科)、王新军(河南省妇幼保健院儿童神经外科)、姚红新(北京大学第一医院小儿外科)、张洪钿(解放军总医院儿科医学部儿童神经外科)、张松(杭州市儿童医院神经外科)、张旺明(南方医科大学珠江医院儿童神经外科)、曾高(首都医科大学宣武医院儿童神经外科)

利益冲突 所有作者声明不存在利益冲突

参考文献

- [1] ZHU Z, YUAN L, WANG J, et al. Mortality and morbidity of infants born extremely preterm at tertiary medical centers in China from 2010 to 2019 [J]. JAMA Netw Open, 2021, 4(5): e219382.
- [2] WALANI S R. Global burden of preterm birth [J]. Int J Gynaecol Obstet, 2020, 150(1): 31-33.
- [3] GILARD V, TEBANI A, BEKRI S, et al. Intraventricular hemorrhage in very preterm infants: a comprehensive review [J]. J Clin Med, 2020, 9(8): 2447.
- [4] CAO Y, JIANG S, SUN J, et al. Assessment of neonatal intensive care unit practices, morbidity, and mortality among very preterm infants in China [J]. JAMA Netw Open, 2021, 4(8): e2118904.
- [5] CHRISTIAN E A, JIN D L, ATTENELLO F, et al. Trends in hospitalization of preterm infants with intraventricular hemorrhage and hydrocephalus in the United States, 2000-2010 [J]. J Neurosurg Pediatr, 2016, 17(3): 260-269.
- [6] LUYT K, JARY S L, LEA C L, et al. Drainage, irrigation and fibrinolytic therapy (DRIFT) for posthaemorrhagic ventricular dilatation: 10-year follow-up of a randomised controlled trial [J]. Arch Dis Child Fetal Neonatal Ed, 2020, 105(5): 466-473.
- [7] GUYATT G H, ALONSO-COELLO P, SCHÜNEMANN H J, et al. Guideline panels should seldom make good practice statements: guidance from the GRADE Working Group [J]. J Clin Epidemiol, 2016, 80: 3-7.
- [8] EGESA W I, ODOCH S, ODONG R J, et al. Germinal matrix-intraventricular hemorrhage: a tale of preterm infants [J]. Int J Pediatr, 2021, 2021: 6622598.
- [9] PAPILE L A, BURSTEIN J, BURSTEIN R, et al. Incidence and evolution of subependymal and intraventricular hemorrhage: a study of infants with birth weights less than 1,500 g [J]. J Pediatr, 1978, 92(4): 529-534.
- [10] WHITELAW A, THORESEN M, POPLI I. Posthaemorrhagic ventricular dilatation [J]. Arch Dis Child Fetal Neonatal Ed, 2002, 86(2): F72-F74.
- [11] WHITELAW A, AQUILINA K. Management of posthaemorrhagic ventricular dilatation [J]. Arch Dis Child Fetal Neonatal Ed, 2012, 97(3): F229-F223.
- [12] NAVIDI A, DE BOISSIEU P, MANNES I, et al. Periventricular hemorrhagic infarction (PVHI) associated with intraventricular hemorrhage (IVH) in premature infants: outcome at 2 years of age [J]. Arch Pediatr, 2022, 29(6): 459-466.
- [13] LEIJSER L M, DE VRIES L S. Preterm brain injury: germinal matrix-intraventricular hemorrhage and post-hemorrhagic ventricular dilatation [J]. Handb Clin Neurol, 2019, 162: 173-199.
- [14] MURPHY B P, INDER T E, ROOKS V, et al. Posthaemorrhagic ventricular dilatation in the premature infant: natural history and predictors of outcome [J]. Arch Dis Child Fetal Neonatal Ed, 2002, 87(1): F37-F41.
- [15] KAZAN S, GURA A, UCAR T, et al. Hydrocephalus after intraventricular hemorrhage in preterm and low-birth weight infants: analysis of associated risk factors for ventriculoperitoneal shunting [J]. Surg Neurol, 2005, 64 (Suppl 2): S77-S81.
- [16] ROBINSON S. Neonatal posthemorrhagic hydrocephalus from prematurity: pathophysiology and current treatment concepts [J]. J Neurosurg Pediatr, 2012, 9(3): 242-258.
- [17] LEVENE M I, STARTE D R. A longitudinal study of post-haemorrhagic ventricular dilatation in the newborn [J]. Arch Dis Child, 1981, 56(12): 905-910.
- [18] SHOOMAN D, PORTESS H, SPARROW O. A review of the current treatment methods for posthaemorrhagic hydrocephalus of infants [J]. Cerebrospinal Fluid Res, 2009, 6: 1.
- [19] DE VRIES L S, LIEM K D, VAN DIJK K, et al. Early versus late treatment of posthaemorrhagic ventricular dilatation: results of a retrospective study from five neonatal intensive care units in the Netherlands [J]. Acta Paediatr, 2002, 91(2): 212-217.
- [20] BROUWER A, GROENENDAAL F, VAN HAASTERT I L, et al. Neurodevelopmental outcome of preterm infants with severe intraventricular hemorrhage and therapy for post-hemorrhagic ventricular dilatation [J]. J Pediatr, 2008, 152(5): 648-654.
- [21] CIZMECI M N, GROENENDAAL F, LIEM K D, et al. Randomized controlled early versus late ventricular intervention study in posthemorrhagic ventricular dilatation: outcome at 2 years [J]. J Pediatr, 2020, 226: 28-35.e3.
- [22] GASKILL S J, MARLIN A E, RIVERA S. The subcutaneous ventricular reservoir: an effective treatment for posthemorrhagic hydrocephalus [J]. Childs Nerv Syst, 1988, 4(5): 291-295.
- [23] JIAN L, HANG-SONG S, ZHENG-LANG L, et al. Implantation of Ommaya reservoir in extremely low weight premature infants with posthemorrhagic hydrocephalus: a cautious option [J]. Childs Nerv Syst, 2012, 28(10): 1687-1691.
- [24] AGARWAL N, SHUKLA R M, AGARWAL D, et al. Pediatric ventriculoperitoneal shunts and their complications: an analysis [J]. J Indian Assoc Pediatr Surg, 2017, 22(3): 155-157.
- [25] CHITTIBOINA P, PASIEKA H, SONIG A, et al. Posthemorrhagic hydrocephalus and shunts: what are the predictors of multiple revision surgeries? [J]. J Neurosurg Pediatr, 2013, 11(1): 37-42.
- [26] International PHVD Drug Trial Group. International randomised controlled trial of acetazolamide and furosemide in posthaemorrhagic ventricular dilatation in infancy [J]. Lancet, 1998, 352(9126): 433-440.
- [27] KENNEDY C R, AYERS S, CAMPBELL M J, et al. Randomized, controlled trial of acetazolamide and furosemide in posthemorrhagic ventricular dilatation in infancy: follow-up

- at 1 year [J]. *Pediatrics*, 2001, 108(3): 597-607.
- [28] WHITELAW A, ODD D E. Intraventricular streptokinase after intraventricular hemorrhage in newborn infants [J]. *Cochrane Database Syst Rev*, 2007, 2007(4): CD000498.
- [29] MAZZOLA C A, CHOUDHRI A F, AUGUSTE K I, et al. Pediatric hydrocephalus: systematic literature review and evidence-based guidelines. Part 2: management of posthemorrhagic hydrocephalus in premature infants [J]. *J Neurosurg Pediatr*, 2014, 14 (Suppl 1): 8-23.
- [30] YAPICIOGLU H, NARLI N, SATAR M, et al. Intraventricular streptokinase for the treatment of posthaemorrhagic hydrocephalus of preterm [J]. *J Clin Neurosci*, 2003, 10(3): 297-299.
- [31] MULLER W, URLESBERGER B, MAURER U, et al. Serial lumbar tapping to prevent posthaemorrhagic hydrocephalus after intracranial haemorrhage in preterm infants [J]. *Wien Klin Wochenschr*, 1998, 110(18): 631-634.
- [32] BEHJATI S, EMAMI-NAEINI P, NEJAT F, et al. Incidence of hydrocephalus and the need to ventriculoperitoneal shunting in premature infants with intraventricular hemorrhage: risk factors and outcome [J]. *Childs Nerv Syst*, 2011, 27(6): 985-989.
- [33] WHITELAW A, LEE-KELLAND R. Repeated lumbar or ventricular punctures in newborns with intraventricular haemorrhage [J]. *Cochrane Database Syst Rev*, 2017, 4(4): CD000216.
- [34] BERGER A, WENINGER M, REINPRECHT A, et al. Long-term experience with subcutaneously tunneled external ventricular drainage in preterm infants [J]. *Childs Nerv Syst*, 2000, 16(2): 103-109.
- [35] KOKSAL V, OKTEM S. Ventriculosubgaleal shunt procedure and its long-term outcomes in premature infants with post-hemorrhagic hydrocephalus [J]. *Childs Nerv Syst*, 2010, 26(11): 1505-1515.
- [36] Infection in Neurosurgery Working Party of the British Society for Antimicrobial Chemotherapy. The management of neurosurgical patients with postoperative bacterial or aseptic meningitis or external ventricular drain-associated ventriculitis [J]. *Br J Neurosurg*, 2000, 14(1): 7-12.
- [37] LOZIER A P, SCIACCA R R, ROMAGNOLI M F, et al. Ventriculostomy-related infections: a critical review of the literature [J]. *Neurosurgery*, 2008, 62(Suppl 2): 688-700.
- [38] TUNKEL A R, HASBUN R, BHIMRAJ A, et al. 2017 infectious diseases society of America's clinical practice guidelines for healthcare-associated ventriculitis and meningitis [J]. *Clin Infect Dis*, 2017, 64(6): e34-e65.
- [39] KUBILAY Z, AMINI S, FAUERBACH L L, et al. Decreasing ventricular infections through the use of a ventriculostomy placement bundle: experience at a single institution [J]. *J Neurosurg*, 2013, 118(3): 514-520.
- [40] WHITELAW A, POPE I, CHERIAN S, et al. Phase 1 trial of prevention of hydrocephalus after intraventricular hemorrhage in newborn infants by drainage, irrigation, and fibrinolytic therapy [J]. *Pediatrics*, 2003, 111(4 Pt 1): 759-765.
- [41] WHITELAW A, JARY S, KMITA G, et al. Randomized trial of drainage, irrigation and fibrinolytic therapy for premature infants with posthemorrhagic ventricular dilatation: developmental outcome at 2 years [J]. *Pediatrics*, 2010, 125(4): e852-e858.
- [42] WELLONS J C, SHANNON C N, KULKARNI A V, et al. A multicenter retrospective comparison of conversion from temporary to permanent cerebrospinal fluid diversion in very low birth weight infants with posthemorrhagic hydrocephalus [J]. *J Neurosurg Pediatr*, 2009, 4(1): 50-55.
- [43] LIMBRICK D D JR, DE VRIES L S. New insights into the management of post-hemorrhagic hydrocephalus [J]. *Semin Perinatol*, 2022, 46(5): 151597.
- [44] BADHIWALA J H, HONG C J, NASSIRI F, et al. Treatment of posthemorrhagic ventricular dilation in preterm infants: a systematic review and meta-analysis of outcomes and complications [J]. *J Neurosurg Pediatr*, 2015, 16(5): 545-555.
- [45] TENBROCK K, KRIBS A, ROTH B, et al. Hyponatraemia as a consequence of serial liquor punctures in preterm infants with a ventricular access device after posthaemorrhagic hydrocephalus [J]. *Arch Dis Child Fetal Neonatal Ed*, 2003, 88(4): F351.
- [46] PERETTA P, RAGAZZI P, CARLINO C F, et al. The role of Ommaya reservoir and endoscopic third ventriculostomy in the management of post-hemorrhagic hydrocephalus of prematurity [J]. *Childs Nerv Syst*, 2007, 23(7): 765-771.
- [47] 盛汉松, 林振浪, 俞丽生, 等. 储液囊埋植引流治疗极低体重早产儿脑室内出血致脑积水的疗效分析[J]. *中华神经外科杂志*, 2012, 28(10): 1019-1023.
- [48] LAM H P, HEILMAN C B. Ventricular access device versus ventriculosubgaleal shunt in post hemorrhagic hydrocephalus associated with prematurity [J]. *J Matern Fetal Neonatal Med*, 2009, 22(11): 1097-1101.
- [49] KUO M F. Surgical management of intraventricular hemorrhage and posthemorrhagic hydrocephalus in premature infants [J]. *Biomed J*, 2020, 43(3): 268-276.
- [50] WELLONS J C 3RD, SHANNON C N, HOLUBKOV R, et al. Shunting outcomes in posthemorrhagic hydrocephalus: results of a hydrocephalus clinical research network prospective cohort study [J]. *J Neurosurg Pediatr*, 2017, 20(1): 19-29.
- [51] TURKMEN INANIR N, EREN F, AKGOZ S, et al. The importance of hemosiderin deposition in the infant brain: an autopsy study [J]. *Hippokratia*, 2015, 19(2): 164-171.
- [52] IDRIS Z, RAJ J, ABDULLAH J M. Early experience in endoscopic management of massive intraventricular hemorrhage with literature review [J]. *Asian J Neurosurg*, 2014, 9(3): 124-129.
- [53] TIRADO-CABALLERO J, RIVERO-GARVIA M, ARTEAGA-ROMERO F, et al. Neuroendoscopic lavage for the management of posthemorrhagic hydrocephalus in preterm infants: safety, effectivity, and lessons learned [J]. *J Neurosurg Pediatr*, 2020, 26(3): 237-246.
- [54] ETUS V, KAHIOGULLARI G, KARABAGLI H, et al. Early endoscopic ventricular irrigation for the treatment of neonatal posthemorrhagic hydrocephalus: A feasible treatment option or not? A multicenter study [J]. *Turk Neurosurg*, 2018, 28(1): 137-141.
- [55] ADAMS-CHAPMAN I, HANSEN N I, STOLL B J, et al. Neurodevelopmental outcome of extremely low birth weight infants with posthemorrhagic hydrocephalus requiring shunt insertion [J]. *Pediatrics*, 2008, 121(5): e1167-e1177.

- [56] REINPRECHT A, DIETRICH W, BERGER A, et al. Posthemorrhagic hydrocephalus in preterm infants: long-term follow-up and shunt-related complications [J]. Childs Nerv Syst, 2001, 17(11): 663-669.
- [57] PULIDO-RIVAS P, MARTINEZ-SARRIES F J, OCHOA M, et al. [Treatment of hydrocephalus secondary to intraventricular haemorrhage in preterm infants. A review of the literature] [J]. Rev Neurol, 2007, 44(10): 616-624.
- [58] BENZEL E C, REEVES J P, NGUYEN P K, et al. The treatment of hydrocephalus in preterm infants with intraventricular haemorrhage [J]. Acta Neurochir (Wien), 1993, 122(3-4): 200-203.
- [59] MERKLER A E, CH'ANG J, PARKER W E, et al. The rate of complications after ventriculoperitoneal shunt surgery [J]. World Neurosurg, 2017, 98: 654-658.
- [60] VLASAK A, OKECHI H, HORINEK D, et al. Pediatric ventriculoperitoneal shunts revision rate and costs in high-volume sub-Saharan department [J]. World Neurosurg, 2019, 130: e1000-e1003.
- [61] PAN P. Outcome analysis of ventriculoperitoneal shunt surgery in pediatric hydrocephalus [J]. J Pediatr Neurosci, 2018, 13(2): 176-181.
- [62] HASANAIN A A, ABDULLAH A, ALSAWY M F M, et al. Incidence of and causes for ventriculoperitoneal shunt failure in children younger than 2 years: a systematic review [J]. J Neurol Surg A Cent Eur Neurosurg, 2019, 80(1): 26-33.
- [63] YAKUT N, SOYSAL A, KEPENEKLI KADAYIFCI E, et al. Ventriculoperitoneal shunt infections and re-infections in children: a multicentre retrospective study [J]. Br J Neurosurg, 2018, 32(2): 196-200.
- [64] MALLUCCI C L, JENKINSON M D, CONROY E J, et al. Antibiotic or silver versus standard ventriculoperitoneal shunts (BASICS): a multicentre, single-blinded, randomised trial and economic evaluation [J]. Lancet, 2019, 394(10208): 1530-1539.
- [65] AKDAG O. Management of exposed ventriculoperitoneal shunt on the scalp in pediatric patients [J]. Childs Nerv Syst, 2018, 34(6): 1229-1233.
- [66] ALLOUH M Z, AL BARBARAWI M M, ASFOUR H A, et al. Migration of the distal catheter of the ventriculoperitoneal shunt in hydrocephalus: a comprehensive analytical review from an anatomical perspective [J]. Clin Anat, 2017, 30(6): 821-830.
- [67] LANE J R, SSENTONGO P, PETERSON M R, et al. Preoperative risk and postoperative outcome from subdural fluid collections in African infants with postinfectious hydrocephalus [J]. J Neurosurg Pediatr, 2022, 29(1): 31-39.
- [68] HAMID R, BABAAA, BHAT N A, et al. Post ventriculoperitoneal shunt abdominal pseudocyst: challenges posed in management [J]. Asian J Neurosurg, 2017, 12(1): 13-16.
- [69] YAVUZ C, DEMIRTAS S, CALISKAN A, et al. Reasons, procedures, and outcomes in ventriculoatrial shunts: a single-center experience [J]. Surg Neurol Int, 2013, 4: 10.
- [70] VERNET O, CAMPICHE R, DE TRIBOLET N. Long-term results after ventriculo-atrial shunting in children [J]. Childs Nerv Syst, 1995, 11(3): 176-179.
- [71] HARLAND T A, WINSTON K R, JOVANOVIH A J, et al. Shunt nephritis: an increasingly unfamiliar diagnosis [J]. World Neurosurg, 2018, 111: 346-348.
- [72] CHERIAN S, WHITELAW A, THORESEN M, et al. The pathogenesis of neonatal post-hemorrhagic hydrocephalus [J]. Brain Pathol, 2004, 14(3): 305-311.
- [73] DRAKE J M, CANADIAN PEDIATRIC NEUROSURGERY STUDY GROUP. Endoscopic third ventriculostomy in pediatric patients: the Canadian experience [J]. Neurosurgery, 2007, 60(5): 881-886.
- [74] KULKARNI A V, RIVA-CAMBRIN J, HOLUBKOV R, et al. Endoscopic third ventriculostomy in children: prospective, multicenter results from the hydrocephalus clinical research network [J]. J Neurosurg Pediatr, 2016, 18(4): 423-429.
- [75] MCALLISTER J P, GUERRA M M, RUIZ L C, et al. Ventricular zone disruption in human neonates with intraventricular hemorrhage [J]. J Neuropathol Exp Neurol, 2017, 76(5): 358-375.
- [76] AHN S Y, CHANG Y S, SUNG D K, et al. Mesenchymal stem cells prevent hydrocephalus after severe intraventricular hemorrhage [J]. Stroke, 2013, 44(2): 497-504.
- [77] AHN S Y, CHANG Y S, SUNG S I, et al. Mesenchymal stem cells for severe intraventricular hemorrhage in preterm infants: phase I dose-escalation clinical trial [J]. Stem Cells Transl Med, 2018, 7(12): 847-856.
- [78] ROMANTSIK O, MOREIRA A, THEBAUD B, et al. Stem cell-based interventions for the prevention and treatment of intraventricular haemorrhage and encephalopathy of prematurity in preterm infants [J]. Cochrane Database Syst Rev, 2023, 2(2): CD013201.
- [79] ROMANTSIK O, BRUSCHETTINI M, MOREIRA A, et al. Stem cell-based interventions for the prevention and treatment of germinal matrix-intraventricular haemorrhage in preterm infants [J]. Cochrane Database Syst Rev, 2019, 9(9): CD013201.
- [80] VOLPE J J. Neurology of the newborn [M]. 5th ed. Philadelphia: Elsevier, 2008: 517-588.
- [81] TAKENOUCHI T P J. Neurology, neonatology questions and controversies [M]. Philadelphia: Elsevier Saunders, 2012: 27-45.
- [82] PERSSON E K, HAGBERG G, UVEBRANT P. Disabilities in children with hydrocephalus--a population-based study of children aged between four and twelve years [J]. Neuropediatrics, 2006, 37(6): 330-336.
- [83] PINDRIK J, SCHULZ L, DRAPEAU A. Diagnosis and surgical management of neonatal hydrocephalus [J]. Semin Pediatr Neurol, 2022, 42: 100969.
- [84] BROUWER A J, VAN STAM C, UNIKEN VENEMA M, et al. Cognitive and neurological outcome at the age of 5-8 years of preterm infants with post-hemorrhagic ventricular dilatation requiring neurosurgical intervention [J]. Neonatology, 2012, 101(3): 210-216.

(收稿日期: 2025-08-21)

(本文编辑: 王帆 李磊 李艳云)