2026, 51(2) DOI:10.11817/j.issn.1672-7347.2026.250328

儿童复杂性脑积水的诊治新策略：阶段性手术管理流程

杨倚剑[1,2]，王峻强[1,2]，黄军[1,2]，张治平[1,2]，何剑[2,3]，肖格磊[1,2]

(1. 中南大学湘雅医院神经外科，长沙 410008；2. 中南大学湘雅医院脑积水诊疗中心，长沙 410008；
3. 中南大学湘雅医院儿科，长沙 410008)

[摘 要] 目的：儿童复杂性脑积水的诊治策略目前尚不完善，患者常因反复出现并发症而多次进行手术，其疗效较差。本研究旨在建立一种新的手术管理流程，以减少复杂性脑积水患者的手术次数，并改善其长期预后。**方法：**回顾性分析2018年6月至2025年6月中南大学湘雅医院脑积水诊疗中心收治的儿童复杂性脑积水患者的临床资料。复杂性脑积水指需多次手术治疗的脑积水，出血后脑积水，感染后脑积水，多房性脑积水，早产低体重儿的先天性脑积水，以及中脑导水管狭窄、Dandy-Walker畸形等其他复杂情况脑积水。其中接受阶段性手术管理流程治疗的患者纳入新策略组，接受原有治疗流程治疗的患者纳入旧策略组。比较2组患者手术治疗情况、短期及长期预后。结合典型病例与国内外文献，制订适用于儿童复杂性脑积水的新诊治策略。**结果：**共纳入137例儿童复杂性脑积水患者，其中新策略组49例，旧策略组88例。2组患者在性别、年龄及复杂性因素方面的差异均无统计学意义(均$P>0.05$)。新策略组患者共接受74次手术治疗，旧策略组患者共接受283次手术治疗，新策略组患者接受手术次数明显少于旧策略组(1.51±0.77 vs 3.22±1.40)，差异有统计学意义($t=7.879$，$P<0.001$)。在新策略组中，49例患者的临床症状均得到缓解，35例患者的影像学检查结果显示脑室系统恢复至正常大小；在旧策略组中，82例患者的临床症状得到缓解，53例患者的影像学检查结果显示脑室系统恢复至正常大小。2组在临床症状缓解和脑室系统大小恢复方面的差异均无统计学意义(均$P>0.05$)。在长期预后方面，新策略组中45例认知清晰，42例发育良好，41例功能正常，11例出现并发症，10例需要再次手术，生存率为100%；旧策略组中66例认知清晰，59例发育良好，59例功能正常，80例出现并发症并需要再次手术，生存率为92.05%。2组间各项长期预后指标的差异均有统计学意义(均$P<0.05$)。建立儿童复杂性脑积水诊治新策略——阶段性手术管理流程：在第一阶段消除复杂性因素，第二阶段治疗脑积水。**结论：**将早产低体重儿的脑积水、由颅内出血和/或颅内感染引起的脑积水、多房性脑积水和需要反复多次手术的脑积水，以及其他特殊情况脑积水定义为儿童复杂性脑积水。对儿童复杂性脑积水，阶段性手术管理流程不仅可减少手术次数，还可改善患者的长期预后。

[关键词] 复杂性脑积水；儿童；阶段性手术管理流程；分流手术；早产低体重儿；长期预后

A novel strategy for the diagnosis and treatment of complex hydrocephalus in children: A staged surgical management protocol

YANG Yijian[1,2], WANG Junqiang[1,2], HUANG Jun[1,2], ZHANG Zhiping[1,2], HE Jian[2,3], XIAO Gelei[1,2]

收稿日期(Date of reception)：2025-06-18
第一作者(First author)：杨倚剑，Email: yangyijian@csu.edu.cn, ORCID: 0009-0006-3482-3226
通信作者(Corresponding author)：肖格磊，副主任医师，Email: xiaogelei@csu.edu.cn, ORCID: 0000-0001-9234-0595
基金项目(Foundation item)：国家自然科学基金(82371362)。This work was supported by the National Natural Science Foundation of China (82371362).
开放获取(Open access)：本文遵循知识共享许可协议，允许第三方用户按照署名-非商业性使用-禁止演绎4.0(CC BY-NC-ND 4.0)的方式，在任何媒介以任何形式复制、传播本作品(https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/)。

©Journal of Central South University (Medical Science). All rights reserved.

(1. Department of Neurosurgery, Xiangya Hospital, Central South University, Changsha 410008;
2. Diagnosis and Treatment Center for Hydrocephalus, Xiangya Hospital, Central South University, Changsha 410008;
3. Department of Pediatrics, Xiangya Hospital, Central South University, Changsha 410008, China)

ABSTRACT

Objective: Current strategies for the diagnosis and treatment of complex hydrocephalus in children remain inadequate. Patients often undergo multiple surgeries due to recurrent complications, resulting in poor therapeutic outcomes. This study aims to establish a novel surgical management protocol to reduce the number of surgeries and improve long-term prognosis in patients with complex hydrocephalus.

Methods: A retrospective analysis was conducted on the clinical data of pediatric patients with complex hydrocephalus admitted to the Diagnosis and Treatment Center for Hydrocephalus of Xiangya Hospital, Central South University, from June 2018 to June 2025. Complex hydrocephalus was defined as hydrocephalus requiring multiple surgical interventions, post-hemorrhagic hydrocephalus, post-infectious hydrocephalus, multiloculated hydrocephalus, congenital hydrocephalus in preterm low birth weight infants, aqueductal stenosis, Dandy-Walker malformation, and other complex conditions. Patients treated with the staged surgical management protocol were included in the new-strategy group, while those treated with the conventional management protocol were included in the traditional-strategy group. Surgical treatment characteristics, as well as short-term and long-term outcomes, were compared between the two groups. Based on representative cases and a review of the literature, a new diagnostic and therapeutic strategy for pediatric complex hydrocephalus was developed.

Results: A total of 137 pediatric patients with complex hydrocephalus were included, comprising 49 in the new-strategy group and 88 in the traditional-strategy group. There were no statistically significant differences in gender, age, or complexity factors between the two groups (all $P>0.05$). A total of 74 surgical procedures were performed in the new-strategy group and 283 in the traditional-strategy group. The number of surgeries per patient was significantly lower in the new-strategy group than in the traditional-strategy group (1.51±0.77 vs 3.22±1.40; $t=7.879$, $P<0.001$). In the new-strategy group, clinical symptoms were relieved in 49 patients, and ventricular size returned to normal in 35 patients. In the traditional-strategy group, clinical symptoms improved in 82 patients, and ventricular size normalized in 53 patients. There were no statistically significant differences between the two groups in terms of symptom relief or ventricular size recovery (all $P>0.05$). Regarding long-term outcomes, in the new-strategy group, 45 patients had clear cognition, 42 had good development, 41 had normal function, 11 developed complications, 10 required reoperation, and the survival rate was 100%. In the traditional-strategy group, 66 patients had clear cognition, 59 had good development, 59 had normal function, and 80 developed complications requiring reoperation, with a survival rate of 92.05%. All long-term outcome indicators showed statistically significant differences between the two groups (all $P<0.05$). A novel strategy for the diagnosis and treatment of pediatric complex hydrocephalus, namely, a staged surgical management protocol, was established, consisting of elimination of complexity factors in the first stage and treatment of hydrocephalus in the second stage.

Conclusion: Hydrocephalus in preterm low birth weight infants, hydrocephalus caused by

©Journal of Central South University (Medical Science). All rights reserved.

intracranial hemorrhage and/or infection, multiloculated hydrocephalus, hydrocephalus requiring repeated surgeries, and other special forms should be defined as complex hydrocephalus in children. The staged surgical management protocol not only reduces the number of surgeries but also improves long-term prognosis in pediatric patients with complex hydrocephalus.

KEY WORDS complex hydrocephalus; children; staged surgical management protocol; shunt surgery; preterm low birth weight infants; long-term prognosis

脑积水是神经外科的常见疾病，定义为脑室系统内脑脊液的异常积聚，伴有或不伴有脑室系统的异常扩张[1]。根据病因，脑积水可分为多种类型，包括病因不明的原发性先天性脑积水[2]，以及由颅内出血、颅脑创伤、颅内肿瘤或颅内感染等引起的继发性获得性脑积水[3-5]。此外，还可从发病机制、发病年龄、起病缓急等方面进行分类。本研究从整体治疗难度出发，基于手术结局、病因、解剖结构、校正胎龄等复杂性因素[6]，将脑积水分为单纯性脑积水与复杂性脑积水，旨在为神经外科医师在复杂临床情况下制订更适宜的治疗策略提供参考。

目前，学界对复杂性脑积水的认识仍不够充分，尚无准确、具体的定义或系统完善的手术管理流程。在未能正确评估病因的前提下，盲目采用分流手术或追求内镜手术的微创优势，常导致治疗效果欠佳。手术失败常伴随多种并发症，如出血、感染、分流管阻塞或断裂等[7]。儿童复杂性脑积水的诊治策略尚不完善，在盲目治疗的过程中，患者常因反复出现并发症而多次接受手术治疗，虽然最终可能治愈，但远期预后较差。因此，亟需建立一种新的手术管理流程，以减少复杂性脑积水患者的手术次数，并改善其长期预后。

尽管儿童复杂性脑积水的流行病学数据尚不完善，但从其病因构成来看，该病病因复杂多样，导致诊治难度大，已成为全球神经外科医师共同面临的挑战[8]。如处理不当，将显著增加致死与致残风险，严重影响患者生活质量。因此，本研究通过回顾分析单中心的复杂性脑积水患者的治疗过程，并结合国内外文献资料，制订适用于儿童复杂性脑积水的新诊治策略。

1 资料与方法

1.1 伦理声明

本研究为回顾性分析，所用数据均已匿名处理，不存在造成医源性伤害或泄露患者隐私的风险，已获得中南大学湘雅医院临床医学伦理委员会批准(审批号：2023030411)并免除患者知情同意。

1.2 对象

选取2018年6月至2025年6月中南大学湘雅医院脑积水诊疗中心(以下简称“本中心”)收治的137例儿童复杂性脑积水(需多次手术治疗的脑积水，出血后脑积水，感染后脑积水，多房性脑积水，早产低体重儿的先天性脑积水，以及中脑导水管狭窄、Dandy-Walker畸形等其他复杂情况脑积水)患者。排除标准：1)年龄大于14岁的患者；2)足月且正常体重的先天性脑积水患者；3)明确由颅内占位性病变引起的脑积水患者；4)分流系统故障但未发生感染，需调整分流系统的患者；5)合并严重肝、肾、心脑血管、血液系统疾病或有传染性疾病的患者；6)无法提供随访资料的患者。

1.3 资料收集

从中南大学湘雅医院病案管理系统收集患者资料。主要包括：年龄、性别、是否具备复杂性因素(将早产低体重、出血、感染、多房性、既往手术史定义为复杂性因素)、手术种类、手术次数、短期预后结果(症状是否缓解、影像学结果显示脑室系统大小恢复情况)、长期预后指标(认知、发育、功能是否正常)、并发症、再次手术、生存率。短期预后结果由住院医师依据患者出院前是否有头痛等颅内压增高的症状以及影像学结果上脑室系统大小进行评估。长期预后指标由门诊复诊的接诊医师依据就诊过程患儿对问诊查体的回应情况，患儿体型、大运动和精细运动情况，以及监护人的陈述(患儿生活自理情况、学习能力等)进行综合评估。并发症方面，主要关注是否出现出血、感染、皮下积液、皮下积气、分流管依赖等情况。门诊医师不了解患者的分组情况。

©Journal of Central South University (Medical Science). All rights reserved.

1.4 分组

接受阶段性手术管理流程治疗的患者纳入新策略组，接受原有治疗流程治疗的患者纳入旧策略组。

1.5 统计学处理

使用GraphPad Prism 10.1.2软件分析数据，服从正态分布的计量资料以均数±标准差表示，采用t检验进行组间差异分析。计数资料以例(%)表示，采用χ^2检验进行组间差异比较。P<0.05为差异有统计学意义。

2 结 果

2.1 2组患者性别、年龄及复杂性因素的比较

共纳入137例儿童复杂性脑积水患者，其中新策略组49例，旧策略组88例。在新策略组中，男性25例，女性24例；年龄为(1.61±3.09)岁(最小者4 d，最大者12岁；未满1岁按0岁计算)；早产低体重儿12例，19例颅内出血，16例颅内感染，12例多房性脑积水，11例有既往手术史。在旧策略组中，男性58例，女性30例；年龄为(3.17±3.93)岁(最小者0 d，最大者13岁；未满1岁按0岁计算)；早产低体重儿22例，37例颅内出血，33例颅内感染，20例多房性脑积水，26例有既往手术史。2组患者的性别及复杂性因素比较，差异均无统计学意义(均P>0.05，表1)；年龄差异有统计学意义(t=2.390，P=0.018)。

2.2 2组患者手术情况的比较

新策略组患者共接受74次手术治疗，包括13次脑室外引流(external ventricular drain，EVD)+Ommaya储液囊置入术，4次囊肿开窗术(cyst fenestration，CF)，47次脑室-腹腔分流术(ventriculo-peritoneal shunt，VPS)，8次内镜下第三脑室底造瘘术(endoscopic third ventriculostomy，ETV)，2次其他手术。本组患者均未接受脑室-心房分流术(ventriculo-atrial shunt，VAS)和脉络丛烧灼术(choroid plexus cauterization，CPC)治疗。旧策略组共接受283次手术治疗，包括44次EVD+Ommaya储液囊置入术，18次CF，73次VPS，11次VAS，29次ETV，23次CPC，85次其他手术。新策略组患者接受手术次数明显少于旧策略组(1.51±0.77 vs 3.22±1.40)，差异有统计学意义(t=7.879，P<0.001)。

2.3 2组患者预后情况比较

新策略组随访3~12(6.18±2.59)个月，旧策略组随访3~12(6.03±2.32)个月，2组之间差异无统计学意义(t=0.347，P=0.729)。在新策略组中，49例患者的临床症状均得到缓解，35例患者的影像学检查结果显示脑室系统恢复至正常大小；而旧策略组中，82例患者的临床症状得到缓解，53例患者的影像学检查结果显示脑室系统恢复至正常大小。2组在临床症状缓解和脑室大小恢复方面的差异均无统计学意义(均P>0.05，表2)。

表1 2组患者性别、年龄及复杂性因素比较

Table 1 Comparison of sex, age, and complex etiologies between the 2 groups

组别	n	性别/[例(%)]		年龄/岁	早产低体重/[例(%)]	出血/[例(%)]	感染/[例(%)]	多房性/[例(%)]	既往手术史/[例(%)]
		男	女						
新策略组	49	25(51.02)	24(48.98)	1.61±3.09	12(24.49)	19(38.78)	16(32.65)	12(24.49)	11(22.45)
旧策略组	88	58(65.91)	30(34.09)	3.17±3.93	22(25.00)	37(42.05)	33(37.50)	20(22.73)	26(29.55)
χ^2/t		2.922		2.390	0.004	0.139	0.322	0.055	0.804
P		0.087		0.018	0.947	0.709	0.571	0.815	0.370

服从正态分布的计量资料使用均数±标准差表示，采用t检验进行组间比较。计数资料采用χ^2检验进行组间比较。

表2 2组患者随访及预后情况比较

Table 2 Comparison of follow-up and outcomes between the 2 groups

组别	n	症状缓解/[例(%)]	影像学结果脑室恢复/[例(%)]	认知清晰/[例(%)]	发育良好/[例(%)]	功能正常/[例(%)]	并发症/[例(%)]	再手术/[例(%)]	生存/[例(%)]
新策略组	49	49(100)	35(71.43)	45(91.84)	42(85.71)	41(83.67)	11(22.45)	10(20.41)	49(100)
旧策略组	88	82(93.18)	53(60.23)	66(75.00)	59(67.05)	59(67.05)	80(90.91)	80(90.91)	81(92.05)
χ^2		3.494	1.719	5.803	5.663	4.414	66.14	69.41	4.108
P		0.062	0.190	0.016	0.017	0.036	<0.001	<0.001	0.043

计数资料采用χ^2检验进行组间比较。

©Journal of Central South University (Medical Science). All rights reserved.

在长期预后方面，新策略组45例认知清晰，42例发育良好，41例功能正常，11例出现并发症，10例需要再次手术，生存率100%。而旧策略组中，66例认知清晰，59例发育良好，59例功能正常，80例出现并发症并需要再次手术，生存率92.05%。2组间各项长期预后指标的差异均有统计学意义(均$P<0.05$，表2)。

2.4 典型病例分析

典型病例1，22 d女婴，出生体重2.1 kg，校正胎龄35+3周，为低出生体重早产儿。出生后5 d头颅B超检查结果显示，右侧室管膜出血，双侧脉络丛出血，双侧侧脑室增宽，无颅内感染证据。患者于外院保守治疗17 d后转入本中心治疗。入院时，MRI检查结果(图1A~1C)显示，双侧侧脑室、三脑室积血，脑积水。该患者符合儿童复杂性脑积水的2个标准：颅内出血和低出生体重早产。

对此类患者采用的是阶段性手术管理流程。在第一阶段，进行脑室外引流和Ommaya储液囊放置，通过直接脑脊液外引流和向Ommaya储液囊内注射药物的方式来清洁脑室系统，以控制现有出血。此外，通过Ommaya储液囊的外引流来稳定患者的病情，确保患者达到新生儿手术指征(校正胎龄超过37周，体重超过2.5 kg)。期间，CT检查结果(图1D~1F)显示，脑室内药物泵置入术+侧脑室钻孔引流术后改变，双侧侧脑室积血较前减少，脑积水较前减轻。在第二阶段，对符合手术标准的患者进行脑室-腹腔分流术治疗。手术后，患者症状明显改善，予以出院。术后线上随访，患者状态良好。

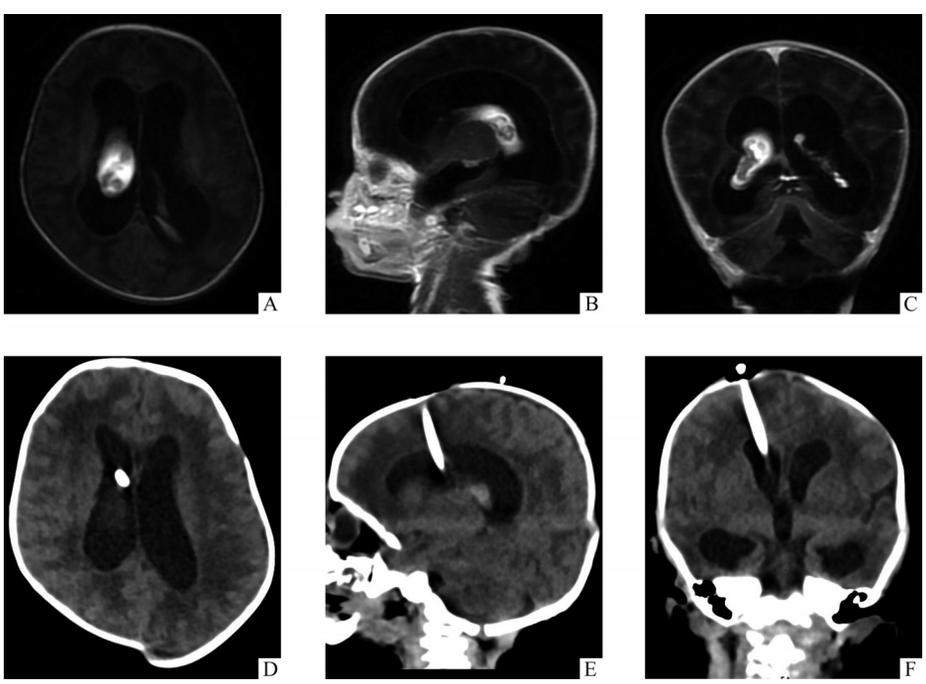


图1　儿童复杂性脑积水女婴(22 d)的头颅影像学表现

Figure 1　Cranial imaging findings in a 22-day-old female infant with complex hydrocephalus

A－C: Preoperative MRI of axial (A), sagittal (B), and coronal planes (C) shows hemorrhage in the bilateral lateral ventricles and third ventricle, and hydrocephalus. D－F: Postoperative CT of axial (D), sagittal (E), and coronal planes (F) shows changes after intraventricular drug pump implantation and lateral ventricular burr hole drainage, with decreased bilateral lateral ventricular hematocele and alleviated hydrocephalus compared with the previous examination.

典型病例2，1月龄男婴，出生体重1.0 kg，校正胎龄26+2周，为极低出生体重早产儿。出生后15 d头颅B超检查结果显示，双侧侧脑室扩张，三脑室扩张，疑似室管膜下出血，右侧侧脑室出血，并发颅内感染。患者于外院保守治疗后转至本中心。入院时，MRI检查结果(图2A~2C)显示，双侧侧脑室室管膜下出血(陈旧性出血灶)，脑室扩大，存在脑积水。该患者同样符合上述儿童复杂性脑积水的2个标准。

由于当时对儿童复杂性脑积水认识不足，未对患者进行适当评估并充分考虑新生儿手术指征，对患者直接进行了脑室-腹腔分流术(第1次手术，图2D)。术后，患者症状暂时改善。10个月后，患者因

©Journal of Central South University (Medical Science). All rights reserved.

嗜睡再次入院，CT检查结果显示，脑室持续扩大，存在脑积水。对患者进行脑室-腹腔分流修正术(第2次手术，图2E~2G)，术后症状暂时缓解。第2次手术45 d后，患者因呕吐、嗜睡再次入院，CT检查结果显示，脑室-腹腔分流术后改变，幕上脑室系统积水较前加重。再次行脑室-腹腔分流修正术(第3次手术，图2H~2J)，术后症状暂时缓解。第3次手术60 d后，患者又因嗜睡入院，CT检查结果显示，脑室-腹腔分流术后改变，脑积水并间质性脑水肿较前加重。对患者进行脑室-心房分流术(第4次手术，图2K)，术后症状暂时缓解。第4次手术60 d后，患者又因嗜睡再次入院，CT检查结果显示，脑室-腹腔分流术后改变，幕上脑积水较前明显。遂再行脑室-腹腔分流术(第5次手术，图2L)，术后症状暂时改善，但CT检查结果显示，脑室增大持续存在。暂无随访信息，预计预后情况不良。

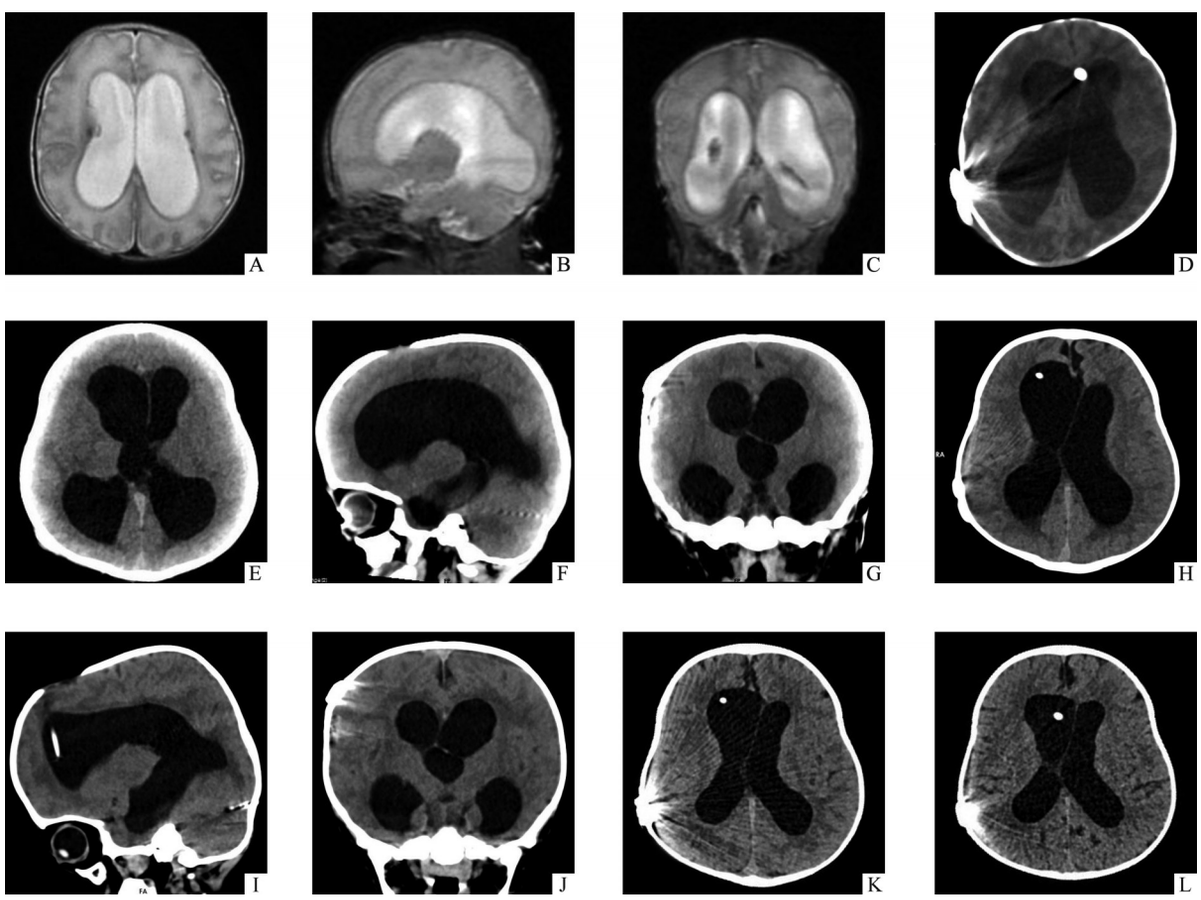


图2 儿童复杂性脑积水男婴(1月龄)的头颅影像学表现

Figure 2 Cranial imaging findings in a 1-month-old male infant with complex hydrocephalus

A−C: Preoperative MRI in the axial (A), sagittal (B), and coronal (C) planes shows old subependymal hemorrhage lesions in both lateral ventricles, ventricular enlargement, and hydrocephalus. D: First postoperative CT in the horizontal plane shows persistent ventricular enlargement and hydrocephalus. E−G: Second postoperative CT in the horizontal (E), sagittal (F), and coronal (G) planes shows post-ventriculoperitoneal shunt changes and progression of supratentorial ventricular system hydrocephalus compared to the previous scan. H−J: Third postoperative CT in the horizontal (H), sagittal (I), and coronal (J) planes shows post-ventriculoperitoneal shunt changes, hydrocephalus with interstitial cerebral edema worsening compared to previous findings. K: Fourth postoperative CT in the horizontal plane shows post-ventriculoperitoneal shunt changes, with supratentorial hydrocephalus markedly worse than previously. L: Fifth postoperative CT in the horizontal plane shows persistent ventricular enlargement.

2.5 阶段性手术管理流程

通过回顾本中心的儿童复杂性脑积水患者的治疗过程，并结合国内外文献资料，形成适用于儿童复杂性脑积水的新诊治策略(图3)：首先，根据患者

©Journal of Central South University (Medical Science). All rights reserved.

的首诊症状，结合病史、影像学检查、血清学检验及微生物学检测结果，明确潜在病因，判断是否存在复杂性脑积水的高危因素。然后，根据患者具体情况，个体化制订阶段性手术管理流程，在第一阶段控制复杂性因素，第二阶段实施适当术式以彻底治疗脑积水，力求改善复杂性脑积水患者的治疗效果与生活质量。该诊治策略的主要目的为早期识别存在进展为复杂性脑积水风险的患者，并采取针对复杂性因素的阶段性处理，避免盲目手术带来的不良长期预后与患者的身心痛苦。

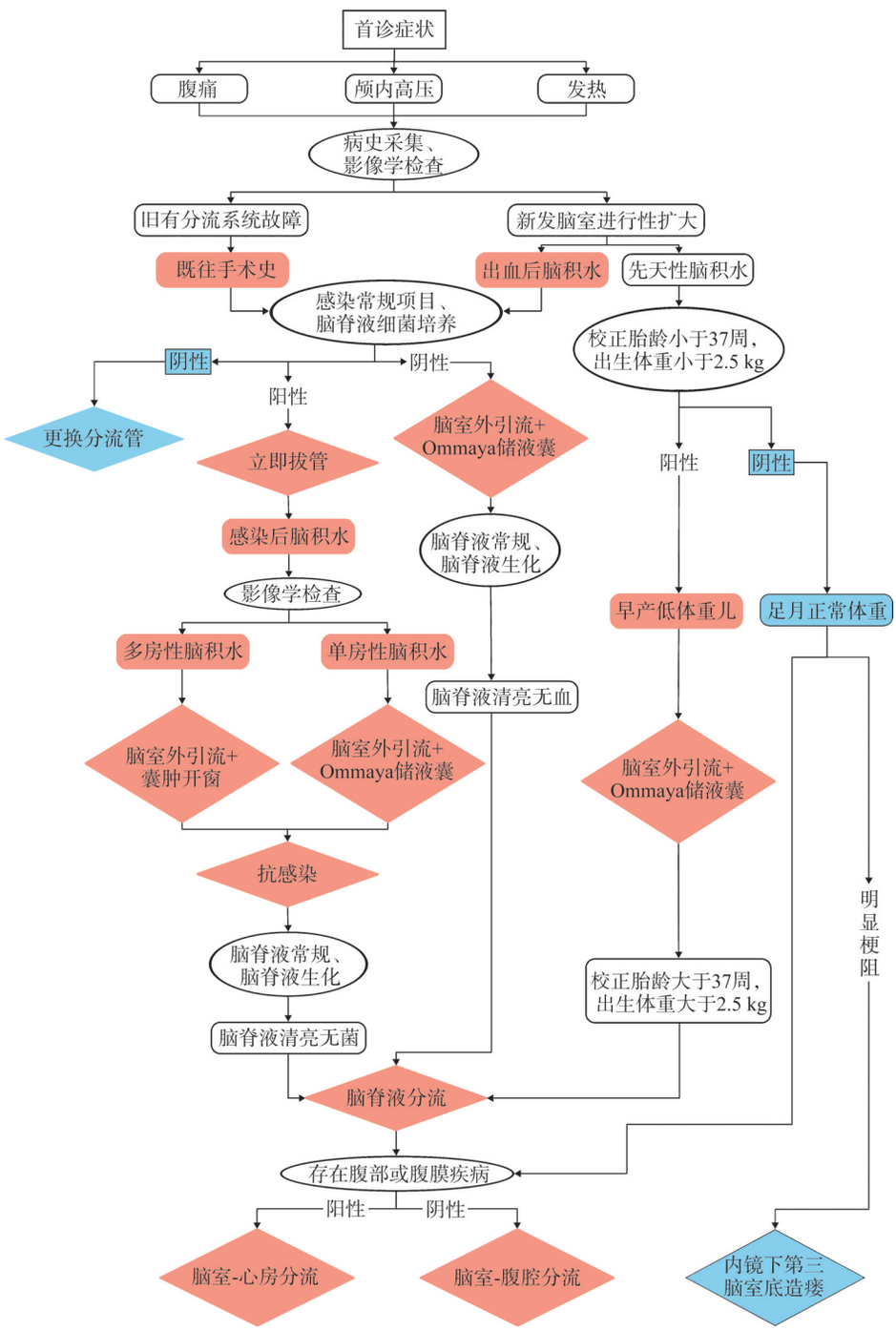


图3　儿童复杂性脑积水的阶段性手术管理流程示意图

Figure 3　Schematic diagram illustrating the staged surgical management protocol for complex hydrocephalus in children

The content within the rounded rectangles represents different scenarios, the content within the ellipses indicates diagnostic methods, and the content within the diamonds indicates treatment approaches. Blue represents simple hydrocephalus, while red represents complex hydrocephalus.

©Journal of Central South University (Medical Science). All rights reserved.

3 讨 论

基于当下基础医学理论研究的进展和转化医学实践的推进，通过药物干预脑积水仍面临巨大挑战[9-10]。这是因为脑积水并非一种病因单一的疾病，而是一类包含多种病因、具有共同临床表现的综合征。确定药物作用靶点在很大程度上依赖于科学家的持续深入研究[11]。因此，目前最有效、最直接的治疗方式仍是手术干预。

手术干预可分为4种主要类型：解除脑室内梗阻、减少脑脊液分泌[12]、建立颅内新循环[13]和建立颅外新通道[14]。手术方式的选择取决于患者的身体状况及外科医生对技术的熟练程度。上述4类手术的禁忌证通常存在重叠，包括未解决的颅内出血[15]、未控制的颅内感染[16]、早产儿和其他全身性疾病等。这些禁忌证属于本研究提出的复杂性脑积水定义范畴。因此，术前全面评估患者病情，早期识别并预测发生复杂性脑积水的可能性，进而采取相应干预措施至关重要。通常借助EVD+Ommaya储液囊置入术对复杂性因素进行干预。这种预先的手术干预措施不应被视为单次手术失败，而应作为正式手术治疗的准备步骤，是成功实现单次手术干预的基石，以避免反复分流、造瘘或烧灼术对患者身心健康造成的损害及经济负担。

结合本中心的临床诊疗经验及国内外文献，本研究提出存在以下任一因素的儿童脑积水即为复杂性脑积水：1)早产低体重儿。因其校正胎龄小、出生体重轻，易发生生发基质出血，且术中耐受性差，治疗难度大。2)脑积水由颅内出血和/或颅内感染引起。血液或病原微生物进入患儿脑室，不仅破坏其脑室结构，还影响全身状态，导致首次手术失败。3)多房性脑积水。纤维隔膜在脑室内交联形成多个封闭腔室[17]，单次分流手术无法解决，需多次手术逐步打通脑室。4)需要多次手术的脑积水患儿。5)其他特殊情况。如先天性中脑导水管狭窄畸形[18]、Dandy-Walker畸形[19]、Arnold-Chiari畸形[20]等。儿童复杂性脑积水的形成可分为2种情形：一是原本单纯性脑积水因未妥善处理进展为复杂性脑积水；二是初诊即为复杂性脑积水。后者可通过早期识别复杂性因素并采取个体化干预措施，从而改善其预后。

针对新的诊疗策略，本研究强调早期识别与个体化干预，采用阶段性手术管理流程：第一阶段控制复杂性因素[21]，第二阶段实施适当术式以彻底治疗脑积水，力求改善复杂性脑积水患者的治疗效果与生活质量。患者常见的首诊症状包括颅内高压、腹痛和发热。首先，在询问病史的基础上，结合影像学检查、血清学检验及微生物学检测结果，明确潜在病因，判断是否存在复杂性脑积水的高危因素，进而评估其发生的可能性。然后，根据患者的具体情况，制订个体化的阶段性手术管理流程。

若患者出现旧有分流系统故障，则表明其已接受至少1次手术治疗，属于具有既往手术史的复杂性脑积水患者。此时，应在感染相关检验及脑脊液细菌培养证实颅内无感染的前提下，更换原有分流管，或改变手术类型，选择其他脑脊液分流术。若出现颅内感染，则进一步合并感染这一复杂性因素，应立即拔除原有分流管，判断为复杂性脑积水，并按照感染性脑积水的处理流程进行处置[22]。

对于明确为单房性脑积水的患者，第一阶段采用EVD联合Ommaya储液囊置入术，暂时引流脑脊液以降低颅内压，同时给予抗感染治疗。若为多房性脑积水，则在第一阶段行脑室外引流后，先实施囊肿开窗术，以打通分隔，将多房性脑积水转化为单房性脑积水，从而减少所需分流管数量，并最大程度降低多次分流手术的必要性[23]。之后行脑脊液常规、生化及细菌培养检查，确认脑脊液清亮、无菌，方可进入第二阶段治疗，即选择脑脊液分流术以治疗脑积水。若患者合并腹部或腹膜疾病，则采用脑室-心房分流术；若无异常，则优先推荐脑室-腹腔分流术。

若患者出现新发的脑室进行性扩大，则应进一步评估是出血后脑积水还是先天性脑积水。如果是出血后脑积水，则同样先判断是否合并感染。若合并感染，则按感染性脑积水流程处理；若无感染，在第一阶段首先采用EVD+Ommaya储液囊置入术，在降低颅内压的同时，清洗脑室系统，消除血肿，随后行脑脊液常规、生化及细菌培养检查，确认脑脊液清亮、无菌，方可进入第二阶段治疗，选择脑脊液分流术治疗脑积水。

对于先天性脑积水(通常由脑室系统发育异常引起)的患者，如果病因明确、病情简单，且患者是出生体重正常的足月婴儿，脑脊液分流手术通常可使症状得到有效缓解[24]，在存在明确的梗阻因素时，亦可通过内镜下第三脑室底造瘘术治疗。然而，对于出生体重极低的早产儿，由于其整体健康状况差，对手术耐受性差[25]，即使勉强实施手术，预后亦通常不理想，常导致恢复时间延长、需反复手术，并给患者带来显著的身体、心理及经济负担。此外，这类早产儿常合并颅内出血，且因免疫系统功能低下，更易发生颅内感染，其脑积水往往包含2种或多种复杂因素，属于复杂性脑积水。针对此类情况，本研究常规采用阶段性手术管理流程：第一阶段行脑室

©Journal of Central South University (Medical Science). All rights reserved.

外引流术及Ommaya储液囊置入术，以控制颅内出血和/或颅内感染，同时暂时降低颅内压，推迟后续手术。在此期间，早产低出生体重儿可在相对稳定的环境中继续发育，待校正月龄≥37周、体重≥2.5 kg后，其整体健康状况改善，对手术耐受性提高[26]。此时进入第二阶段，实施脑脊液分流术。对于早产低出生体重儿，该诊治策略可获得更显著的治疗效果及更佳的预后。

临床工作中，医生应充分理解该管理流程，从首发症状入手，结合多种辅助检查，明确患者真实病情，判断是否存在可能导致复杂性脑积水的因素，做到早期识别，并按照阶段性手术管理流程，提前做好诊治准备。根据本研究典型病例分析，2例患者在初次就诊时均存在2种及以上复杂性脑积水的高危因素。可以明确，这些患者均非单纯性脑积水，通过单次手术治愈的可能性极低。第1例患者采用本研究提出的阶段性手术管理流程新策略，在消除复杂性因素后，于第二阶段行脑室-腹腔分流术治疗脑积水，效果显著；而第2例患者因未识别复杂性因素，盲目治疗，导致反复出现并发症，需多次手术，预后较差。

术后主要并发症包括出血相关并发症、感染相关并发症和分流管故障。急性期出血多为手术部位出血，常见于脑室端及皮下隧道，需术中充分止血后严密缝合。慢性期出血多见于过度引流，导致脑室体积显著缩小，脑皮质塌陷，与硬脑膜之间间隙增大，牵拉撕扯脑表面静脉，从而引起硬膜下血肿或硬膜下积液；少量出血可调高分流管压力待其自行吸收，大量出血则需行外引流术。术后感染多由金黄色葡萄球菌或表皮葡萄球菌引起，可见于脑室，也可见于分流管。临床表现包括发热、嗜睡、呕吐、前囟张力增高等，需结合脑脊液培养或分流管尖端培养明确诊断。术后应积极使用抗生素预防感染。一旦确诊感染，应立即拔除原有分流管，建立外引流体系，并同时进行抗感染治疗，待感染完全控制后重新行脑脊液分流术。分流管断裂可通过体格检查触诊或X射线平片检查发现，多见于分流管组件连接处。若断裂端滑入腹腔，可采用腹腔镜技术取出。若分流管异位(腹腔端进入肠道、膀胱、阴道或胸腔)，需重新调整分流管位置。

复杂性脑积水为慢性疾病，其长期预后同样值得关注。本研究结果显示，采用2种不同手术管理流程的患者，在后续临床症状缓解、影像学脑室系统改变及生存率方面的差异均无统计学意义。这表明，除少数特殊情况外，复杂性脑积水的治愈效果通常无显著差别。然而，多次不恰当的手术操作会显著增加患者的身体损伤，尤其是对处于生长发育关键期的儿童。反复手术将不可避免地对患儿的后续认知、发育及功能产生不良影响，本研究的结果也反映了这个情况。此外，反复手术还会影响患者的生活质量和经济状况，造成身心双重负担。

本研究存在一定局限性。作为单中心回顾性研究，样本可能存在地域偏倚。此外，新策略在研究后期全面替代旧策略，无交叉应用阶段，因此存在时间偏倚。尽管所应用的手术技术无明显革新，但围手术期管理的进步可能对结果产生一定影响。今后我们将联合多中心开展前瞻性随机对照试验，以完善研究，总结更准确的诊治经验。

综上所述，通过系统回顾国内外文献并结合本中心临床病例的整合分析，基于单中心诊疗经验，本研究在现有框架下对儿童复杂性脑积水提出了较为完善的定义。同时，本研究提出儿童复杂性脑积水的诊治新策略——阶段性手术管理流程，即在第一阶段消除复杂性因素，第二阶段治疗脑积水。通过早期精准识别与有效干预，减缓甚至阻止儿童复杂性脑积水的进展，实施个体化干预，有望提高患者的治疗体验与生活质量，改善长期预后。

作者贡献声明：杨倚剑　数据采集与分析，论文撰写；王峻强、黄军、张治平、何剑　数据采集；肖格磊　论文设计、指导与修改。所有作者阅读并同意最终的文本。

利益冲突声明：作者声称无任何利益冲突。

参考文献

[1] Yang Y, He J, Wang Y, et al. Targeting choroid plexus epithelium as a novel therapeutic strategy for hydrocephalus[J]. J Neuroinflammation, 2022, 19(1): 156. https://doi.org/10.1186/s12974-022-02500-3.

[2] Karakaya D, Lampe K, Encinas JL, et al. Neurogenesis and glial impairments in congenital hydrocephalus: insights from a BioGlue-induced fetal lamb model[J]. Fluids Barriers CNS, 2025, 22(1): 20. https://doi.org/10.1186/s12987-025-00630-3.

[3] Robert SM, Reeves BC, Kiziltug E, et al. The choroid plexus links innate immunity to CSF dysregulation in hydrocephalus [J]. Cell, 2023, 186(4): 764-785.e21. https://doi.org/10.1016/j.cell.2023.01.017.

[4] Li Y, Di C, Song S, et al. Choroid plexus mast cells drive tumor-associated hydrocephalus[J]. Cell, 2023, 186(26): 5719-5738.e28. https://doi.org/10.1016/j.cell.2023.11.001.

[5] Li Z, Zhang H, Hu G, et al. Post-traumatic hydrocephalus: an overview of classification, diagnosis, treatment, and post-treatment imaging evaluation[J]. Brain Res Bull, 2023, 205:

©Journal of Central South University (Medical Science). All rights reserved.

110824. https://doi.org/10.1016/j.brainresbull.2023.110824.

[6] Gabbita AC, Raju S. Management of complex hydrocephalus [J]. Neurol Ind, 2021, 69(Suppl 2): S350-S356. https://doi.org/10.4103/0028-3886.332284.

[7] Kulkarni AV, Sgouros S, Constantini S, et al. International Infant Hydrocephalus Study: initial results of a prospective, multicenter comparison of endoscopic third ventriculostomy (ETV) and shunt for infant hydrocephalus[J]. Child's Nerv Syst, 2016, 32(6): 1039-1048. https://doi.org/10.1007/s00381-016-3095-1.

[8] Ferris E, Kynaston J, Dalle DU, et al. The etiology of pediatric hydrocephalus across Asia: a systematic review and meta-analysis[J]. J Neurosurg Pediatr, 2024, 33(4): 323-333. https://doi.org/10.3171/2023.11.peds23389.

[9] Zhang Q, Chen Y, Li Y, et al. Neutrophil extracellular trap-mediated impairment of meningeal lymphatic drainage exacerbates secondary hydrocephalus after intraventricular hemorrhage[J]. Theranostics, 2024, 14(5): 1909-1938. https://doi.org/10.7150/thno.91653.

[10] Chen J, Wang L, Peng X, et al. Identification of CSPG4 as a biomarker and therapeutic target for infantile post-hemorrhagic hydrocephalus via multi-omics analysis[J]. Adv Sci, 2025, 12(6): 2410056. https://doi.org/10.1002/advs.202410056.

[11] Sadegh C, Xu H, Sutin J, et al. Choroid plexus-targeted NKCC1 overexpression to treat post-hemorrhagic hydrocephalus[J]. Neuron, 2023, 111(10): 1591-1608. https://doi.org/10.1016/j.neuron.2023.02.020.

[12] Zima LA, Belal AM, Sandberg DI. Choroid plexus cauterization to treat inadequate abdominal cerebrospinal fluid absorption: case report[J]. Child's Nerv Syst, 2022, 38(4): 817-820. https://doi.org/10.1007/s00381-021-05298-2.

[13] Khan MB, Riaz M, Enam SA. Endoscopic third ventriculostomy for obstructive hydrocephalus: Outcome analysis of 120 consecutively treated patients from a developing country[J]. Int J Surg, 2016, 26: 69-72. https://doi.org/10.1016/j.ijsu.2015.12.001.

[14] Mansoor N, Gulati S, Fredriksli OA, et al. Epidemiology and practice variations of shunt surgery for hydrocephalus: a nationwide registry-based study[J]. J Neurosurg, 2023, 139(3): 892-900. https://doi.org/10.3171/2022.12.JNS222083.

[15] Palpan Flores A, Saceda Gutiérrez J, Brin Reyes JR, et al. Risk factors associated with conversion of an Ommaya reservoir to a permanent cerebrospinal fluid shunt in preterm posthemorrhagic hydrocephalus[J]. J Neurosurg Pediatr, 2020, 25(4): 417-424. https://doi.org/10.3171/2019.11.peds19320.

[16] Alojan AA, Alotaibi AR, Alalhareth HN, et al. Management and outcome of post-infectious multiloculated hydrocephalus: a case series[J]. Saudi J Med Med Sci, 2021, 9(3): 261-266. https://doi.org/10.4103/sjmms.sjmms_85_21.

[17] Lee YH, Kwon YS, Yang KH. Multiloculated hydrocephalus: open craniotomy or endoscopy? [J]. J Korean Neurosurg Soc, 2017, 60(3): 301-305. https://doi.org/10.3340/jkns.2017.0101.013.

[18] Aydın E, Duru S, Oria M, et al. Advances in prenatal surgical management of congenital aqueductal stenosis: a bench to bedside approach[J]. Semin Fetal Neonatal Med, 2024, 29(2/3): 101540. https://doi.org/10.1016/j.siny.2024.101540.

[19] Ocampo-Navia MI, Perez-Mendez W, Rodriguez-Alvarez MP, et al. Dandy-Walker syndrome: an updated literature review [J]. Child's Nerv Syst, 2025, 41(1): 194. https://doi.org/10.1007/s00381-025-06842-0.

[20] Gepp R, Lee JH, Parthiban J, et al. Pediatric chiari malformation management: WFNS spine committee recommendations[J/OL]. Spine, 2025, 50(11): E208-E212[2025-06-01]. https://doi.org/10.1097/brs.0000000000005290.

[21] Yang Y, Wang J, Wang K, et al. Complex hydrocephalus in children: procedure of surgical management[J/OL]. Iran J Pediatr, 2025, 35(3): e149973[2025-06-01]. https://doi.org/10.5812/ijped-149973.

[22] Chen L, He M, Shi L, et al. Effects of modified external ventricular drainage vs. an Ommaya reservoir in the management of hydrocephalus with intracranial infection in pediatric patients[J]. Front Neurol, 2024, 14: 1303631. https://doi.org/10.3389/fneur.2023.1303631.

[23] Noris A, Giordano F, Peraio S, et al. Loculated hydrocephalus: is neuroendoscopy effective and safe? A 90 patients' case series and literature review[J]. Childs Nerv Syst, 2023, 39(3): 711-720. https://doi.org/10.1007/s00381-022-05747-6.

[24] Komori Y, Nonaka M, Iwamura H, et al. The effect of shunt removal on the quality of life in patients with congenital hydrocephalus[J]. Childs Nerv Syst, 2023, 39(5): 1261-1266. https://doi.org/10.1007/s00381-023-05835-1.

[25] Wang R, Ding Y, Yang M, et al. Diagnosis, management, and neurodevelopmental outcomes of fetal hydrocephalus: an observational prospective study[J]. Childs Nerv Syst, 2021, 37(12): 3777-3784. https://doi.org/10.1007/s00381-021-05213-9.

[26] Ouyang Q, Wang J, Yang Y, et al. A two-step therapeutic strategy in the management of critical neonatal hydrocephalus [J]. Turk Neurosurg, 2024. https://doi.org/10.5137/1019-5149.jtn.47201-24.1.

（责任编辑 郭征）

©Journal of Central South University (Medical Science). All rights reserved.