DOI:10.12138/j.issn.1671－9638.20264301

·论著·

儿童颅内感染的临床特征、预后及需脑室分流术的危险因素

韩　洋,何　芳,彭　镜,尹　飞,张慈柳,杨丽芬,邓小鹿
(中南大学湘雅医院儿童医学中心,湖南省儿童脑发育障碍性疾病临床医学研究中心,湖南 长沙　410008)

[摘　要] **目的**　分析儿童颅内感染的临床特征和预后,探讨颅内感染后脑积水需行脑室分流术的危险因素。**方法**　回顾性分析 2016 年 1 月—2024 年 12 月中南大学湘雅医院儿童医学中心诊治的颅内感染患儿人口学数据、临床表现、辅助检查、治疗和预后资料。根据是否实施脑室分流术分为手术组与非手术组,采用多因素 Logistic 回归模型分析颅内感染后脑积水需行脑室分流术的危险因素。**结果**　共纳入 103 例患儿,男 63 例(61.2%),女 40 例(38.8%),起病年龄 0.3(0.1,2.6)岁。手术组 38 例,非手术组 65 例。与非手术组相比,手术组患儿起病时头痛、颅神经麻痹、呼吸异常、单瘫、去皮层强直、脑膜刺激征阳性及改良 Rankin 评分 4～5 分的比例更高,脑室管膜炎、颅内出血及脑疝的发生率更高,脑脊液蛋白质水平更高而葡萄糖、氯化物水平更低(均 $P<0.05$)。中位随访时间 25(13,43)个月,手术组患儿末次随访时改良 Rankin 评分高于非手术组($Z=-2.384$, $P=0.017$)。手术组患儿 4 例死亡,非手术组无死亡患儿,两组患儿病死率比较,差异有统计学意义($P=0.017$)。起病时头痛($OR=24.04$, 95%CI:4.62～125.07)和脑脊液蛋白质升高($OR=2.54$, 95%CI:1.54～4.19)是颅内感染后脑积水需脑室分流术的危险因素。**结论**　颅内感染后需行脑室分流术的患儿起病时病情更严重。起病时头痛和脑脊液蛋白质升高可能是颅内感染后脑积水需行脑室分流术的独立危险因素,提示临床医生需加强病情监测与手术指征评估。

[关　键　词]　脑膜炎;脑积水;脑脊液分流术;儿童
[中图分类号]　R725.1

Clinical characteristics, prognosis, and risk factors for ventriculoperitoneal shunt in children with intracranial infection

HAN Yang, HE Fang, PENG Jing, YIN Fei, ZHANG Ciliu, YANG Lifen, DENG Xiaolu
(*Children's Medical Center, Xiangya Hospital of Central South University, Clinical Research Center for Children Neurodevelopmental Disabilities of Hunan Province, Changsha* 410008, *China*)

[**Abstract**] **Objective**　To analyze the clinical characteristics and prognosis of children with intracranial infection, and to explore the risk factors of hydrocephalus requiring ventriculoperitoneal shunt after intracranial infection. **Methods**　A retrospective analysis was conducted on the demographic data, clinical manifestations, auxiliary examinations, treatment and prognosis of children with intracranial infection treated in Children's Medical Center, Xiangya Hospital of Central South University from January 2016 to December 2024. The children were divided into a surgery group and a non-surgery group according to whether they received ventriculoperitoneal shunt for hydrocephalus. Multivariate logistic regression was used to analyze the risk factors for hydrocephalus requiring ventriculoperitoneal shunt after intracranial infection. **Results**　A total of 103 children were finally enrolled, including 63 males (61.2%) and 40 females (38.8%), with a median onset age of 0.3 (0.1, 2.6) years. There were 38 cases in the surgery group and 65 cases in the non-surgery group. Compared with the non-surgery group, the surgery group had higher proportions of headache, cranial nerve palsy, respiratory abnormalities, monoplegia, decorticate rigidity, positive meningeal irritation signs, and modified Rankin scale scores of 4－5 at onset; the detection rates of ventriculitis, intracranial hemorrhage, and brain herniation were higher; the cerebrospinal fluid protein level was higher,

[收稿日期]　2026－03－06
[基金项目]　湖南省自然科学基金(2026JJ80167)
[作者简介]　韩洋(1998－),男(撒拉族),青海省西宁市人,博士研究生在读,主要从事儿童神经系统疾病研究。
[通信作者]　邓小鹿　　E-mail:dengxiaolu1019@163.com

while the levels of glucose and chloride were lower (all $P<0.05$). The median follow-up duration was 25 (13, 43) months. The modified Rankin scale score at the last follow-up in the surgery group was higher than that in the non-surgery group ($Z=-2.384$, $P=0.017$). Four children died in the surgery group, while no death occurred in the non-surgery group, and the difference in mortality was statistically significant ($P=0.017$). Headache ($OR=24.04$, 95%CI: 4.62～125.07) and elevated cerebrospinal fluid protein ($OR=2.54$, 95%CI: 1.54～4.19) were risk factors for hydrocephalus requiring ventriculoperitoneal shunt after intracranial infection. **Conclusion** Children who need ventriculoperitoneal shunt after intracranial infection have more severe conditions at onset. Headache at onset and elevated cerebrospinal fluid protein may be independent risk factors for hydrocephalus requiring ventriculoperitoneal shunt after intracranial infection, suggesting that clinicians should strengthen disease monitoring and surgical indication evaluation.

[**Key words**] meningitis; hydrocephalus; cerebrospinal fluid shunts; child

儿童颅内感染可由细菌、真菌、结核分枝杆菌等各种病原体引起，其仍是全球儿童继发性脑积水的重要病因。感染相关的炎症反应可导致脑脊液循环和吸收障碍，引发急性或慢性脑积水[1-2]。在中低收入国家，31.4%的儿童脑积水由颅内感染所致[1]。脑室分流术是颅内感染后脑积水患儿控制颅内压和改善神经功能的主要手术治疗方式，包括脑室-腹膜分流术(VPS)、脑室心房分流术(VAS)和脑室胸膜腔分流术[1-2]。既往研究多关注感染性脑积水的临床特点与手术疗效，但针对儿童颅内感染后脑积水需行脑室分流术的危险因素分析仍相对有限[1-3]，颅内感染儿童的临床特征尚未被系统阐明。本研究回顾性总结颅内感染后脑积水需脑室分流术患儿的临床特征、辅助检查、治疗资料、危险因素和预后情况，为早期识别和精准诊疗提供循证医学证据。

1 对象与方法

1.1 *研究对象* 采用回顾性队列研究，纳入中南大学湘雅医院儿童医学中心 2016 年 1 月—2024 年 12 月诊疗的 110 例颅内感染患儿为研究对象。排除标准：(1)缺乏重要临床数据；(2)被诊断为其他脑部疾病；(3)被诊断为其他遗传性疾病，如先天性脑积水等。本研究经中南大学湘雅医院伦理委员会批准并跟踪审查，伦审科快第(202310892)号，监护人均知情同意。

1.2 *研究方法*

1.2.1 *资料收集* 通过医院电子病历系统收集患儿人口学资料、临床表现、辅助检查资料及治疗资料。临床表现包括发热、头痛等。辅助检查资料包括疾病初期血清 C 反应蛋白(CRP)与降钙素原(PCT)的测定结果、首次与术前病原学检查结果、头颅磁共振平扫增强结果等。

1.2.2 *诊断标准及分组* 脑积水与各型脑膜炎的诊断均根据儿童脑积水与各型脑膜炎的诊治指南或专家共识[1-2,4-7]，若有病原学阳性结果则为病原诊断，若无则为临床诊断。宏基因组二代测序(mNGS)技术在 2020 年被专家共识引入感染性疾病诊治[8]，据此及起病时间将患儿分为 2016—2020 年组与 2021—2024 年组。

1.2.3 *头颅磁共振成像(MRI)评估* 影像报告由放射科发布，并由 2 名中南大学湘雅医院儿童医学中心高年资主治医师及以上医生阅片复核。

1.2.4 *治疗* 所有患儿确诊后均接受规范治疗，但部分患儿经规范治疗后脑积水仍进行性加重，需行手术治疗，手术方式为 VPS 或 VAS。根据是否进行手术治疗将患儿分为手术组与非手术组。

1.2.5 *预后评估* 使用改良 Rankin 评分评估预后，总分 6 分，0～2 分定义为预后良好，≥3 分定义为预后不良。0 分为完全无症状；1 分为尽管有症状，但无明显功能障碍，能完成所有日常工作和生活；2 分为轻度残疾，不能完成病前所有活动，但不需帮助能照料自己的日常生活；3 分为中度残疾，需部分帮助，但能独立行走；4 分为中重度残疾，不能独立行走，日常生活需别人帮助；5 分为重度残疾，卧床，尿、粪便失禁，日常生活完全依赖他人；6 分为死亡。

1.2.6 *随访* 通过住院治疗、门诊或电话随访患儿并收集其临床表现、辅助检查和预后资料。末次随访日期为 2025 年 12 月 31 日。

1.3 *统计学方法* 应用 SPSS 27.0 进行统计学分析。计数资料用频数(百分比)[n(%)]表示，组间比较用 χ^2 检验或 *Fisher* 确切概率法；符合正态分布的计量资料用均数±标准差($\bar{x}\pm s$)表示，组间比较使用独立样本 t 检验；非正态分布计量资料用中位数(四分位间距)[$M(Q_1,Q_3)$]表示，组间比较用 *Mann-Whitney U* 检验。以双侧 $P\leqslant0.05$ 为差异有统计学意义。将组间比较中 $P\leqslant0.05$ 的变量纳入多因素 Logistic 回归模型，筛选颅内感染后脑积水需脑室分流术的独立危险因素。以双侧 $P\leqslant0.05$

为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 人口学数据与临床特征 110 例患儿中，失访 3 例，资料不全 3 例，合并遗传代谢性疾病 1 例，最终 103 例患儿纳入分析。103 例患儿中，男 63 例，女 40 例，起病年龄 0.3(0.1,2.6)岁。手术组 38 例，非手术组 65 例。手术组与非手术组患儿起病年龄比较[0.7(0.1,3.9)岁 VS 0.2(0.1,1.4)岁]，差异无统计学意义($Z=-1.217$，$P=0.224$)。103 例患儿起病时的改良 Rankin 评分为 4(3,5)分。手术组患儿出现头痛、颅神经麻痹、呼吸异常、单瘫、去皮层强直、脑膜刺激征阳性、起病改良 Rankin 评分 4～5 分的比例高于非手术组，差异均有统计学意义(均 $P<0.05$)。见表 1。

2.2 头颅 MRI 特征 所有患儿均完成头颅 MRI 检查，89 例(86.4%)头颅 MRI 异常。手术组患儿均出现脑积水，其中梗阻性脑积水 22 例(57.9%)，交通性脑积水 16 例(42.1%)。非手术组患儿出现脑积水 9 例(13.8%)，其中交通性脑积水 5 例，梗阻性脑积水 4 例。手术组患儿出现脑室管膜炎、颅内出血、颅内肉芽肿、脑疝和脑积水的比例高于非手术组，差异均有统计学意义(均 $P<0.05$)。见表 1。

表 1 手术组与非手术组患儿临床表现、头颅 MRI 特征情况比较

Table 1 Comparison of clinical manifestations and cranial MRI features of children in the surgery and non-surgery groups

项目	全部($n=103$)		手术组($n=38$)		非手术组($n=65$)		χ^2/Z	P
	例数	比率(%)	例数	比率(%)	例数	比率(%)		
女性	40	38.8	18	47.4	22	33.8	1.846	0.174
发热	96	93.2	35	92.1	61	93.8	-	0.707
头痛	17	16.5	11	28.9	6	9.2	6.765	0.009
呕吐	38	36.9	17	44.7	21	32.3	1.591	0.207
意识水平下降	44	42.7	20	52.6	24	36.9	2.418	0.120
抽搐	38	36.9	14	36.8	24	36.9	<0.001	0.993
颅神经麻痹	9	8.7	7	18.4	2	3.1	-	0.049
呼吸异常	8	7.8	6	15.8	2	3.1	-	0.049
单瘫	8	7.8	6	15.8	2	3.1	-	0.049
去皮层强直	6	5.8	5	13.2	1	1.5	-	0.025
前囟隆起	24	23.3	10	26.3	14	21.5	0.306	0.580
脑膜刺激征	41	39.8	20	52.6	21	32.3	4.134	0.042
起病改良 Rankin 评分(分)							4.050	<0.001
4～5	56	54.4	31	81.6	25	38.5		
3	34	33.0	5	13.2	29	44.6		
1～2	13	12.6	2	5.2	11	16.9		
头颅 MRI								
软脑膜强化	71	68.9	27	71.1	44	67.7	0.126	0.722
硬膜下积液	28	27.2	10	26.3	18	27.7	0.023	0.880
脑室管膜炎	10	9.7	10	26.3	0	0	-	<0.001
脑脓肿	7	6.8	3	7.9	4	6.2	-	0.707
颅内出血	7	6.8	7	18.4	0	0	-	<0.001
颅内肉芽肿	3	2.9	3	7.9	0	0	-	0.048
脑软化灶	10	9.7	5	13.2	5	7.7	-	0.493
脑疝	3	2.9	3	7.9	0	0	-	0.048
脑积水	47	45.6	38	100	9	13.8	-	<0.001

注：- 为无数值，使用 *Fisher* 确切概率法。

2.3　病原学及脑脊液检查结果　所有患儿均行脑脊液常规、生化与培养检查，98 例(95.1%)行血培养检查，29 例(28.2%)行脑脊液 mNGS 检查，10 例(9.7%)行血 mNGS 检查。病原诊断 58 例(56.3%)，临床诊断 45 例(43.7%)。脑脊液培养阳性 37 例(35.9%)，血培养阳性 20 例(19.4%，均与脑脊液培养结果一致)，脑脊液 mNGS 阳性 18 例(62.1%)。手术组与非手术组脑脊液 mNGS 阳性率分别为 61.1%(11/18)、63.6%(7/11)，两组比较差异无统计学意义($P=1.000$)。脑脊液培养病原菌包括肺炎链球菌 10 株，无乳链球菌 6 株，大肠埃希菌和新型隐球菌各 5 株，白念珠菌 4 株，鲍曼不动杆菌 2 株，按蚊伊丽莎白菌、医院不动杆菌、枯草芽孢杆菌、血液链球菌和马尔尼菲篮状菌各 1 株。血培养病原菌包括肺炎链球菌 8 株，大肠埃希菌 5 株，无乳链球菌和金黄色葡萄球菌各 2 株，新型隐球菌、鲍曼不动杆菌和按蚊伊丽莎白菌各 1 株。患儿脑脊液 mNGS 检出的病原体与脑脊液或血培养一致 10 例，仅有脑脊液 mNGS 阳性 8 例，包括结核分枝杆菌和白念珠菌各 2 例，大肠埃希菌、肺炎链球菌、流感嗜血杆菌和细小脲原体各 1 例。10 例患儿血 mNGS 检测结果均为阴性。

两组患儿血 CRP 与 PCT 结果比较，差异均无统计学意义(均 $P>0.05$)。手术组患儿的脑脊液葡萄糖和氯化物水平低于非手术组，蛋白质水平高于非手术组，差异均有统计学意义(均 $P<0.05$)。见表 2。手术组患儿病原学检查及治疗资料见表 3。

表 2　手术组与非手术组患儿实验室检测结果

Table 2　Laboratory examination results of the surgery and non-surgery groups

检测项目	手术组($n=38$)	非手术组($n=65$)	Z/χ^2	P
血 CRP(mg/L)	8.56(1.84,26.54)	15.64(3.01,69.15)	−1.576	0.115
血 PCT(ng/mL)	0.18(0.05,1.09)	0.19(0.05,3.83)	−1.016	0.310
血培养阳性[例(%)]	8(21.1)	12(18.5)	0.103	0.748
脑脊液检查				
浑浊[例(%)]	14(36.8)	14(21.5)	2.837	0.092
压力(cmH_2O)	15(10,25)	13(10,17)	−1.924	0.054
白细胞计数($\times10^6$/L)	280(85,1 403)	200(40,580)	−1.292	0.196
多核细胞占比	0.60(0.40,0.80)	0.65(0.30,0.76)	−0.611	0.541
葡萄糖(mmol/L)	1.04(0.40,2.30)	2.47(1.69,3.04)	−3.647	<0.001
蛋白质(g/L)	2.49(1.59,3.50)	1.12(0.52,1.98)	−4.221	<0.001
氯化物(mmol/L)	116.5(110.6,121.0)	122.3(118.3,125.4)	−3.650	<0.001
培养阳性[例(%)]	15(39.5)	22(33.8)	0.330	0.566

2.4　治疗与预后　所有患儿均接受了抗菌药物治疗，手术组患儿抗菌药物使用情况见表 3。手术组患儿在分流术前脑脊液培养均为阴性。其中 13 例在脑室分流术前行侧脑室外引流术或 Omaya 囊引流术。手术组患儿于起病后 59(35,93) d 行脑室分流术，其中 32 例行 VPS(84.2%)，6 例行 VAS(15.8%)。术后并发症：引流装置堵塞 7 例次，感染 5 例次，脑脊液漏 2 例次。4 例患儿因 VPS 堵塞行 VAS。

随访时间 25(13,43)个月。末次随访时 103 例患儿的改良 Rankin 评分为 1(0,1)分。手术组与非手术组末次随访时改良 Rankin 评分比较[1(0,2)分 VS 0(0,1)分]，差异有统计学意义($Z=-2.384$，$P=0.017$)。末次随访时手术组改良 Rankin 评分与起病时比较[1(0,2)分 VS 4(4,5)分]，差异有统计学意义($Z=-5.268$，$P<0.001$)。12 例患儿预后不良，手术组与非手术组预后不良比率比较[18.4%(7/38)和 7.7%(5/65)]，差异无统计学意义($\chi^2=2.682$，$P=0.102$)。25 例(24.3%)患儿出现后遗症，手术组 11 例，非手术组 14 例，两组出现后遗症的比率[28.9%(11/38)和 21.5%(14/65)]比较，差异无统计学意义($\chi^2=0.716$，$P=0.397$)。后遗症包括视听异常和癫痫各 12 例次，智力障碍/全面发育落后 10 例次。末次随访时 4 例(3.9%)患儿死亡，均为手术组患儿，其中结核性脑膜炎 2 例，细菌性脑膜炎和真菌性脑膜炎各 1 例，均因不可逆转的病情加重致心肺骤停死亡。手术组与非手术组患儿病死率比较[10.5%(4/38)和 0(0/65)]，差异有统计学意义($P=0.017$)。

表 3　手术组患儿病原学检查与抗菌药物治疗资料

Table 3　Data of etiological tests and antimicrobial therapy in children from the surgery group

例序	年龄(岁)	性别	脑脊液、血液或其他病原学检查结果	脑室分流术前抗菌药物使用情况
1	18 d	男	血培养大肠埃希菌，脑脊液培养阴性，mNGS 未做	依次予美罗培南、哌拉西林/他唑巴坦、头孢哌酮/舒巴坦
2	0.4	女	血培养肺炎链球菌，脑脊液培养阴性，mNGS 未做	依次予万古霉素、利奈唑胺
3	0.2	男	脑脊液培养白念珠菌，血培养阴性，mNGS 未做	依次予伏立康唑、卡泊芬净、氟康唑、两性霉素 B 脂质体 + 氟胞嘧啶
4	1.4	女	脑脊液和血培养阴性，mNGS 未做	异烟肼 + 利福平 + 吡嗪酰胺 + 乙胺丁醇
5	3 d	女	脑脊液培养大肠埃希菌，血培养阴性，mNGS 未做	美罗培南 + 利奈唑胺
6	0.1	男	脑脊液培养白念珠菌，血培养阴性，mNGS 未做	依次予头孢曲松、氟康唑
7	1.1	男	脑脊液和血培养阴性，mNGS 未做	依次予万古霉素、头孢曲松 + 美罗培南
8	0.4	女	血培养肺炎链球菌，脑脊液培养阴性，mNGS 未做	依次予万古霉素 + 利福平、利奈唑胺 + 利福平
9	3.2	男	血清结核感染 T 淋巴细胞斑点试验阳性，脑脊液和血培养阴性，mNGS 未做	异烟肼 + 利福平 + 吡嗪酰胺 + 乙胺丁醇
10	9.3	男	脑脊液和血培养阴性，mNGS 未做	依次予氟胞嘧啶 + 氟康唑、伏立康唑
11	1.1	女	脑脊液和血培养阴性，mNGS 未做	美罗培南 + 利奈唑胺
12	11.3	男	脑脊液培养新型隐球菌，血培养阴性，mNGS 未做	两性霉素 B + 氟胞嘧啶
13	0.8	女	脑脊液和血培养肺炎链球菌，mNGS 未做	头孢曲松 + 利奈唑胺
14	3 d	女	血培养大肠埃希菌，脑脊液培养阴性，mNGS 未做	阿米卡星 + 利福平
15	9.5	女	脑脊液和血培养新型隐球菌，mNGS 未做	两性霉素 B + 氟胞嘧啶
16	0.4	男	脑脊液培养白念珠菌，血培养阴性，mNGS 未做	美罗培南 + 氟康唑 + 利奈唑胺
17	3.5	女	脑脊液培养新型隐球菌，血培养阴性，mNGS 未做	依次予两性霉素脂质体 + 氟胞嘧啶、氟康唑 + 氟胞嘧啶
18	3.4	男	脑脊液培养和 mNGS 阴性，血培养和 mNGS 未做	美罗培南 + 万古霉素
19	13 d	男	脑脊液培养、血培养和脑脊液 mNGS 阴性，血 mNGS 未做	美罗培南
20	0.3	男	脑脊液培养、血培养和脑脊液 mNGS 阴性，血 mNGS 未做	依次予利奈唑胺 + 利福平、头孢曲松 + 利福平
21	0.2	女	脑脊液培养、血培养、脑脊液 mNGS 和血 mNGS 阴性	头孢曲松 + 万古霉素
22	0.1	男	脑脊液和血培养按蚊伊丽莎白菌，mNGS 未做	依次予哌拉西林/他唑巴坦、头孢哌酮/舒巴坦 + 复方磺胺甲噁唑
23	11.6	男	脑脊液培养和 mNGS 鲍曼不动杆菌，血培养阴性，血 mNGS 未做	依次予替加环素 + 多黏菌素 B、多西环素 + 头孢哌酮/舒巴坦
24	0.6	男	脑脊液 mNGS 结核分枝杆菌，脑脊液和血培养阴性，血 mNGS 未做	异烟肼 + 利福平 + 吡嗪酰胺 + 乙胺丁醇
25	0.1	男	脑脊液 mNGS 白念珠菌，脑脊液和血培养阴性，血 mNGS 未做	美罗培南 + 氟康唑
26	3 d	男	脑脊液 mNGS 微小脲原体，脑脊液和血培养阴性，血 mNGS 未做	红霉素 + 左氧氟沙星
27	11.6	女	脑脊液 mNGS 结核分枝杆菌，脑脊液结核分枝杆菌复合群 DNA 检测阳性，脑脊液和血培养阴性，血 mNGS 未做	异烟肼 + 利福平 + 吡嗪酰胺 + 乙胺丁醇
28	0.1	女	脑脊液培养、血培养、脑脊液 mNGS 和血 mNGS 阴性	美罗培南 + 万古霉素
29	1.9	女	脑脊液培养和 mNGS 马尔尼菲篮状菌，血培养和 mNGS 阴性	两性霉素 B 脂质体
30	5.0	女	脑脊液培养肺炎链球菌，血培养阴性，脑脊液和血 mNGS 未做	依次予头孢曲松 + 利奈唑胺、利福平
31	12.8	女	脑脊液结核分枝杆菌复合群 DNA 检测阳性，脑脊液培养阴性，血培养和 mNGS 未做	异烟肼 + 利福平 + 吡嗪酰胺 + 乙胺丁醇
32	10.9	女	脑脊液培养、血培养、脑脊液 mNGS 和血 mNGS 阴性	依次予美罗培南、头孢曲松
33	11 d	男	脑脊液培养和 mNGS 医院不动杆菌，血培养阴性，血 mNGS 未做	依次予美罗培南、美罗培南 + 万古霉素、头孢他啶 + 复方磺胺甲噁唑
34	10 d	男	脑脊液 mNGS 大肠埃希菌，脑脊液培养、血培养和血 mNGS 阴性	依次予美罗培南、亚胺培南
35	3.2	男	脑脊液培养和 mNGS 新型隐球菌，血培养和 mNGS 未做	两性霉素 B + 氟胞嘧啶
36	0.1	女	脑脊液培养、血培养、脑脊液 mNGS 和血 mNGS 阴性	依次予美罗培南 + 利奈唑胺、头孢哌酮/舒巴坦 + 利奈唑胺
37	8.2	女	脑脊液和血培养、脑脊液 mNGS 和支气管肺泡灌洗液 mNGS 鲍曼不动杆菌，血 mNGS 未做	利奈唑胺 + 头孢哌酮/舒巴坦 + 多黏菌素 B
38	0.7	男	脑脊液 mNGS 白念珠菌，脑脊液培养、血培养和血 mNGS 阴性	两性霉素 B 脂质体 + 氟胞嘧啶

2.5　颅内感染后脑积水需脑室分流术危险因素　将头痛、颅神经麻痹、呼吸异常、单瘫、去皮层强直、脑膜刺激征、脑脊液蛋白质、起病改良 Rankin 评分≥4 分纳入多因素 Logistic 回归分析，头痛（OR = 24.04，95%CI：4.62～125.07）和脑脊液蛋白质升高（OR = 2.54，95%CI：1.54～4.19）是颅内感染后脑积水需脑室分流术的危险因素。见表 4。

2.6　2016—2020 年组与 2021—2024 年组差异分析　2016—2020 年组共 69 例，其中手术组 22 例（31.9%），2021—2024 年组共 34 例，其中手术组 16 例（47.1%），两组间手术比例比较，差异无统计学意义（P>0.05）。2016—2020 年组与 2021—2024 年组脑脊液 mNGS 阳性率分别为 0（0/4）、72.0%（18/25），两组比较差异有统计学意义（P = 0.001）。2016—2020 年组与 2021—2024 年组血培养阳性率分别为 25.0%（17/68）、30.0%（3/10），两组比较差异无统计学意义（P = 0.081）。2021—2024 年组出现脑膜强化、脑脊液 mNGS 阳性和病原诊断的比例高于 2016—2020 年组，出现后遗症的比例低于 2016—2020 年组，两组间比较，差异有统计学意义（均 P<0.05）。见表 5。

表 4　儿童颅内感染后脑积水需行脑室分流术的多因素 Logistic 回归分析

Table 4　Multivariate logistic regression analysis of the requirement for ventriculoperitoneal shunt due to hydrocephalus in children after intracranial infection

变量	β	S_b	Wald χ^2	P	OR（95%CI）
头痛	3.180	0.841	14.248	<0.001	24.04（4.62～125.07）
颅神经麻痹	1.558	1.179	1.747	0.186	4.75（0.47～47.85）
呼吸异常	1.497	1.033	2.101	0.147	4.47（0.59～33.83）
单瘫	0.385	1.289	0.089	0.765	1.47（0.12～18.38）
去皮层强直	0.885	1.380	0.411	0.521	2.42（0.16～36.18）
脑膜刺激征	−0.261	0.621	0.176	0.675	0.77（0.23～2.60）
脑脊液蛋白质	0.931	0.256	13.268	<0.001	2.54（1.54～4.19）
起病改良 Rankin 评分≥4 分	1.179	0.651	3.282	0.070	3.25（0.91～11.63）

表 5　儿童颅内感染 2016—2020 年组与 2021—2024 年组差异分析

Table 5　Comparison of children with intracranial infection between the 2016－2020 and 2021－2024 groups

项目	例数	2016—2020 年组（n = 69）		2021—2024 年组（n = 34）		χ^2	P
		例数	比率（%）	例数	比率（%）		
手术组	38	22	31.9	16	47.1	2.253	0.133
发热	96	63	91.3	33	97.1	1.191	0.275
头痛	17	8	11.6	9	26.5	3.658	0.056
呕吐	38	21	30.4	17	50.0	3.745	0.053
意识水平下降	44	32	46.4	12	35.3	1.143	0.285
抽搐	38	29	42.0	9	26.5	2.368	0.124
颅神经麻痹	9	6	8.7	3	8.8	−	1.000
呼吸异常	8	4	5.8	4	11.8	−	0.434
单瘫	8	6	8.7	2	5.9	−	0.616
去皮层强直	6	4	5.8	2	5.9	−	0.986
前囟隆起	24	19	27.5	5	14.7	2.098	0.147
脑膜刺激征	41	23	33.3	18	52.9	3.655	0.056
头颅 MRI							
软脑膜强化	71	43	62.3	28	82.4	4.269	0.039
硬膜下积液	28	21	30.4	7	20.6	1.116	0.291
脑室管膜炎	10	6	8.7	4	11.8	−	0.726
脑脓肿	7	4	5.8	3	8.8	−	0.682
颅内出血	7	4	5.8	3	8.8	−	0.682
颅内肉芽肿	3	1	1.4	2	5.9	−	0.253
脑软化灶	10	7	10.1	3	8.8	−	1.000
脑疝	3	2	2.9	1	2.9	−	1.000
预后不良	12	10	14.5	2	5.9	−	0.328
后遗症	25	22	31.9	3	8.8	6.590	0.010
脑脊液培养阳性	37	23	33.3	14	41.2	0.609	0.435
病原诊断	58	34	49.3	24	70.6	4.205	0.040

注：− 为无数值，采用 *Fisher* 确切概率法。

3 讨论

颅内感染后脑积水需行脑室分流术患儿的临床特征及危险因素研究较少。本研究通过回顾性队列研究，分析该类患儿的临床特征，并开展随访以明确其危险因素，旨在为精准诊疗提供循证医学证据。

本研究显示，颅内感染后脑积水需行脑室分流术的患儿，起病时更可能出现头痛、颅神经麻痹、呼吸异常、单瘫、去皮层强直和脑膜刺激征阳性，且起病时改良 Rankin 评分更高。这些临床特征与颅内感染所致的颅高压及脑积水密切相关[9]。头痛和颅神经麻痹均可由颅内压增高导致[10-11]；在脑积水及颅高压后期，患儿可出现轻度偏瘫、反射亢进、肌张力增高、血压升高和呼吸抑制等表现[9]，这些临床表现亦提示更高的改良 Rankin 评分，本研究中的患儿临床特征与此一致。

脑脊液检查对于颅内感染患儿的诊治至关重要[12]。细菌性脑膜炎患儿可出现脑脊液压力升高，白细胞计数及蛋白质水平不同程度增高，脑脊液葡萄糖水平可正常或不同程度下降[5, 12]，本研究中患儿脑脊液变化与此一致。结核性脑膜炎患儿的相关指标变化程度可能不及细菌性脑膜炎显著[13-14]，而真菌性脑膜炎病例相对较少，其脑脊液变化情况仍需进一步研究。除病原学因素外，脑积水本身也会影响脑脊液常规与生化检查结果。本研究中，手术组患儿均因脑积水行脑室分流术，其脑脊液蛋白质水平高于非手术组，而葡萄糖和氯化物水平低于非手术组。这一方面归因于颅内感染本身导致的脑脊液异常；另一方面，脑积水引发脑脊液循环受阻和吸收障碍，使得感染所致的异常成分无法及时清除，进而加重了脑脊液的异常改变[1-2]。

明确病原学对于颅内感染患儿的诊治具有决定性意义，然而诸多因素限制了作为“金标准”的脑脊液培养的应用范围[13,15]。因此，各指南与共识普遍推荐采用多种病原学检查相结合的综合性模式，以提高检出率[5-7, 13]。mNGS 技术于 2020 年左右被专家共识引入感染性疾病的诊断，此后相关共识的发布[8, 16]进一步拓展了 mNGS 在颅内感染患儿中的应用。研究[17]显示，采用 mNGS 联合常规临床病原检测可使颅内感染患儿的病原检出率提高 13.1%。本研究中，有 8 例患儿仅脑脊液 mNGS 结果为阳性，检出病原体包括结核分枝杆菌、白念珠菌和细小脲原体，这些病原体在传统检查模式下通常难以明确，这显示了 mNGS 技术对于提高检出率的积极意义。

儿童颅内感染的头颅 MRI 表现因病原体不同而呈现不同特点。由于软脑膜常受累，大部分患儿可出现软脑膜强化；此外，还可出现硬膜下积液、硬膜外积液、颅内出血、脑室管膜炎和脑实质受累等表现。结核分枝杆菌感染可有颅内肉芽肿或脑结核瘤等相对罕见的表现[18-20]。本研究中患儿的头颅 MRI 特点与上述特征基本一致。本研究显示，手术组患儿更常出现脑室管膜炎、颅内出血、颅内肉芽肿和脑疝，这些表现常提示预后不良、脑积水及颅高压，提示临床医生，当出现上述征象时应加强手术指征的评估。

抗菌药物治疗仍是颅内感染患儿治疗的首选方案。然而，部分患儿经积极规范的内科治疗后，仍出现脑积水进行性加重。对于这些患儿，多项研究证实了脑室分流术的疗效与安全性[3, 14]。本研究中，患儿在脑室分流术前的脑脊液培养结果均为阴性，具备较安全的手术指征。术后无患儿出现病原体播散，最常见的术后并发症为引流装置阻塞，这与既往研究结果一致[21-23]。手术组患儿末次随访时的改良 Rankin 评分较起病时下降，表明脑室分流术对该类患儿具有治疗效果。本研究中，24.3%的患儿遗留后遗症，包括视听异常、癫痫和智力障碍/全面发育落后，这与既往研究[24-25]的结果一致。

本研究显示，2021—2024 年组患儿出现脑膜强化、脑脊液 mNGS 阳性和病原学，诊断阳性的比例高于 2016—2020 年组，这可能反映了诊断技术与方法的不断更新与进步，尤其是 mNGS 技术的应用提高了病原学诊断的比例。此外，其后遗症的比例低于 2016—2020 年组，可能反映了诊疗策略的更新对患儿远期预后的改善作用。

本研究中，非手术组有 9 例患儿出现脑积水，但经内科治疗得到控制，未进展至需行脑室分流术的程度，故本研究识别了颅内感染后脑积水需手术干预的危险因素。结果表明，头痛和脑脊液蛋白质水平升高会显著增加儿童颅内感染后脑积水需行脑室分流术的风险。这些因素提示了颅高压及脑积水的典型临床特征，提示临床医生，当出现上述临床表现时应密切观察病情转归与治疗反应，如有手术指征，可更积极地调整综合治疗策略。

本研究存在一定局限性：样本量相对较小；作为单中心回顾性研究，难以纳入更多潜在的相关危险因素，结果的精确性和普适性可能受限；部分患儿曾

于其他中心接受诊疗，可能引入选择偏倚；低龄患儿无法自主描述头痛症状，存在一定的信息错分偏倚。期待未来有大样本量的多中心研究，以更好地指导临床实践和规范诊疗。

作者贡献声明：韩洋负责收集数据、数据分析、论文撰写；何芳、彭镜、尹飞、张慈柳、杨丽芬负责研究实施；邓小鹿负责研究设计、论文审阅、经费支持。

利益冲突：所有作者均声明不存在利益冲突。

[参 考 文 献]

[1] Kahle KT, Klinge PM, Koschnitzky JE, et al. Paediatric hydrocephalus[J]. Nat Rev Dis Primers, 2024, 10(1): 35.

[2] Kahle KT, Kulkarni AV, Limbrick DD Jr, et al. Hydrocephalus in children[J]. Lancet, 2016, 387(10020): 788－799.

[3] 陈施梦，彭镜，邓小鹿，等. 脑室分流术在感染后脑积水患儿中的应用[J]. 中南大学学报(医学版)，2019，44(11)：1230－1237.
Chen SM, Peng J, Deng XL, et al. Application of ventricular shunt for children with post-infective hydrocephalus[J]. Journal of Central South University(Medical Science), 2019, 44(11): 1230－1237.

[4] Chang CC, Harrison TS, Bicanic TA, et al. Global guideline for the diagnosis and management of cryptococcosis: an initiative of the ECMM and ISHAM in cooperation with the ASM[J]. Lancet Infect Dis, 2024, 24(8): e495－e512.

[5] 中华医学会儿科学分会感染学组，国家儿童感染与过敏性疾病监测中心，中华儿科杂志编辑委员会. 儿童社区获得性细菌性脑膜炎诊断与治疗临床实践指南(2025)[J]. 中华儿科杂志，2025，63(2)：117－130.
The Subspecialty Group of Infectious Diseases, the Society of Pediatrics, Chinese Medical Association; National Center for Children's Infectious and Allergic Diseases Surveillance; the Editorial Board, Chinese Journal of Pediatrics. Clinical practice guidelines for the diagnosis and treatment of community-acquired bacterial meningitis in children (2025)[J]. Chinese Journal of Pediatrics, 2025, 63(2): 117－130.

[6] Mai NTH, Thwaites GE. Recent advances in the diagnosis and management of tuberculous meningitis[J]. Curr Opin Infect Dis, 2017, 30(1): 123－128.

[7] Principi N, Esposito S. Diagnosis and therapy of tuberculous meningitis in children[J]. Tuberculosis (Edinb), 2012, 92(5): 377－383.

[8] 宏基因组学测序技术在中重症感染中的临床应用共识专家组，中国研究型医院学会脓毒症与休克专业委员会，中国微生物学会微生物毒素专业委员会，等. 宏基因组学测序技术在中重症感染中的临床应用专家共识(第一版)[J]. 中华危重病急救医学，2020，32(5)：531－536.
Consensus Group of Experts on Application of Metagenomic Next Generation Sequencing in the Pathogen Diagnosis in Clinical Moderate and Severe Infections; Professional Committee of Sepsis and Shock, Chinese Research Hospital Association; Professional Committee of Microbial Toxins, Chinese Society for Microbiology, et al. Expert consensus for the application of metagenomic next generation sequencing in the pathogen diagnosis in clinical moderate and severe infections (first edition)[J]. Chinese Critical Care Medicine, 2020, 32(5): 531－536.

[9] 何芳，彭镜，尹飞. 儿童中枢神经系统感染性疾病致颅高压及脑积水的诊治进展[J]. 中国当代儿科杂志，2015，17(6)：549－553.
He F, Peng J, Yin F. Progress in diagnosis and treatment of intracranial hypertension and hydrocephalus in children with intracranial infections[J]. Chinese Journal of Contemporary Pediatrics, 2015, 17(6): 549－553.

[10] Eftekhari N, Gholizadeh M, Azizi Z, et al. Incidence of cranial and ophthalmic nerve palsy and associated risk factors in tuberculous meningitis: A systematic review and meta-regression analysis[J]. IBRO Neurosci Rep, 2026, 20: 407－417.

[11] Koktekir BE, Koktekir E, Ozcan G, et al. Strabismus in hydrocephalus patients[J]. Childs Nerv Syst, 2019, 35(8): 1381－1384.

[12] Goto R, Horiuchi Y, Kawakami H, et al. Cerebrospinal fluid analysis is associated with enhancement on MRI in bacterial and tuberculous meningitis: a retrospective observational study[J]. Clin Neurol Neurosurg, 2022, 212: 107036.

[13] Thwaites G, Fisher M, Hemingway C, et al. British infection society guidelines for the diagnosis and treatment of tuberculosis of the central nervous system in adults and children[J]. J Infect, 2009, 59(3): 167－187.

[14] Zhang X, Li PT, Wen JX, et al. Ventriculoperitoneal shunt for tuberculous meningitis-associated hydrocephalus: long-term outcomes and complications[J]. BMC Infect Dis, 2023, 23(1): 742.

[15] Kanegaye JT, Soliemanzadeh P, Bradley JS. Lumbar puncture in pediatric bacterial meningitis: defining the time interval for recovery of cerebrospinal fluid pathogens after parenteral antibiotic pretreatment[J]. Pediatrics, 2001, 108(5): 1169－1174.

[16] 中华医学会儿科学分会新生儿学组，中华儿科杂志编辑委员会. 宏基因组二代测序技术在新生儿感染性疾病中的临床应用专家共识[J]. 中华儿科杂志，2022，60(6)：516－521.
The Subspecialty Group of Neonatology, the Society of Pediatrics, Chinese Medical Association; the Editorial Board, Chinese Journal of Pediatrics. Expert consensus on the application of metagenomics next-generation sequencing in neonatal infectious diseases[J]. Chinese Journal of Pediatrics, 2022, 60(6): 516－521.

[17] Guo LY, Li YJ, Liu LL, et al. Detection of pediatric bacterial meningitis pathogens from cerebrospinal fluid by next-genera-

tion sequencing technology[J]. J Infect, 2019, 78(4): 323-337.

[18] Baloji A, Ghasi RG. MRI in intracranial tuberculosis: have we seen it all? [J]. Clin Imaging, 2020, 68: 263-277.

[19] Nickerson JP, Richner B, Santy K, et al. Neuroimaging of pediatric intracranial infection--part 1: techniques and bacterial infections[J]. J Neuroimaging, 2012, 22(2): e42-e51.

[20] Lummel N, Koch M, Klein M, et al. Spectrum and prevalence of pathological intracranial magnetic resonance imaging findings in acute bacterial meningitis[J]. Clin Neuroradiol, 2016, 26(2): 159-167.

[21] Reddy GK, Bollam P, Caldito G. Long-term outcomes of ventriculoperitoneal shunt surgery in patients with hydrocephalus [J]. World Neurosurg, 2014, 81(2): 404-410.

[22] Korinek AM, Fulla-oller L, Boch AL, et al. Morbidity of ventricular cerebrospinal fluid shunt surgery in adults: an 8-year study[J]. Neurosurgery, 2011, 68(4): 985-995.

[23] Merkler AE, Ch'ang J, Parker WE, et al. The rate of complications after ventriculoperitoneal shunt surgery[J]. World Neurosurg, 2017, 98: 654-658.

[24] Sinha MK, Garg RK, Anuradha HK, et al. Vision impairment in tuberculous meningitis: predictors and prognosis[J]. J Neurol Sci, 2010, 290(1-2): 27-32.

[25] Juganariu G, Miftode E, Teodor D, et al. Clinical features and course of bacterial meningitis in children[J]. Rev Med Chir Soc Med Nat Iasi, 2012, 116(3): 722-726.

（本文编辑：左双燕）

本文引用格式：韩洋，何芳，彭镜，等. 儿童颅内感染的临床特征、预后及需脑室分流术的危险因素[J]. 中国感染控制杂志，2026，25(8)：1172-1180. DOI：10.12138/j.issn.1671-9638.20264301.

Cite this article as: HAN Yang, HE Fang, PENG Jing, et al. Clinical characteristics, prognosis, and risk factors for ventriculoperitoneal shunt in children with intracranial infection[J]. Chin J Infect Control, 2026, 25(8): 1172-1180. DOI: 10.12138/j.issn.1671-9638.20264301.