



电子、语音版

·论著·

86例 Chiari畸形 I 型合并脊髓空洞症患者 手术疗效及预后分析

张明初^{1,2}, 段承成^{1,2}, 魏铭坤^{1,2}, 张龙啸^{1,2}, 宋登攀^{1,2}, 郭付有^{1,2}

1. 郑州大学第一附属医院神经外科, 河南 郑州 450052

2. 河南省神经系统畸形国际联合实验室, 河南 郑州 450052

摘要:目的 研究 Chiari 畸形 I 型(CM-I)合并脊髓空洞症患者接受后颅窝减压合并小脑扁桃体切除术(PFDRT)的效果,探究影响患者预后的相关因素。方法 选择2016年1月—2022年2月郑州大学第一附属医院神经外科采用PFDRT治疗的成年CM-I合并脊髓空洞症患者86例,分析患者手术前后的临床特征、影像学特征以及随访资料。使用芝加哥 Chiari 结局量表(CCOS)作为患者临床预后的评估指标,患者预后相关影响因素的分析则采用单因素及多因素 Logistic 回归。结果 该组临床治愈72例(83.72%),脊髓空洞完全消失12例(13.95%),脊髓空洞好转79例(91.86%);术后发热14例(16.28%),枕下积液5例(5.81%)。术后患者影像学指标术前均有显著改变($P<0.001$),大多数患者术后临床症状较术前改善明显($P<0.05$)。多因素 Logistic 回归分析均显示病程和小脑相关症状是患者临床治愈的危险因素,病程越长的患者预后越差,有小脑相关症状的患者预后较差。结论 PFDRT 是治疗 CM-I 合并脊髓空洞症患者的有效手段,长病程以及小脑相关症状均影响患者预后,对于有临床症状的 CM-I 合并脊髓空洞症患者应该尽早治疗。

[国际神经病学神经外科学杂志, 2023, 50(5): 15–20]

关键词: Chiari 畸形 I 型;脊髓空洞症;后颅窝减压合并小脑扁桃体切除术;预后

中图分类号: R651

DOI:10.16636/j.cnki.jinn.1673-2642.2023.05.003

Surgical efficacy and prognosis in 86 patients with Chiari malformation type I and syringomyelia

ZHANG Mingchu^{1,2}, DUAN Chengcheng^{1,2}, WEI Mingkun^{1,2}, ZHANG Longxiao^{1,2}, SONG Dengpan^{1,2}, GUO Fuyou^{1,2}

1. Department of Neurosurgery, The First Affiliated Hospital of Zhengzhou University, Zhengzhou, Henan 450052, China

2. International Joint Laboratory of Nervous System Malformation of Henan Province, Zhengzhou, Henan 450052, China

Abstract: **Objective** To investigate the effect of posterior fossa decompression with resection of tonsils (PFDRT) in patients with Chiari malformation type I (CM-I) and syringomyelia, and to explore the related factors affecting the prognosis of patients. **Methods** Eighty-six adult patients with CM-I and syringomyelia who had been treated with PFDRT in the Department of Neurosurgery of the First Affiliated Hospital of Zhengzhou University from January 2016 to February 2022 were selected, and their clinical features and imaging features before and after surgery as well as follow-up data were analyzed. The Chicago Chiari Outcome Scale was used for assessment of patients' clinical prognosis. Univariate and multivariate logistic regression analyses were used to analyze related influencing factors for patient's prognosis. **Results** A total of 72 (83.72%) patients were clinically cured. Syringomyelia completely disappeared in 12 (13.95%) patients and was improved in 79 (91.86%) patients. There were postoperative fever in 14 (16.28%) patients and suboccipital effusion in 5 (5.81%) patients. Significant changes in imaging indicators were observed after surgery ($P<0.001$). Postoperative clinical symptoms of most patients were improved significantly compared with preoperative ones ($P<0.05$). Multivariate logistic

基金项目:国家重点研发计划“战略性科技创新合作”重点专项(2021YFE0204700)。

收稿日期:2022-10-21;修回日期:2023-10-13

作者简介:张明初(1995—),男,硕士研究生,主要从事神经系统畸形的研究,Email: 1628017860@qq.com。

通信作者:郭付有(1973—),男,主任医师,博士生导师,主要从事神经系统畸形和脑血管病的研究,Email: chyou666@hotmail.com。

regression analysis showed that disease duration and cerebellar symptoms were risk factors for clinical cure. Poorer prognosis was observed in patients with longer disease duration, and also in patients with cerebellar symptoms.

Conclusions PFDRT is an effective method for the treatment of CM-I with syringomyelia. Both long disease duration and cerebellar symptoms affect the prognosis of patients. Early treatment should be provided for patients with CM-I and syringomyelia who have clinical symptoms.

[Journal of International Neurology and Neurosurgery, 2023, 50(5): 15–20]

Keywords: Chiari malformation type I; syringomyelia; posterior fossa decompression with resection of tonsils; prognosis

Chiari畸形I型(Ciari malformation type I, CM-I)是一种相对罕见的先天性疾病^[1]。成人CM-I的患病率为0.24%~0.90%^[2-3]。最新CM-I诊治国际专家共识指出,患者一侧或双侧小脑扁桃体疝出枕骨大孔平面5 mm及以上在影像学可被定义为CM-I;其中3 mm以内的小脑扁桃体下疝被认为是一种正常的生理性变异;下疝范围在3~5 mm的患者应引起关注,尤其当该患者合并脊髓空洞症或其小脑扁桃体头端变尖成楔状时^[4-5]。脊髓空洞症是CM-I患者常见的伴随症状,发生率为40.0%~80.5%^[6]。有研究指出CM-I患者的脊髓空洞可能源于疝出的小脑扁桃体,其作为一个活塞,在心脏收缩脉冲作用下阻塞枕骨大孔区的蛛网膜下腔。脑脊液在活塞运动的推动下,通过脊髓周围血管和细胞间质在心脏收缩期进入脊髓,形成空洞。脊髓空洞内液体随心动周期产生纵向振荡,促进脊髓空洞的进展^[7]。外科手术是治疗症状性CM-I合并脊髓空洞症的首选方案,但具体采取哪种手术方式尚存争议^[8-10]。随着对CM-I合并脊髓空洞症的研究进一步深入,后颅窝减压术合并小脑扁桃体切除术(posterior fossa decompression with resection of tonsils, PFDRT)被认为可治疗枕骨大孔区蛛网膜下腔脑脊液异常流动情况,增加枕大池容积,改善颅颈交界区的脑脊液循环,提升患者的临床预后^[11-12]。但是由于PFDRT操作具有较强的侵袭性,目前又缺乏高质量的证据支撑其安全性和有效性,因此多数神经外科医生对是否应该应用此术式存在争议^[13]。为了进一步评估CM-I合并脊髓空洞症患者接受PFDRT治疗的效果,探寻影响患者预后的相关因素,本研究对就诊于我院,符合纳排标准的86例CM-I合并脊髓空洞症患者进行回顾性分析。

1 资料和方法

1.1 一般资料

回顾性分析2016年1月—2022年2月就诊于郑州大学第一附属医院神经外科的86例CM-I合并脊髓空洞症患者临床资料。其中,男性23例,女性63例,男女比例约为1.00:2.74;平均年龄为46.46岁。纳入标准:①年龄>18岁;②影像学检查确诊为CM-I,即术前3.0T颅颈交界区磁共振(MRI)显示小脑扁桃体疝出枕骨大孔平面>5 mm,均有术后6个月的MRI复查结果;③均伴有脊髓空

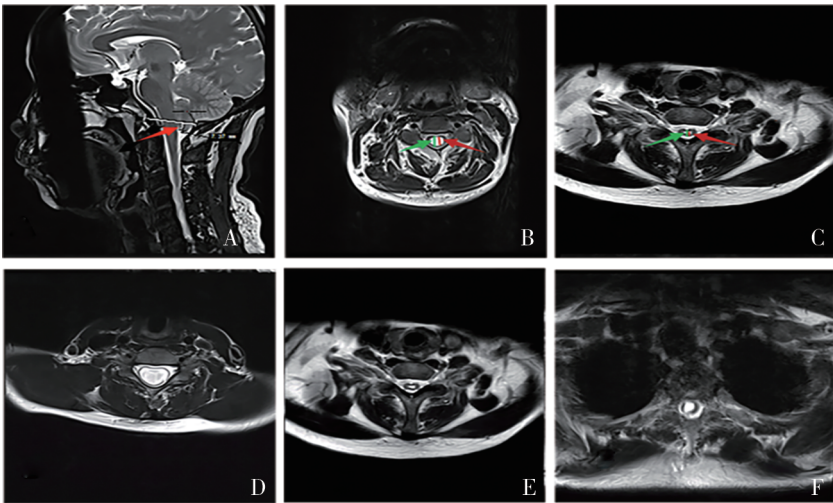
洞症;④所有患者均接受PFDRT手术治疗;⑤患者所有的临床资料信息完整,并有足够的随访时间(≥ 6 个月);⑥有临床症状。排除标准:①脊髓肿瘤、脊柱损伤等导致的继发性脊髓空洞;②其他导致小脑扁桃体下疝的疾病和其他类型的Chiari畸形患者,如脑积水,特发性颅内压增高症;③其他术式处理CM-I合并脊髓空洞的患者;④既往后颅窝手术史;5.颅颈连接不稳。

1.2 资料搜集

本研究收集了患者基本信息,包括年龄、性别、血压、病程、手术时间、住院时间,影像特征等。患者的临床症状可分为以下几类:①存在感觉异常,包括四肢麻木和疼痛;②咳嗽相关性头痛;③非咳嗽性头痛,包括颈枕部疼痛;④运动障碍,包括四肢无力和肌肉萎缩;⑤脑干和颅神经症状,吞咽困难,声音嘶哑;⑥感觉障碍,包括感觉减退、痛温觉分离;⑦小脑相关症状,包括共济失调、步态不稳定;⑧其他非典型症状,包括复视、耳鸣、膀胱失禁。本研究选取正中矢状位来测量患者手术前后小脑扁桃体下疝距离,选择轴位来测量患者术前脊髓空洞最大前后径并定义为a,在同一平面测量术前脊髓直径并定义为b,术后将脊髓空洞最大前后径定义为a1,在同一平面测量术后脊髓直径并定义为b1,术前空洞脊髓比定义为:a/b,术后空洞脊髓比为:a1/b1。空洞缓解率定义为:(a/b-a1/b1)÷(a/b)。根据MRI结果,评估脊髓空洞的位置特征和类型,即中央型、增大型或偏离型^[14]。这些测量值由2名经验丰富的神经外科研究人员独立评估后取平均值。见图1。

1.3 手术步骤

患者全身麻醉后采取俯卧位,颈部轻微向前弯曲,头部用三钉头架固定,采用后正中直切口,即从枕外粗隆上方至第2颈椎棘突水平,依次切开各层组织,直至暴露枕鳞部分骨质及寰椎后弓,如果下疝的小脑扁桃体突出延伸至此水平,则暴露颈2椎体椎板,必要时行颈3椎板切除术。切除增生和(或)钙化的寰枕筋膜,完成后颅窝骨性减压后,“Y”型切开硬脑膜,锐性去除小脑扁桃体表面、小脑扁桃体间、小脑扁桃体下方的蛛网膜粘连。在小脑扁桃体后方放置吸收性明胶海绵,保护脑干,由双极低频电凝从小脑扁桃体中间向两边操作,如果患者小脑扁桃



A 中红色箭头表示下疝的小脑扁桃体; B 中绿色箭头表示患者术前脊髓直径, 定义为 b, 红色箭头表示术前空洞最大前后径, 定义为 a; C 中红色箭头表示术后空洞最大前后径, 定义为 a1, 绿色箭头表示术后脊髓最大直径, 定义为 b1; D~F 代表脊髓空洞的形态特征, 分别为扩大型, 中央型, 偏离型。

图1 部分患者影像学检查结果

体下疝位置较低或者纤维增生明显则行软膜下切除术, 直至小脑扁桃体回缩至枕大孔上缘水平^[15-16]。探查四脑室底有无纤维膜形成。如有纤维膜形成则予以切除, 充分打通脑脊液循环。手术区域用激素水冲洗, 减少血性刺激, 减少蛛网膜下腔粘连, 采用不可吸收缝线和自体移植水密缝合硬脑膜, 防止脑脊液渗漏^[4]。最后, 在解剖层面逐层缝合切口。

1.4 结果评定

随访资料的获取来自术后患者门诊复查以及定期电话随访。许多研究表明, 芝加哥 Chiari 结局量表 (Chicago Chiari Outcome Scale, CCOS) 是被广泛接受的与 CM-I 相关的评分量表^[17-18]。该评分量表包括 4 个类别: 疼痛症状、非疼痛症状、履行日常职责的能力和手术并发症。这 4 个类别总和产生一个综合评分, 分值范围为 4~16 分, 反映了患者术后恢复的总体结果。评分 4~8 分为不良、9~12 分为稳定、13~16 分为良好。本研究中良好被定义为治愈, 稳定与不良均被定义为未治愈。

1.5 统计学方法

采用 SPSS 26.0 进行数据分析。Anderson 正态性检验用于评估样本分布的正态性。符合正态分布的定量资料用均数±标准差($\bar{x} \pm s$)表示, 不符合正态分布的连续变量用中位数 (四分位数间距) $[M(P_{25}, P_{75})]$ 表示, 比较采用配对资料 *t* 检验; 计数资料以例 (%) 表示, 比较采用 χ^2 检验或者连续校正 χ^2 检验; 患者预后相关影响因素, 采用多因素 Logistic 回归分析, 以 *P* < 0.05 为差异有统计学意义。

2 结果

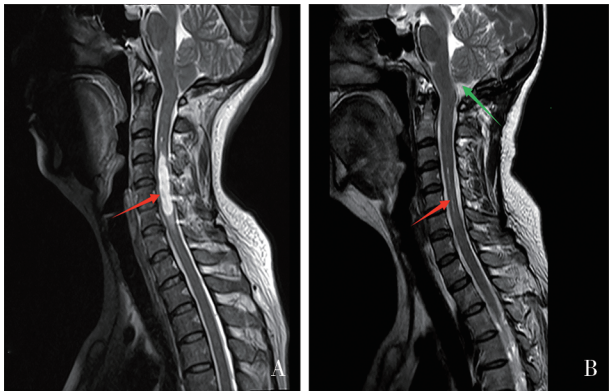
2.1 患者治疗后一般情况

本研究无死亡病例。术后患者并发症包括术后发热

14 例 (16.28%), 枕下积液 5 例 (5.81%), 上述患者的术后并发症均在住院期间痊愈。2 例 (2.33%) 因临床症状加重, 脊髓空洞持续不缓解再次手术。临床治愈 72 例 (83.72%), 脊髓空洞完全消失 12 例 (13.95%), 脊髓空洞好转 79 例 (91.86%)。详情见表 1、图 2。

表1 患者基本信息表。

特征	数值
性别 例 (%)	
女	63 (73.26)
男	23 (26.74)
年龄 / (岁, $\bar{x} \pm s$)	46.46 ± 10.90
病程 / [月, $M(P_{25}, P_{75})$]	24 (6, 84)
手术时间 / (h, $\bar{x} \pm s$)	3.14 ± 1.07
住院总时间 / (d, $\bar{x} \pm s$)	19.34 ± 7.72
术后发热 例 (%)	14 (16.28)
术后枕下积液 例 (%)	5 (5.81)
二次手术 例 (%)	2 (2.33)
空洞消失 例 (%)	12 (13.95)
空洞未改善 例 (%)	7 (8.14)
空洞好转 例 (%)	79 (91.86)
空洞部位 例 (%)	
颈胸腰段	1 (1.16)
颈胸段	55 (63.95)
颈段	30 (34.88)
空洞缓解率 / (% , $\bar{x} \pm s$)	0.44 ± 0.28
CCOS 评分 / (分, $\bar{x} \pm s$)	13.71 ± 1.69
未愈 (4~12) 例 (%)	14 (16.28)
治愈 (13~16) 例 (%)	72 (83.72)



A: 患者术前 MRI 结果, 红色箭头表示位于颈段的脊髓空洞;
B: 该患者术后 6 个月 MRI 复查结果, 红色箭头所示空洞几乎消失, 绿色箭头表示切除小脑扁桃体后, 间接增加的枕大池。

图2 PFDRT 手术治疗效果图

2.2 手术前后临床及影像对比

术后患者脊髓空洞最大前后径、空洞脊髓占比、小脑扁桃体下疝长度、均小于术前($P<0.001$)。患有脑干及后组神经症状以及其他非典型症状的患者术后虽均恢复良好, 但差异无统计学意义($P>0.05$)。患有其他临床症状的患者手术前后改善明显($P<0.05$)(见表 2)。

2.3 影响患者预后的相关因素

单因素 Logistic 回归分析发现病程、小脑相关症状是预后的影响因素。将有统计学差异的变量纳入多因素 Logistic 回归分析, 显示病程($P=0.037$)和小脑相关症状($P=0.018$)是患者临床治愈的危险因素, 病程越长的患者预后越差, 有小脑相关症状的患者预后更差。见表 3、4。

表 2 患者手术前后临床症状及影像数据对比表

变量	术前(n=86)	术后(n=86)	t/ χ^2 值	P 值
空洞最大前后径/(mm, $\bar{x} \pm s$)	5.82±2.97	3.43±2.49	10.454	0.000
空洞脊髓占比/($\bar{x} \pm s$)	0.63±0.22	0.35±0.20	10.637	0.000
扁桃体下疝长度/(mm, $\bar{x} \pm s$)	8.48±3.60	2.33±3.09	15.129	0.000
感觉异常例(%)	53(61.63)	5(5.81)	59.935	0.000
咳嗽相关性头痛例(%)	30(34.88)	2(2.33)	30.100	0.000
非咳嗽性头痛例(%)	9(10.47)	1(1.16)	6.795	0.009
运动障碍例(%)	22(25.58)	6(6.98)	10.921	0.001
脑干及后组神经症状例(%)	2(2.33)	0(0)	0.506	0.477
其他神经系统症状例(%)	3(3.49)	0(0)	1.357	0.244
小脑相关症状例(%)	8(9.30)	0(0)	6.424	0.011
感觉障碍例(%)	10(11.63)	2(2.33)	5.733	0.017

表 3 影响患者预后的单因素 Logistic 回归分析

变量	b	S _b	Wald χ^2	P 值	OR	95% CI
性别	0.470	0.581	0.655	0.418	1.600	0.512—4.996
年龄	-0.010	0.025	0.169	0.681	0.990	0.943—1.039
病程	-0.013	0.004	6.294	0.012	0.990	0.982—0.998
手术时间	0.628	0.332	3.584	0.058	1.874	0.978—3.589
住院总时间	0.099	0.059	2.837	0.092	1.104	0.984—1.239
术前空洞最大前后径	-0.151	0.092	2.695	0.101	0.860	0.718—1.030
术前空洞脊髓占比	-0.981	1.285	0.583	0.445	0.375	0.030—4.652
术前下疝距离	0.016	0.077	0.042	0.838	1.016	0.874—1.181
有感觉异常症状	-0.777	0.542	2.055	0.152	0.460	0.159—1.330
有咳嗽相关性头痛症状	0.241	0.552	0.191	0.662	1.273	0.431—3.758
有非咳嗽性头痛症状	-0.905	1.096	0.682	0.409	0.404	0.047—3.468
有运动障碍症状	0.470	0.581	0.655	0.418	1.600	0.512—4.996
有后组脑神经相关症状	-19.982	2 8420.716	0.000	0.999	0.000	—
有其他非典型症状	0.585	1.255	0.217	0.641	1.794	0.153—20.998
有小脑相关症状	-3.434	1.125	9.314	0.002	31.000	3.416—281.290
有感觉障碍症状	-0.152	0.840	0.033	0.857	0.859	0.166—4.459

表4 影响患者预后的多因素Logistic回归分析

变量	<i>b</i>	<i>S_b</i>	Wald χ^2	<i>P</i> 值	<i>OR</i>	95% <i>CI</i>
病程	-0.011	0.005	4.320	0.037	0.989	0.979—0.999
有小脑 相关症状	-3.124	1.193	6.862	0.018	19.443	1.775—215.987

3 讨论

手术治疗CM-I合并脊髓空洞症患者的目标是恢复枕骨大孔区域的正常脑脊液循环,缩小脊髓空洞,缓解小脑扁桃体对脑干、延髓的压迫^[19]。Oldfield等^[7,20]提出CM-I患者的脊髓空洞与疝出的小脑扁桃体有关。有研究指出小脑扁桃体下疝,后颅窝狭窄,枕大池消失与CM-I症状的发生发展有关,同时伴随脊髓空洞症的CM-I患者,运动感觉障碍发生率较高^[5,21]。Labuda等^[22]提出了一个有趣的猜想,枕骨大孔区脑脊液流动受限和颈椎顺应性降低有机结合共同导致小脑、脑干和上脊髓的运动增加,从而导致临床上常见的CM-I症状。因此,有学者提倡使用PFDRT治疗方案,认为切除下疝的小脑扁桃体可以解决枕骨大孔区蛛网膜下腔脑脊液循环阻塞情况,改善颅颈交界处的脑脊液循环状态,减少脊髓空洞形成的诱因,促进脊髓空洞的恢复^[23]。此外,Batzdorf等^[12]研究后指出小脑扁桃体切除术,既可从根本上解决小脑扁桃体压迫延髓、脑干的问题,减少脑组织牵拉损伤,同时可以减少小脑扁桃体与颈神经根接触的可能性,进一步解决患者头疼的症状。值得注意的是,Jorge等^[24]对切除的小脑扁桃体进行组织病理学检查,发现了大量的胶质细胞增生,纤维化结构,这一发现进一步证明了切除的小脑扁桃体可能是无功能的。

反对PFDRT的研究者指出,该手术方式会增加患者脑脊液漏、无菌性炎症的发生率,同时因蛛网膜下腔粘连,脑脊液循环再次梗阻的风险也会增加^[21,25],而且手术操作中有误伤小脑后下动脉,造成脑干缺血梗死的可能^[26]。本研究中无死亡病例,术后患者临床症状改善明显,临床治愈72例(83.72%),脊髓空洞完全消失12例(13.95%),脊髓空洞好转79例(91.86%)。患者术后并发症的发生率为22.1%,低于既往研究^[7,11,19,26]。笔者认为,手术操作中行软膜下切除时,应高度重视对小脑后下动脉及其分支的保护,必要时行术中超声协助治疗,术后利用激素水冲洗手术区域,采用不可吸收缝线和自体移植物水密缝合硬脑膜,均是避免手术并发症的有效途径^[4]。

CM-I合并脊髓空洞患者的预后影响因素众多。有研究显示,年龄和病程与临床预后相关,年龄越大、病程越长的患者预后越差^[27-30]。本研究结果显示病程和小脑相关症状是患者预后的危险因素,病程越长的患者预后越差,有小脑相关症状的患者临床预后较无小脑相关症状患者差。本研究认为长病程的患者由于长期的脑脊液

循环障碍,增加了脊髓空洞的风险,促进了空洞的进展,造成脊髓空洞直径及长度增加,对脊髓及延髓的损害影响更大,从而加重神经功能缺损,减缓术后恢复,一些严重神经功能缺损症状甚至将无法恢复^[22]。有研究指出小脑相关症状是患者预后的危险因素^[28],这与本研究结果一致。后颅窝脑组织下降引起的小脑牵拉或扭曲会导致患者产生小脑相关症状^[31]。笔者认为小脑牵拉或者扭曲会导致小脑缺血坏死,进而导致神经功能恢复困难。

综上所述,对于有临床症状的CM-I合并脊髓空洞患者,笔者提倡尽早接受PFDRT手术治疗,为术后神经功能恢复创造条件,以免失去最佳治疗时机。

参 考 文 献

- [1] MILHORAT TH, NISHIKAWA M, KULA RW, et al. Mechanisms of cerebellar tonsil herniation in patients with Chiari malformations as guide to clinical management[J]. Acta Neurochir (Wien), 2010, 152(7): 1117-1127.
- [2] HORN SR, SHEPARD N, VASQUEZ-MONTES D, et al. Chiari malformation clusters describe differing presence of concurrent anomalies based on Chiari type[J]. J Clin Neurosci, 2018, 58: 165-171.
- [3] LU VM, PHAN K, CROWLEY SP, et al. The addition of duraplasty to posterior fossa decompression in the surgical treatment of pediatric Chiari malformation type I: a systematic review and meta-analysis of surgical and performance outcomes [J]. J Neurosurg Pediatr, 2017, 20(5): 439-449.
- [4] CIARAMITARO P, MASSIMI L, BERTUCCIO A, et al. Diagnosis and treatment of Chiari malformation and syringomyelia in adults: international consensus document[J]. Neurol Sci, 2022, 43(2): 1327-1342.
- [5] BOGDANOV EI, FAIZUTDINOVA AT, MENDELEVICH EG, et al. Epidemiology of symptomatic Chiari malformation in Tatarstan: regional and ethnic differences in prevalence[J]. Neurosurgery, 2019, 84(5): 1090-1097.
- [6] SMITH BW, STRAHLE J, BAPURAJ JR, et al. Distribution of cerebellar tonsil position: implications for understanding Chiari malformation[J]. J Neurosurg, 2013, 119(3): 812-819.
- [7] KLEKAMP J. Surgical treatment of Chiari I malformation--analysis of intraoperative findings, complications, and outcome for 371 foramen magnum decompressions[J]. Neurosurgery, 2012, 71(2): 365-380.
- [8] HAROUN RI, GUARNIERI M, MEADOW JJ, et al. Current opinions for the treatment of syringomyelia and Chiari malformations: survey of the Pediatric Section of the American Association of Neurological Surgeons[J]. Pediatr Neurosurg, 2000, 33(6): 311-317.
- [9] TAM SKP, BRODBELT A, BOLOGNESE PA, et al. Posterior fossa decompression with duraplasty in Chiari malformation type 1: a systematic review and meta-analysis[J]. Acta Neurochir (Wien), 2021, 163(1): 229-238.

- [10] 黄胜,樊剑锋,丁锡平,等. Chiari畸形I型的手术治疗进展[J]. 国际神经病学神经外科学杂志, 2021, 48(3): 299-302.
- [11] ANTKOWIAK L, TABAKOW P. Comparative assessment of three posterior fossa decompression techniques and evaluation of the evidence supporting the efficacy of syring shunting and filum terminale sectioning in Chiari malformation type I. A systematic review and network meta-analysis[J]. World Neurosurg, 2021, 152: 31-43.
- [12] BATZDORF U, MCARTHUR DL, BENTSON JR. Surgical treatment of Chiari malformation with and without syringomyelia: experience with 177 adult patients[J]. J Neurosurg, 2013, 118(2): 232-242.
- [13] THAKAR S, SIVARAJU L, JACOB KS, et al. A points-based algorithm for prognosticating clinical outcome of Chiari malformation type I with syringomyelia: results from a predictive model analysis of 82 surgically managed adult patients[J]. J Neurosurg Spine, 2018, 28(1): 23-32.
- [14] NAGOSHI N, IWANAMI A, TOYAMA Y, et al. Factors contributing to improvement of syringomyelia after foramen magnum decompression for Chiari type I malformation[J]. J Orthop Sci, 2014, 19(3): 418-423.
- [15] 赵海军, 范涛. 以脑脊液动力学分析为依据微创减压治疗 Chiari 畸形I型[J]. 中国微侵袭神经外科杂志, 2019, 24(6): 267-270.
- [16] STANKO KM, LEE YM, RIOS J, et al. Improvement of syrinx resolution after tonsillar cauterization in pediatric patients with Chiari type I malformation[J]. J Neurosurg Pediatr, 2016, 17(2): 174-181.
- [17] HEKMAN KE, ALIAGA L, STRAUS D, et al. Positive and negative predictors for good outcome after decompressive surgery for Chiari malformation type I as scored on the Chicago Chiari Outcome Scale[J]. Neurol Res, 2012, 34(7): 694-700.
- [18] LEI ZW, WU SQ, ZHANG Z, et al. Clinical characteristics, imaging findings and surgical outcomes of Chiari malformation type I in pediatric and adult patients[J]. Curr Med Sci, 2018, 38(2): 289-295.
- [19] GUYOTAT J, BRET P, JOUANNEAU E, et al. Syringomyelia associated with type I Chiari malformation. A 21-year retrospective study on 75 cases treated by foramen magnum decompression with a special emphasis on the value of tonsils resection[J]. Acta Neurochir (Wien), 1998, 140(8): 745-754.
- [20] OLDFIELD EH, MURASZKO K, SHAWKER TH, et al. Pathophysiology of syringomyelia associated with Chiari I malformation of the cerebellar tonsils. Implications for diagnosis and treatment[J]. J Neurosurg, 1994, 80(1): 3-15.
- [21] KLEKAMP J. Neurological deterioration after foramen magnum decompression for Chiari malformation type I: old or new pathology?[J]. J Neurosurg Pediatr, 2012, 10(6): 538-547.
- [22] LABUDA R, NWOTCHOUANG BST, IBRAHIMY A, et al. A new hypothesis for the pathophysiology of symptomatic adult Chiari malformation type I[J]. Med Hypotheses, 2022, 158: 110740.
- [23] BAO CS, LIU L, WANG B, et al. Craniocervical decompression with duraplasty and cerebellar tonsillectomy as treatment for Chiari malformation-I complicated with syringomyelia[J]. Genet Mol Res, 2015, 14(1): 952-960.
- [24] LAZAREFF JA, GALARZA M, GRAVORI T, et al. Tonsillectomy without craniectomy for the management of infantile Chiari I malformation[J]. J Neurosurg, 2002, 97(5): 1018-1022.
- [25] VIDAL CHF, BRAINER-LIMA AM, VALENÇA MM, et al. Chiari 1 malformation surgery: comparing non-violation of the arachnoid versus arachnoid opening and thermocoagulation of the tonsils[J]. World Neurosurg, 2019, 121: e605-e613.
- [26] 周权明, 杨小鹏, 陈刚, 等. 不同手术方式治疗 Chiari 畸形I型的疗效分析[J]. 中华临床医师杂志(电子版), 2016, 10(9): 1219-1223.
- [27] MCVIGE JW, LEONARDO J. Neuroimaging and the clinical manifestations of Chiari malformation type I (CMI)[J]. Curr Pain Headache Rep, 2015, 19(6): 18.
- [28] GREENBERG JK, YARBROUGH CK, RADMANESH A, et al. The Chiari severity index: a preoperative grading system for Chiari malformation type I[J]. Neurosurgery, 2015, 76(3): 279-285.
- [29] DENG XF, YANG CL, GAN JH, et al. Long-term outcomes after small-bone-window posterior fossa decompression and duraplasty in adults with Chiari malformation type I[J]. World Neurosurg, 2015, 84(4): 998-1004.
- [30] LOU YL, YANG JC, WANG LX, et al. The clinical efficacy study of treatment to Chiari malformation type I with syringomyelia under the minimally invasive surgery of resection of submeningeal cerebellar tonsillar herniation and reconstruction of cisterna magna[J]. Saudi J Biol Sci, 2019, 26(8): 1927-1931.
- [31] PAUL KS, LYE RH, STRANG FA, et al. Arnold-Chiari malformation. Review of 71 cases[J]. J Neurosurg, 1983, 58(2): 183-187.

责任编辑:王荣兵