

临床论著

小脑扁桃体软膜下切除术与硬膜扩大修补术治疗 Chiari I 型畸形并脊髓空洞的疗效观察

贾 崇, 李红伟, 吴俊儒, 董 阳, 王 浩, 高 坤, 杨 波

(郑州大学第一附属医院神经外科 450002 河南郑州市)

【摘要】目的:观察小脑扁桃体软膜下切除术与硬膜扩大修补术治疗 Chiari I 型畸形合并脊髓空洞的手术效果及预后, 为临床治疗提供决策。**方法:**回顾性分析 2013 年 11 月~2016 年 11 月在我院接受治疗的 115 例 Chiari I 畸形患者的临床资料, 男 34 例, 女 81 例; 年龄 16~60 岁(42.3 ± 11.3 岁)。患者有脊髓空洞症表现 49 例次, 枕大孔区神经刺激症状 58 例次, 延髓受压症状 9 例次, 后组颅神经及小脑功能障碍 25 例次, 高颅压症状 24 例次。脊髓空洞 26 例累及颈段, 85 例累及胸段, 4 例累及腰段, 3 例合并有脑积水, 2 例合并有胸段脊柱侧凸。其中 78 例采用后颅窝减压+下疝的小脑扁桃体切除+四脑室流出道的膜性结构切除术(A 组), 37 例采用枕骨大孔区减压+硬脑膜成形术(B 组)。记录患者的住院时间, 术中出血量, 术后并发症, 术前、术后 6 个月影像学特征, Klekamp 神经评分, 临床症状变化情况。**结果:**A 组手术时间为 159.32 ± 40.06 min, 高于 B 组 (134.10 ± 30.76 min) ($P < 0.05$); 术后 A、B 组分别有 11 例、8 例发热, 3 例、1 例皮下积液, 3 例、2 例切口感染, A 组术后头晕头痛发生率 (25.6%, 20/78) 高于 B 组 (8.1%, 3/37) ($P < 0.05$), 总体并发症发生率两组无明显差异 ($P > 0.05$)。术后疼痛、感觉障碍、共济失调、运动障碍的 Klekamp 神经评分较前有改善 ($P < 0.05$); 术后 A 组症状改善 69 例 (88.4%), B 组 31 例 (83.8%); 两组神经评分改变、临床表现改善情况差异无统计学意义 ($P > 0.05$); 术后空洞闭合或缩小例数分别为 54 例、29 例, 无变化例数分别为 22 例、7 例, 扩大例数为 2 例、1 例, 两组术后空洞变化差异无统计学意义 ($P > 0.05$)。**结论:**小脑扁桃体软膜下切除术治疗 Chiari I 型畸形并脊髓空洞手术效果与硬膜扩大修补术无明显差异, 但手术时间长, 术后头晕头痛发生率较高。

【关键词】小脑扁桃体下疝切除术; Chiari 畸形 I 型; 脊髓空洞症; 后颅窝减压术

doi: 10.3969/j.issn.1004-406X.2017.11.09

中图分类号: R744.4 文献标识码: A 文章编号: 1004-406X(2017)-11-1013-06

Efficacy observation between subpial cerebellar tonsillectomy and dural expansion repair on Chiari I malformation with syringomyelia/JIA Chong, LI Hongwei, WU Junru, et al//Chinese Journal of Spine and Spinal Cord, 2017, 27(11): 1013-1018

【Abstract】 Objectives: To observe the postoperative effect and prognosis of subpial cerebellar tonsillectomy and dural expansion repair in the treatment of Chiari I malformation with syringomyelia, and to provide clinical evidence for decision making in clinical practice. **Methods:** From November 2013 to November 2016, the clinical data of 115 cases with Chiari I malformation that treated in our hospital were retrospectively analyzed, including 34 males and 81 females. The mean age was 42.3 ± 11.3 years old (range, 16 to 60 years). There were 49 cases with syringomyelia, 58 cases with nerve stimulation in occipital foramen magnum, 9 cases with compression of cervico-medullary, 25 cases with dysfunction of posterior cranial nerve and cerebellum, and 24 cases with high intracranial pressure. There were 26 cases of syringomyelia with cervical segments involvement, 85 cases with thoracic section involvement, 4 cases with waist involvement, 3 cases were associated with hydrocephalus, and 2 cases were combined with scoliosis in thoracic segments. Among them, 78 cases treated with posterior fossa decompression and lower cerebellar hernia tonsillectomy and the mucous membrane excision of the 4th ventricle outflow tract (group A), and 37 cases adopted occipital foramen magnum decompression and dural angioplasty (group B). The hospitalization time, intraoperative blood loss, postoperative

第一作者简介: 男 (1991-), 医学硕士, 研究方向: 颅颈连接畸形, 脊髓空洞症

电话: (0371) 67967096 E-mail: 1005653128@qq.com

通讯作者: 杨波 E-mail: yangbo96@126.com

complications, 6 months postoperative imaging features, Klekamp nerve score, and clinical symptoms were recorded. **Results:** The operation time of group A(159.32 ± 40.06 min) was higher than that of group B(134.10 ± 30.76 min)($P < 0.05$). Postoperatively, there were 11 and 8 cases respectively in group A and B with fever, 3 cases and 1 case with subcutaneous effusion, and 3 cases and 2 cases with incision infection. The incidence of dizziness and headache in group A postoperatively was 20 cases, which was higher than that of group B, 3 cases($P < 0.05$). There was no significant difference of overall complication between the two groups ($P > 0.05$). There was 1 point change in postoperative pain, sensory disturbances, ataxia under Klekamp nerve score, and there appeared poor improvement in dyskinesia; a total of 69 patients (88.4%) with alleviated symptoms in group A, and 31(83.8%) in group B. There was no significant difference in neurological score or the improvement of clinical manifestations between the two groups($P > 0.05$). Also, there were 54 and 29 cases respectively with reduced cavity after operation, 22 and 7 cases without changes, 2 cases and 1 case with expansion, and there was no significant difference between the two groups in the cavity changes after operation ($P < 0.05$). **Conclusions:** The effect of subpial cerebellar tonsilleectomy in the treatment of Chiari I malformation with syringomyelia is not significantly different from that of dural expansion repair, but the operation time is long and the incidence of dizziness and headache after operation is high.

[Key words] Excision of cerebellar tonsillar hernia; Chiari type I malformation; Syringomyelia; Posterior fossa decompression

[Author's address] Department of Neurosurgery, the First Affiliated Hospital of Zhengzhou University, Zhengzhou, 450002, China

小脑扁桃体下疝畸形是一种以小脑扁桃体下疝入枕骨大孔为特征的先天性畸形^[1]。首先由奥地利病理学家 Hans Chiari 在 19 世纪末提出,后由其他学者补充,共分为四型。据报道其发病率为 3/100000 到 8/100000^[2],脊髓空洞症是其最常见的并发症,然而对于其发病机制尚未完全明了。手术治疗是最主要的治疗手段。目前对于术式的选择尚无统一的方案,临床 Chiari 畸形 I 型主要通过后颅窝减压、硬膜扩大修补、小脑扁桃体切除、脊髓空洞分流手术方式进行治疗。本研究收集了郑州大学第一附属医院自 2013 年 11 月~2016 年 11 月收治的 Chiari I 型畸形并脊髓空洞患者 115 例,结合影像学检查、临床表现及术者经验采用两种不同的术式分类实施手术。笔者回顾性比较分析,评价两种手术效果及术后并发症情况。

1 资料与方法

1.1 一般资料

病例纳入标准:小脑扁桃体低于枕大孔边缘 5mm 的 Chiari I 型畸形并脊髓空洞症;患者有相符的症状体征。排除标准:脊柱创伤、结核、肿瘤、脊髓拴系引起的脊髓空洞者;寰枢椎脱位、齿状突型颅底凹陷等延髓腹侧方受压的复杂畸形需内固定者。本组共纳入 Chiari I 型畸形患者 115 例,其中男 34 例,女 81 例;年龄 10~60 岁,平均

42.3±11.3 岁;病程 2 周~20 年,平均 47.4±70.5 个月。

术前患者的临床症状及体征:(1)脊髓空洞症表现,49 例存在节段性、分离性感觉障碍和(或)上肢肌肉萎缩;(2)枕大孔区神经刺激症状,58 例有头痛及颈肩部酸胀不适感;(3)延颈髓受压症状,9 例存在肢单瘫或四肢瘫,四肢感觉障碍,病理反射,大小便障碍;(4)后组脑神经及小脑功能障碍,25 例表现为声音嘶哑、饮水呛咳或行走不稳、眼球震颤等症状;(5)高颅压症状,24 例有头痛、呕吐或视物模糊的症状。

患者均行颅颈交界区 MRI 检查,示小脑扁桃体下疝至枕大孔平面以下 5~23mm,平均 8.4±4.1mm。所有患者无脊髓拴系表现,均合并脊髓空洞形成;26 例累及颈段,85 例累及胸段,4 例累及腰段,3 例合并有脑积水,2 例合并有胸段脊柱侧凸,患者术前均行颅颈交界区 CT 扫描及三维重建,行过伸、过屈、中立位 X 线片检查以评价颅颈交界区的稳定性,排除寰枢椎脱位、齿状突型颅底凹陷等。

115 例患者中 78 例(A 组)采用后颅窝减压+下疝的小脑扁桃体切除+四脑室流出道的膜性结构切除术,37 例(B 组)采用枕骨大孔区减压+硬脑膜成形术。两组患者在性别、年龄、病程、临床表现和小脑扁桃体下疝的程度及脊髓空洞的影像学

差异上无统计学意义(表 1, $P>0.05$), 两组具有可比性。

1.2 手术方法

全麻下取仰卧位, 头架固定头颅。枕颈部后正中切口, 上至枕骨鳞部下至 C4、C5 棘突, 长约 10cm。沿中线逐层切开, 暴露枕骨鳞部寰枢椎棘突后弓。A 组用铣刀将枕骨大孔上方骨质去除, 形成约 4.0×3.0cm 的骨窗, 枕骨大孔后缘骨质咬除宽约 1.5cm, 寰椎后弓咬除约 3cm, “Y”字型切开硬膜。在显微镜下分离扁桃体与蛛网膜之粘连, 双极电凝小脑扁桃体, 行软膜下切除小脑扁桃体, 分离双侧小脑扁桃体与四脑室正中孔处粘连的蛛网膜粘连, 探查四脑室正中孔有无阻塞, 应用 8-0 线缝合并悬吊小脑扁桃体。术毕充分止血, 反复冲洗术腔, 无活动性出血后严密缝合硬膜。外敷免缝合人工硬膜贴覆, 护固莱士胶密封, 游离骨瓣复位。B 组手术咬除颅骨范围 3×4cm, 切除 C1、C2 后弓, 显微镜下切除寰枕筋膜, “Y”或“X”形切开硬膜后采用人工硬膜修补硬膜并扩大成形, 逐层缝合。

1.3 随访及临床疗效观察

术后第 1 年的第 3、6 个月随访一次, 若术后症状改善或空洞缩小不显著则术后每年随访一次, 主要随访方式为门诊随访。术前及术后半年对患者的神经功能评价按 Klekamp 神经评分系统^[3]对患者疼痛、感觉障碍、运动障碍、步态共济失调神经功能进行评分, 0~5 分分别对应完全障碍、重度功能障碍、中度功能障碍受限显著、中度功能障碍受限不显著、轻度功能障碍、正常。

临床评价指标包括: ①围手术期患者一般资料, 包括手术时间、出血量、住院时间及术后住院时间; ②术后并发症, 指术后第 1 天至出院期间出现的头痛、发热、皮下积液、脑脊液漏、切口感染等并发症, 主要从患者临床表现、常规化验及 MRI 检查情况判断; ③神经功能评分, 根据患者的体格检查结果使用 Klekamp 神经评分系统进行评分, 术后较术前提提高 ≥ 1 分即视为改善, 术后评分恢复到 5 分即为症状消失; ④脊髓空洞状态, 术后复查颅颈交界 MRI, 记录脊髓空洞的变化情况。

1.4 统计学方法

采用 SPSS 17.0 软件包进行统计分析, 两组术后神经评分改善情况采用 Mann-Whitney 秩和检验; 计量资料符合正态分布者采用 $(\bar{x} \pm s)$ 表示,

采用配对 t 检验; 计数资料采用卡方检验; 检验水准 $\alpha=0.05$, 以 $P<0.05$ 为有统计学意义。

2 结果

所有患者均顺利完成手术, 术后无死亡及小脑梗死病例。两组患者围手术期情况见表 2, A 组手术时间高于 B 组 ($P<0.05$)。两组患者总体并发

表 1 患者术前一般情况比较

Table 1 General preoperative comparisons

	A组 Group A	B组 Group B	P
年龄(岁) Age	43.59±10.44	42.92±11.66	0.757
性别 Gender			
男(例) Male	20	14	0.181
女(例) Femal	58	23	
病程(月) Course of disease	49.03±71.43	45.06±64.91	0.777
症状体征(例) Symptoms and signs			
颈肩部疼痛 Neck and shoulder pain	45	17	0.238
肢体疼痛麻木感觉障碍 Limb pain numbness	24	18	0.063
后组颅神经障碍 Posterior cranial nerve disorder	4	1	0.915 ^①
运动障碍 Motor weakness	18	6	0.398
步态不稳共济失调 Gait ataxia	4	3	0.808 ^①
肢体肌肉萎缩 Muscle atrophy	11	4	0.624
反射亢进病理反射 Pathological reflex	9	3	0.814 ^①
头痛恶心呕吐 Headache and dizziness	18	6	0.398
磁共振表现 MRI findings			
扁桃体下疝距离(mm) Tonsil descent	8.36±4.12	9.15±3.94	0.334
空洞节段(例) Location of syrinx			
颈段 Cervical	19	7	0.515
颈胸段 Cervicothoracic	57	28	0.767
颈胸腰段 Cervicothoracolumbar	2	2	0.816
脑积水(例) Hydrocephalus	2	1	1.000 ^②
脊柱侧凸(例) Scoliosis	2	0	1.000 ^②
颅颈连接畸形 Deformity of foramen magnum	19	11	0.084

注: ①表示连续校正卡方检验; ②表示精确概率法检验

Note: ①Represents the continuous correction chi square test;

②Indicated by exact probability test

症发生率无明显差异($P>0.05$),但 A 组术后出现头晕头痛发生率高于 B 组($P<0.05$,表 3)。

随访 3 个月~3 年,平均 6.9 ± 4.4 个月。两组患者术后症状改善最早在术后 1 周出现,术后 6 个月时神经功能评分均较术前明显提高 ($P<0.05$),但两组间差异无统计学意义 (表 4, $Z=-1.408$, $P=0.159>0.05$)。共济失调、感觉、疼痛、运动障碍较前改变,A 组术后改善 69 例,有效率为 88.4%;B 组术后改善 31 例,有效率为 83.8%,两组间差异无统计学意义($\chi^2=0.160$, $P=0.557>0.05$,表 5)。

术后 6 个月复查 MRI 示多数患者脊髓空洞减小或消失 (图 1),A 组空洞的缩小或者消失率 (空洞最大前后径减少 $>30\%$)为 78.4%(54/78),B 组为 69.2%(29/37),两组间差异无统计学意义($\chi^2=1.046$, $P=0.376>0.05$,表 6)。

3 讨论

Chiari I 型畸形患者多成年起病,症状进行性加重,多伴有脊髓空洞症。小脑扁桃体下疝畸形确切病因尚不完全清楚,被认为是多因素的,大多数学者^[4,5]考虑是由于先天性的中胚层轴旁的枕骨原节发育不良导致后颅窝狭小,而发育正常的神经结构致后颅窝过度拥挤,从而继发小脑扁桃体下疝和脊髓空洞的形成。另外寰枕筋膜异常增厚、蛛网膜粘连或瘢痕形成也是其常见的病理学改变^[6,7]。

影像学检查特别是早期行头颈部或全脊髓 MRI 扫描对 Chiari I 型畸形患者的诊断具有重要价值。Hofkes 等^[8]通过 MRI 的研究发现患者后颅窝/后脑的容积比明显小于正常人,而后脑的体积与正常人无明显区别,因此后颅窝减压成为不同手术组合中的基本要素。国外大宗病例报道也证实单纯后颅窝减压术后空洞即明显缩小^[9]。

表 2 围手术期患者一般资料 ($\bar{x}\pm s$)

Table 2 General data of perioperative patients

	A组 Group A	B组 Group B	P
手术时间(min) Operation time	159.32±40.06	134.10±30.76	0.012
手术血量(ml) Blood loss volume	137.69±102.01	143.96±94.72	0.759
住院时间(d) Hospital stay days	19.65±5.88	19.86±6.52	0.863
术后住院时间(d) Postoperative Hospitalstay days	14.05±8.93	13.67±7.62	0.758

Milhorat 等^[10]认为小脑扁桃体下疝对延髓的压迫只是其中可能的原因之一,手术治疗 Chiari 畸形并脊髓空洞的关键是:恢复枕大孔区脑脊液动力学循环的通畅,并解除相对狭小的后颅窝对小脑的压迫,以及切除下疝的小脑扁桃体下舌对脑干的压迫。

有些专家建议做小脑扁桃体切除术,而有些

表 3 两组患者术后早期并发症情况 [例(%)]

Table 3 The early postoperative complications of the two groups [case (%)]

	A组 Group A	B组 Group B
发热 Fever	11(14.1)	8(21.6)
头痛头晕 Headache or dizziness	20(25.6)	3(3.8) ^①
皮下积液 Seroma	3(3.8)	1(1.2)
伤口感染 Wound infection	3(3.8)	2(2.6)
总数 Total	37(47.4)	13(35.1)

注:①与 A 组比较 $P<0.05$

Note: ①Compared with group A, $P<0.05$

表 4 术前及术后 6 个月神经功能评分 ($\bar{x}\pm s$,分)

Table 4 Neurological function scores in before and after operationhalf years(score)

	疼痛 Pain	感觉障碍 Sensory Dist	运动障碍 Motor Weakness	共济失调 Gait Ataxia
术前 A 组 Preoperative group A	3.47±0.85	2.90±0.89	3.62±1.12	3.88±0.12
术后 A 组 Postoperative group A	4.64±0.73 ^①	3.72±0.92 ^①	3.92±1.32 ^①	4.75±0.45 ^①
术前 B 组 Preoperative group B	3.64±0.63	2.58±0.90	3.00±1.60	3.86±1.38
术后 B 组 Postoperative group B	4.71±0.47 ^①	3.26±1.24 ^①	3.13±1.73 ^①	4.86±1.38 ^①

注:①术后与术前比较 $P<0.05$

Note: ①Compared with preoperative, $P<0.05$

表 5 两组患者术后临床表现改变情况 [n ,(%)]

Table 5 Clinical changes of the two groups after operation

	A组n=78 Group A	B组n=35 Group B
改善 Improve	69(88.4)	31(83.8)
无变化 Unchanged	7(9.0)	5(13.5)
恶化 Deteriorate	2(2.6)	1(2.7)



图 1 患者,女,34 岁 a 术前 MRI T1 加权像示典型 Chiari I 及四脑室流出道挤压并 C3~T3 段脊髓空洞 b 后颅窝减压硬膜成形术后 6 个月复查 MRI 示四脑室流出道挤压程度明显减轻,空洞明显缩小 c 患者,男,43 岁,术前 MRI T2 加权像示 Chiari I 并 C2~T1 段脊髓空洞 d 后颅窝减压+下疝的小脑扁桃体切除术后 6 个月复查 MRI 示小脑扁桃体上移,小脑延髓池扩大,空洞明显缩小

Figure 1 Female patient, 34 years old a The typical Chiari I malformation, the compression in the outflow track of the forth ventricle and the syringomyelia from C3 to T3 could be seen on the T1 weighted MRI before the surgical treatment b Six month after the surgical treatment, the following up MRI indicated that both the MRI findings and the clinical symptoms mentioned above relieved significantly c A 43 years old male patient. Preoperative MRI T2 weighted images showed Chiari I and C2 to T1 spinal cord syringomyelia, went posterior fossa decompression and herniated cerebellar tonsils surgery d Half year MRI scan showed that the cerebellar tonsil moved up, the cisterna magna enlarged, the syringomyelia narrowed significantly

表 6 两组术后脊髓空洞改变情况 (例)
Table 6 Changes of syringomyelia after operation (case)

	A组 Group A	B组 Group B
闭合或消失/Closure	54	29
无变化/Unchanged	22	7
增大/Enlarge	2	1
总例数/Total cases	78	37

专家不建议切除^[11,12]。Yilmaz 等报道称,在扁桃体下降例 C1 椎弓水平硬膜成形术可以在缩小空洞和改善临床结果发挥重要的作用^[13]。两种手术可能都有效,最近研究表明术中超声测量脑脊液流动速度对 Chiari I 畸形患者选择单纯骨减压或硬膜打开硬膜扩大成形术具有帮助^[14],术中超声对于我们选择两种手术方式是否具有帮助有待于进一步研究。我们自 2013 年起先后采用硬膜成形术,软脑膜下扁桃体切除术等方法治疗 Chiari 畸形并脊髓空洞症,有效率为 80%。既然认为下疝的小脑扁桃体是引起 Chiari 畸形的临床症状原因之一。患者实施硬膜减压加松解寰枕筋膜后,可增加后颅窝容积,下疝的扁桃体后移,减轻对延髓的

挤压。大宗病例分析报道减压骨窗大小在 3×4cm 为宜,过小枕大孔区减压不充分,过大则存在小脑下移的可能,而切除小脑扁桃体同样能解除对延、颈髓的压迫,使后颅窝内腔(第四脑室底池)容积扩大^[15]。

我们对患者术后近期并发症分析发现,A 组术后出现头晕头痛发生率高于 B 组,差异具有统计学意义($P<0.05$),可能术中对扁桃体切除时组织破坏产生无菌性炎症物质对蛛网膜刺激所致。脑脊液漏的发生可能是由于小脑扁桃体切除,打开硬脑膜探查蛛网膜下腔时,会破坏和干扰正常脑组织造成的^[16],我们通过术中严密缝合扩大修补硬膜,人工硬膜进行硬膜成形有效减少了脑脊液漏发生。术后切口感染考虑主要是由于手术后换药时无菌操作不当导致的,经过严格的无菌换药后没有再出现术后切口感染的病例。术后一过性头痛、发热考虑由于低颅压和无菌性炎症引起,采用推迟和减少下床活动等对症处理后治愈,最近研究表明自体阔筋膜用于硬脑膜成形更可较少组织反应产生,移植物和(或)皮瓣更容易闭合缺损,以及减少脑脊液漏的发生率^[17]。

虽然大多数患者的手术效果满意,但部分患

者术后症状没有改善,特别是脊髓中央管损伤时间较长的患者的症状。这些研究结果表明,手术治疗只能预防或延缓疾病进展,而不能完全逆转脊髓损伤。因此对症状明显的患者进行早期诊断和手术治疗,可减缓病情的进展。脑扁桃体下疝畸形并脊髓空洞的发病机制不清,基因水平研究较少,结合临床实践经验及文献资料可以看到,虽然目前 Chiari I 型畸形公认的治疗方法是后颅窝减压术,但对于是否需要联合硬膜切开仍无统一标准和共识。但无论哪一种手术方式都应做到术中精细操作,严密缝合脊膜,筋膜和皮肤,手术后严密观察,早期诊断早期治疗,以减少或避免严重并发症发生本^[8]。

本组研究存在一定的不足,首先本组研究的随访时间短,无法反映长期的预后结果,其次本研究样本数较少且为临床回顾性分析,一些因素无法进行组间控制,因此研究结论需进一步通过多中心、大样本、多数据的前瞻性临床研究验证。

综上所述,手术治疗是 Chiari I 型畸形并脊髓空洞的重要手段,小脑扁桃体软膜下切除术治疗 Chiari I 型畸形并脊髓空洞手术效果与硬膜扩大修补术无明显差别,但手术时间、手术风险及无菌性炎症发生率较高。因此治疗 Chiari 畸形 I 型需根据患者的具体情况进行个性化治疗。

4 参考文献

1. Aboulezz AO, Sartor K, Geyer CA, et al. Position of cerebellar tonsils in the normal population and in patients with Chiari malformation: a quantitative approach with MR imaging [J]. J Comput Assist Tomogr, 1985, 9(6): 1033-1036.
2. Zuev AA, Pedyash NV, Epifanov DS, et al. Results of surgical treatment of syringomyelia associated with Chiari I malformation: an analysis of 125 cases[J]. Zh Vopr Neurokhir Im N N Burdenko, 2016, 80(1): 27-34.
3. Klekamp J, Samii M. Introduction of a score system for the clinical evaluation of patients with spinal processes [J]. Acta Neurochir (Wien), 1993, 123(3-4): 221-223.
4. VurdemüE, Acer N, Ertekin T, et al. Analysis of the volumes of the posterior cranial fossa, cerebellum, and herniated tonsils using the stereological methods in patients with Chiari type I malformation[J]. Scientific World Journal, 2012, 2012: 616934.
5. Dagtekin A, Avcı E, Kara E, et al. Posterior cranial fossa morphometry in symptomatic adult Chiari I malformation patients: comparative clinical and anatomical study [J]. Clin Neurol Neurosurg, 2011, 113(5): 399-403.
6. 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.
7. Hofkes SK, Iskandar BJ, Turski PA, et al. Differentiation between symptomatic Chiari I malformation and asymptomatic tonsilarectopia by using cerebrospinal fluid flow imaging: initial estimate of imaging accuracy [J]. Radiology, 2007, 245(2): 532-540.
8. 李洋, 袁鑫鑫, 孙伟翔, 等. 成人 Chiari 畸形 I 型后颅窝线性容积特征与小脑扁桃体下疝程度和脊髓空洞的相关性分析[J]. 中国脊柱脊髓杂志, 2016, 26(8): 709-714.
9. 杨立斌, 匡永勤, 夏勋青, 等. 青少年症状性 Chiari 畸形 I 型外科手术治疗的临床研究[J]. 中华神经医学杂志, 2013, 12(6): 633-635.
10. Milhorat TH, Bolognese PA. Tailored operative technique for Chiari type I malformation using intraoperative color Doppler ultrasonography[J]. Neurosurgery, 2003, 53(4): 899-906.
11. James HE, Brant A. Treatment of the Chiari malformation with bone decompression without durotomy in children and young adults[J]. Child's Nervous System, 2002, 18(5): 202-206.
12. Menezes AH. Current opinions for treatment of symptomatic hindbrain herniation or Chiari type I malformation [J]. World Neurosurg, 2011, 75(2): 226-228.
13. Yilmaz A, Kanat A, Musluman AM, et al. When is duraplasty required in the surgical treatment of Chiari malformation type I based on tonsillar descending grading scale [J]? World Neurosurg, 2011, 75(2): 307-313.
14. Brock RS, Taricco MA, de Oliveira MF, et al. Intraoperative ultrasonography for definition of less invasive surgical technique in patients with Chiari type I malformation[J]. World Neurosurg, 2017, 101: 466-475.
15. Bao C, Yang F, Liu L, et al. Surgical treatment of Chiari I malformation complicated with syringomyelia[J]. Exp Ther Med, 2013, 5(1): 333-337.
16. Goel A, Desai K. Surgery for syringomyelia: an analysis based on 163 surgical cases[J]. Acta Neurochir(Wien), 2000, 142: 293-301.
17. Chen J, Li Y, Wang T, et al. Comparison of posterior fossa decompression with and without duraplasty for the surgical treatment of Chiari malformation type I in adult patients: a retrospective analysis of 103 patients [J]. Medicine (Baltimore), 2017, 96(4): e5945.
18. 张晨, 岳树源, 张建宁, 等. 硬膜外与硬膜下手术治疗 Chiari I 型畸形合并脊髓空洞的疗效比较[J]. 山东医药, 2015, (4): 84-86.

(收稿日期:2017-07-30 末次修回日期:2017-10-30)

(英文编审 郑国权/贾丹彤)

(本文编辑 彭向峰)