

DOI:10.3724/SP.J.1008.2015.01127

• 技术方法 •

## 改良小脑扁桃体切除联合后颅窝小骨窗减压扩容术治疗 Chiari-I 畸形合并脊髓空洞症

黄巍, 魏嘉良, 黄勇, 李乾, 陈亚坤, 顾进茂, 黄承光\*

第二军医大学长征医院神经外科, 上海 200003

**[摘要]** **目的** 探讨软膜下切除小脑扁桃体联合后颅窝小骨窗减压扩容术治疗合并脊髓空洞症的 Chiari-I 畸形的手术改良方式及疗效。**方法** 回顾性分析 2012 年 1 月至 2014 年 1 月采用显微外科技术行软膜下小脑扁桃体切除联合小骨窗减压扩容改良术治疗 29 例合并脊髓空洞症的 Chiari-I 畸形患者的临床资料。手术方法:取俯卧头颈同轴位,术中行后颅窝小骨窗减压,打开寰椎后弓;在保持软脑膜完整的前提下将小脑扁桃体下疝入颈椎管内部分作软膜下切除;行四脑室正中孔处粘连松解;切开的蛛网膜与硬膜缘缝合避免形成医源性死腔;最后用自体筋膜修补减张缝合硬膜,全程控制脑脊液释放速度。**结果** 术后随访 24 例,失访 5 例。23 例患者术后近期(1 年内)疗效评价为有效(有效率 95.8%),术后 6 个月后复查 MRI 见延髓和上颈髓后方压迫解除,小脑扁桃体下缘升至枕骨大孔以上平面,下疝解除,脊髓空洞明显缩小或消失。**结论** 显微神经外科手术改良软膜下小脑扁桃体切除联合后颅窝小骨窗减压扩容术是治疗 Chiari-I 畸形并脊髓空洞症的一种有效方法。

**[关键词]** Chiari 畸形;脊髓空洞症;小脑扁桃体下疝;后颅窝重建

**[中图分类号]** R 651.1 **[文献标志码]** A **[文章编号]** 0258-879X(2015)10-1127-06

## Modified cerebellar tonsillectomy combined with posterior fossa decompression via small-size craniotomy for Chiari-I malformation associated with syringomyelia

HUANG Wei, WEI Jia-liang, HUANG Yong, LI Qian, CHEN Ya-kun, GU Jin-mao, HUANG Cheng-guang\*

Department of Neurosurgery, Changzheng Hospital, Second Military Medical University, Shanghai 200003, China

**[Abstract]** **Objective** To explore a modified method of cerebellar tonsillectomy combined with posterior fossa decompression via small-size craniotomy for Chiari-I malformation associated with syringomyelia and to evaluate its clinical efficacy. **Methods** The clinical data of 29 Chiari-I malformation patients associated with syringomyelia, who underwent modified cerebellar tonsillectomy combined with posterior fossa decompression via small-size craniotomy from January 2012 to January 2014, were analyzed retrospectively. Patients were prone with head and neck in the coaxial position and received surgical intervention including posterior fossa decompression via small-size craniotomy, opening the rear atlas arch, resection of the inner part of cervical canal of the cerebellar tonsil herniation while keeping the integrity of soft meninges, adhesiolysis of median aperture of the fourth ventricle, dissection of the suture of arachnoid and dural edge to avoid iatrogenic dead space, and suture of the dura with autologous fascia. The cerebrospinal fluid release rate of the whole process was controlled. **Results** A total of 24 patients were followed up after operation while 5 patients were lost in follow-up. The clinical symptom of 23 patients was improved within one year after operation. The repression of medulla oblongata and posterior upper part of cervical cord was removed in MRI examination 6 months after operation. The lower edge of cerebellar tonsillar was up to the plane above the foramen magnum and the herniation was resolved. The syringomyelia was shortened or disappeared. **Conclusion** Modified cerebellar tonsillectomy combined with posterior fossa decompression via small-size craniotomy, as a microscopy neurosurgery, is an effective method for the treatment of Chiari-I malformation associated with syringomyelia.

**[Key words]** Chiari malformation; syringomyelia; cerebella tonsillar herniation; posterior fossa reconstruction

[Acad J Sec Mil Med Univ, 2015, 36(10):1127-1132]

**[收稿日期]** 2015-05-05 **[接受日期]** 2015-08-05

**[基金项目]** 国家自然科学基金(81171130). Supported by National Natural Science Foundation of China (81171130).

**[作者简介]** 黄巍, 博士生, 主治医师. E-mail: 19475548@qq.com

\* 通信作者 (Corresponding author). Tel: 021-81885689, E-mail: huang64@163.com

小脑扁桃体下疝畸形也称 Chiari 畸形 (Chiari malformations, CM), 是颅颈交界区最常见的先天性畸形之一, 临床表现为小脑下部或伴有尾端脑干及第四脑室结构畸形, 向枕骨大孔外疝出并进入椎管内, 由于其常伴发脊髓空洞症 (syringomyelia, SM), 故常合称为 Chiari 畸形合并脊髓空洞症 (Chiari malformation-syringomyelia, CM-SM)<sup>[1]</sup>。根据临床及影像学表现可分为 4 型, 其中 Chiari-I 型最为常见, 该型是以小脑扁桃体尾向移位疝入椎管且不伴有明显脑干及脑室畸形为特征性表现的先天性畸形。迄今为止, 对于有症状的确诊患者, 外科手术被证明是唯一有效的治疗方法<sup>[2]</sup>, 目前临床上存在多种术式, 其适应证、手术方式和疗效仍存在争议。如何改良手术方式, 提高患者生活质量已成为临床亟待解决的难题之一。我们 2012 年 1 月至 2014 年 1 月采用显微外科技术行改良软脑膜下小脑扁桃体切除联合小骨窗减压扩容术治疗 29 例症状较重且合并脊髓空洞症的 Chiari-I 畸形患者, 术后总体疗效较为满意, 现报告如下。

## 1 资料和方法

1.1 一般资料 本组患者 29 例, 均症状较重, 迁延时间较长。男 18 例, 女 11 例, 年龄 24~68 岁, 平均 (46.2±8.4) 岁, 病程 9 个月至 11 年, 平均 (3.1±0.7) 年。主要临床表现: (1) 枕大孔区脊神经根受压症状, 表现为后枕颈部疼痛及活动障碍 28 例; (2) 小脑功能损伤或脊髓性共济失调, 表现为步态不稳及肢体运动共济失调 12 例, 水平眼震 3 例; (3) 腹侧颈髓受压致锥体束损伤, 表现为肢体肌力下降、肌萎缩、腱反射亢进 19 例; (4) 后组颅神经损害致声嘶、饮水呛咳等表现者 14 例; (5) 脊髓空洞症状, 主要表现为节段性分离性感觉障碍、肢体无力、手掌及上肢肌肉萎缩等 16 例, 3 例严重者出现排尿障碍。

1.2 影像学表现 29 例患者术前均行头颅 MRI 检查, 符合 Chiari-I 型畸形合并脊髓空洞症影像学特征, 包括后颅窝容积狭小、枕大池明显减小、小脑扁桃体向尾端疝出枕大孔平面 5 mm 以上、延髓和上颈髓牵拉受压向前移位。29 例患者脊髓空洞全部局限于颈胸段, 呈不规则及不对称的纵长形或念珠状, 其中单纯颈段脊髓空洞 7 例, 单纯胸段脊髓空洞 3 例, 合并颈、胸段脊髓空洞 19 例。

1.3 手术方法 本组病例全部实施全身静吸复合麻醉, 取俯卧位, 根据术前临床表现和延髓、上颈髓背侧受压程度, 采用头颈同轴或头位稍前屈下垂, Mayfield 头架固定。取枕外隆突至第 3 颈椎棘突连线做枕下后正中直切口, 沿项白线逐层分离皮下组织及肌层, 留取皮下筋膜片备用。显露枕骨鳞部、枕大孔及寰椎后弓。枕骨鳞部钻孔后铣刀锯开骨瓣, 咬骨钳咬除枕骨大孔下缘至双侧寰枕关节边缘及寰椎后弓, 形成后颅窝大小约 3.5 cm×3.5 cm 骨窗。松解切除部分增厚的寰枕筋膜, 显微镜下“Y”形剪开硬膜, 分离硬膜内层与蛛网膜的粘连, 松解小脑扁桃体与背侧延髓及上颈髓粘连的蛛网膜, 控制脑脊液释放速度; 采用双极电凝低频弱电流将小脑扁桃体疝出部分做软膜下切除, 术中尤其注意保护两侧的小脑后下动脉, 探查并松解四脑室正中孔处粘连, 观察正中孔处脑脊液搏动性释放, 术中尽可能保持小脑扁桃体表面软膜完整, 严格止血并冲洗干净, 将切开的蛛网膜与硬脑膜缘缝合在一起, 保持枕大池蛛网膜完整, 避免术后粘连并有利于枕大池重建, 以留取的自体筋膜扩大成型硬脑膜并严密缝合, 渗漏处用医用胶加肌肉修补。止血彻底后逐层严密缝合肌肉及筋膜, 多数不放置引流, 后枕部加压包扎。

1.4 术后疗效评价 术后定期复诊及头颅 MRI 复查, 了解神经系统症状和体征变化情况。按照 Tator 等<sup>[3]</sup>的术后评定量表, 依据患者症状和体征的改善程度分为完全缓解、好转、稳定及恶化。稳定指症状或体征无明显改变; 恶化指原有症状或体征加重。症状和体征完全缓解、好转及稳定者视为有效。

## 2 结果

2.1 术中及术后情况 29 例手术均顺利完成, 无脑干、小脑及重要血管损伤, 术中见绝大多数病例小脑扁桃体与背侧延髓、上颈髓存在不同程度的增生和粘连, 约 13 例四脑室下端脊髓中央管口部可见淡黄色薄膜, 16 例正中孔流出道处与上覆扁桃体组织存在不同程度的粘连。术后脑脊液漏致早期发热并枕部皮下积液 2 例, 经腰大池置管引流及皮下穿刺抽液加压包扎后好转; 1 例术后高热经脑脊液送检证实为颅内感染, 经定期腰椎穿刺鞘内给药等治疗后炎症控制; 切口脂肪液化 1 例; 无死亡患者。

2.2 临床症状改善情况 术后随访 6 个月至 1 年,

共随访到 24 例患者,其中症状和体征完全缓解 5 例 (20.8%),好转者 13 例 (54.2%),症状稳定者 5 例 (20.8%),症状恶化 1 例 (4.2%),手术有效率 95.8%。

2.3 影像学复查 24 例随访复诊患者均行头颅 MRI 检查,见小脑扁桃体切除后均上升到枕骨大孔水平以上,小脑延髓外观形态良好,延髓及上颈髓后方压迫解除;多数病例脊髓空洞明显减小或消失,其中有 6 例脊髓空洞完全消失,15 例脊髓空洞较术前明显缩小,3 例脊髓空洞较术前无变化。

2.4 典型病例 患者为 35 岁女性,以进行性后枕颈部疼痛 20 余年、右上肢无力 2 个月余就诊,结合 MRI 检查确诊为 Chiari-I 例畸形合并脊髓空洞。由于患者存在脑干腹侧锥体束受压损伤表现,术中采用俯卧头颈同轴体位(图 1A),常规后颅窝开颅,

铣刀配合咬骨钳形成约 3.5 cm×3.5 cm 大小骨窗并开放寰椎后弓,松解增厚的寰枕筋膜,触及硬膜张力较高,脑搏动稍弱,予以甘露醇脱水后剪开硬膜及蛛网膜,缓慢释放脑脊液后见局部增厚发白的蛛网膜塌陷贴附于延髓表面,将其游离缘与硬脑膜切缘缝合以解除贴附并消灭硬膜下死腔(图 1B、1C),见双侧小脑扁桃体下疝明显,以低频弱电流下行软膜下疝出部分切除,使其剩余部分均位于枕骨大孔水平以上(图 1D),探查四脑室正中孔后对其开口及附近蛛网膜粘连部分进行松解,观察脑脊液搏动较术前有明显好转,释放量明显增加,对附近两侧的小脑后下动脉妥为保护,避免损伤(图 1E、1F)。最后以自体筋膜扩容修补硬脑膜。术后患者恢复良好,右侧肢体肌无力症状明显缓解,未见任何手术并发症。

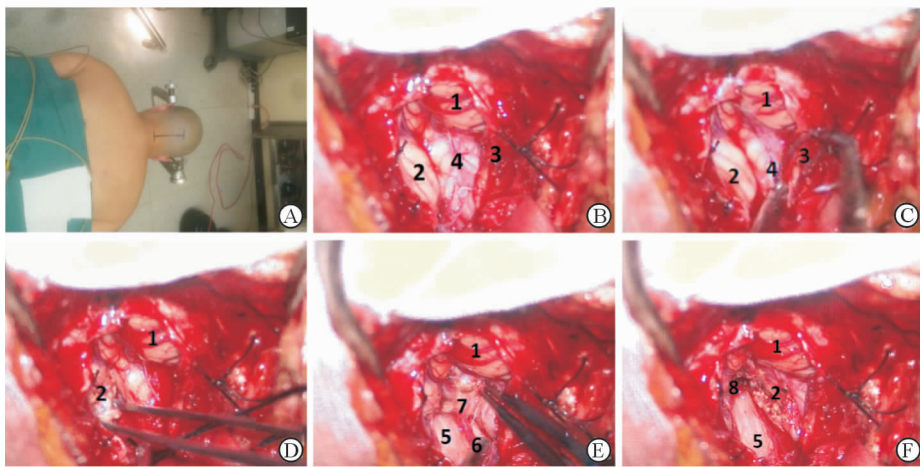


图 1 采用改良小脑扁桃体切除联合后颅窝小骨窗减压扩容术治疗 Chiari-I 畸形合并脊髓空洞的典型患者

Fig 1 Modified posterior fossa decompression combined with tonsillectomy and lysis of low part of the fourth ventricle via small-size craniotomy for treatment of a typical Chiari-I malformation patient associated with syringomyelia

A: Modified prone position; B: Exploring the incision of dura and arachnoid; C: Suturing the free margin of dura and arachnoid; D: Resecting the ventral and inferior cerebellar tonsil; E: Dissecting adhesion and protecting posterior inferior cerebellar artery (PICA); F: Expediting the outflow tract of cerebrospinal fluid. 1: Cerebellum; 2: Cerebellar tonsil; 3: Dura; 4: Arachnoid; 5: Dorsal brainstem; 6: PICA; 7: Adhesion between dorsal brainstem and ventral cerebellar tonsil; 8: Expedite outflow near the foramen of Magendie

### 3 讨论

Chiari-I 型畸形是一种寰枕区常见的先天性畸形疾病,以该部位骨性结构发育异常,小脑扁桃体组织疝出枕骨大孔进入椎管内为主要特征,约 30%~70% 患者常合并颈髓空洞<sup>[4]</sup>。其病理解剖基础包括后枕骨质发育性狭窄、寰枕融合致容积缩小,寰枕筋膜增厚致流出道缩窄,小脑扁桃体下疝推挤椎管内

结构等,目前研究认为该病的发生机制十分复杂,是一个多因素、多环节共同参与的过程<sup>[5]</sup>。基于以上理论假说,临床上存在多种术式,包括后颅窝减压术、硬膜扩大重建术、小脑扁桃体切除术、空洞分流术等,而由于国内外学者研究结果及经验总结不一,目前在神经外科领域尚无规范统一的标准和评价体系<sup>[6]</sup>。随着近年来临床及影像学、病理学研究的不断深入,绝大多数学者已就手术方式的个性化选择

以及联合术式达成共识,其中小脑扁桃体切除联合后颅窝小骨窗减压术尤其得到青睐,如何提高该术式疗效,减少手术并发症,国内外研究者进行了大量有益的探讨。本研究对收治的29例症状较重、迁延时间较长的Chiari-I型畸形患者的临床和影像学资料进行了详细的分析,就手术体位、扁桃体切除方式、骨窗大小选择及后颅窝扩容技巧等进行了一定的改良,取得了良好的临床疗效。

目前临床手术中较为普遍采用俯卧位及侧卧位术姿,强调头位前屈 $15^{\circ}$ 左右,以利枕骨大孔区术野的显露。然有文献报道,部分患者术后早期出现延髓及上颈髓损伤加重,甚至症状迁延,其原因尚未有进一步研究<sup>[7]</sup>。我们认为,由于Chiari畸形患者在胚胎时期枕骨发育滞后,而小脑、脑干等结构的正常发育形成后颅窝容积相对缩小,颅内压力梯度释放促使部分内容物尤其是小脑扁桃体向下疝出枕骨大孔,由背侧推挤延髓及上颈髓使其向腹侧屈曲<sup>[8]</sup>,而部分Chiari-I型畸形合并扁平颅底、颅底陷入等畸形进一步限制交界区域的空间结构加重压迫,而术中长期前屈头位可能使部分患者因压迫更加明显而出现临床症状加重。本研究根据影像学及临床表现均采用头颈同轴或稍屈曲头位,尽量避免颈部过度屈曲和后仰,减少术中对脊髓和延髓压迫,收到良好的治疗效果,术后无患者出现早期脑干症状加重表现。

后颅窝相对容积变化的特点一直是Chiari-I畸形研究最为重要的环节之一,是该病形成机制的决定性因素,作为该病特征性表现的后颅窝骨性容积缩小得到国内外学者最为广泛的重视。大宗病例影像学资料分析提示Chiari-I畸形患者后颅窝容积明显减小,枕颈交界区域脑脊液循环通道管径较正常人群明显缩小以及局部蛛网膜下隙压力升高明显,后颅窝与内容物的容积比值较正常人群明显缩小而内容物组织体积却与正常人群无显著差异<sup>[9]</sup>。本组研究均对患者进行常规后颅窝减压,收效显著,多数患者的远期疗效得到肯定,故后颅窝扩容减压对于Chiari-I畸形患者至关重要,应成为联合术式的基本要素。至于后颅窝减压骨窗大小的选择至今仍是Chiari-I畸形手术预案中极具争议的问题,部分学者主张行大骨窗减压,尽可能扩大后颅窝容积,也有学者认为 $2\sim 3$  cm的小骨窗减压也可获得良好效

果,而依据患者的后颅窝容积缩小程度个体化制定的“有限的颅后窝减压”方案也得到一些学者的支持<sup>[10]</sup>。通过病理解剖特点、大量文献复习及手术经验总结,我们体会到在Chiari-I畸形中,向内嵌入的枕骨大孔后缘骨质和增厚的枕内嵴是形成枕骨大孔区骨性压迫及脑脊液循环障碍的主要原因,咬除后即能取得最为关键的骨性减压效果;而骨窗过大可导致大部分小脑丧失骨性结构支撑,因重力下坠移位再次形成对延髓、上颈髓的压迫,甚至紧贴脊髓造成颅颈交界区域脑脊液循环梗阻或再次梗阻以及颅颈压力分离;此外大骨窗减压术中从枕骨和颈椎上段骨面剥离大面积枕部肌群,使其失去有效附着及骨面粘合,是造成术后术区积液以及持续发热的重要原因。故本组病例中,我们改良骨性减压方式,采用去除枕骨大孔后缘骨质以及增厚嵌入的枕骨内嵴骨质为主的小骨窗术式,开放寰椎后弓,枕大孔打开至双侧寰枕关节边缘,骨窗直径大小不超过 $3.5$  cm,不仅达到良好的延髓及上颈髓减压效果,对小脑的重力支撑也较为满意,术中同时注意减少不必要的枕部肌群剥离,尽量保证骨窗缘肌肉及骨面有效粘合,术区严格止血并彻底冲洗,逐层关颅不留置引流装置,有效减少死腔形成。本组病例术后皮下积液及发热病例明显减少,影像学随访也未见明显小脑下坠表现。

至于扩容后的硬膜扩大修补作为常规手术流程已有明确定论,其在改善后颅窝支撑结构及扩大后颅窝容积方面亦有显著作用<sup>[11]</sup>。我们对部分流程进行改良,首先将切开的蛛网膜游离缘与硬膜缘缝合,避免病变增厚的蛛网膜游离缘漂浮于四脑室正中孔及脑脊液流出道表面,增加术后粘连再堵塞的可能性,并避免在硬膜内层与蛛网膜间形成医源性死腔;其次采用自体筋膜为扩大修补材料,不但有效避免人工材料的排斥反应,降低感染概率及术区积液形成可能性,提高切缘生长闭合能力,而且取材方便,降低手术费用及患者负担<sup>[12]</sup>。本组病例均取得良好的手术疗效。

是否切除小脑扁桃体下疝一直备受关注和争议。国外有学者对小脑扁桃体下疝的程度与空洞之间的关系进行研究,结果显示小脑扁桃体下疝超过 $5$  mm者易伴发脊髓空洞<sup>[13]</sup>。还有学者研究显示切除下疝的小脑扁桃体下舌,能显著减轻其对背侧脑

干的压迫,有助于枕大孔区脑脊液动力学循环重建<sup>[14]</sup>。而脑脊液循环障碍及脊髓空洞成因的研究也是国内外 Chiari-I 型畸形研究的热点之一,近年来电影化核磁技术对枕骨大孔区脑脊液流体力学研究显示扁桃体下疝超过 5 mm 时,其脑脊液头向流动速度较慢而尾向流动时间较短,较正常情况下短暂的头向流动及后续较为持久的尾向流动有较大差异,而切除小脑扁桃体后脑脊液流体力学能得到明显改善,接近正常的流动模式<sup>[15]</sup>。而国内学者张玉琪等<sup>[16]</sup>进一步研究发现第四脑室正中孔出口粘连堵塞以及脊髓中央管出口假膜是形成脊髓空洞的重要原因之一。Chiari-I 畸形患者切除的小脑扁桃体组织病理学研究也证实其出现皮质萎缩、软脑膜纤维化、内粒层消失、蒲肯野细胞凋亡以及神经胶质增生等现象,其病理状态及功能丧失也为手术切除提供理论依据<sup>[17]</sup>。纳入研究的本组患者术前存在较为严重的后枕颈部疼痛,行 Valsalva 动作、咳嗽后加剧,并存在较长时间的后组颅神经、锥体束受损表现,影像学可见明显的扁桃体下疝出枕骨大孔及延、颈髓曲度变化,术前评估存在较明显颅内高压及延、颈髓受压,与后颅窝、颅颈交界处蛛网膜下隙狭窄明显以及脑脊液循环不畅关系明显,考虑到长期下疝的小脑扁桃体嵌顿于颅颈交界处形成明显蛛网膜下隙梗阻,且其与四脑室正中孔及背侧脑干的粘连亦是影响脑脊液循环的重要原因之一。本组患者均采用小脑扁桃体切除及粘连松解、正中孔探查,在骨性减压的基础上进一步切除嵌顿的部分扁桃体以达到更为有效的颅颈交界处扩容,术后影像学也证实枕大池厚度较单纯骨性减压有明显增加。而我们既往经验显示,蛛网膜粘连部分多位于扁桃体与背侧延髓及上颈髓之间以及第四脑室正中孔附近,切除部分下缘及腹侧面小脑扁桃体有望减少其与脑干之间的粘连面积,进一步松解正中孔则可以直接达到疏通脑脊液循环的目的,均有助于扩大和通畅四脑室流出道,有望进一步提高患者手术疗效及临床预后。

为此,我们对小脑扁桃体切除及粘连松解方式进行了一定的改良和步骤细化,旨在进一步提高手术效果及减少并发症。术中采用低功率电凝避免邻近重要组织的热灼伤,同时注意保护软膜完整,减少术后再次粘连可能。显微镜下对扁桃体腹侧与背侧延髓、上颈髓之间以及第四脑室正中孔附近蛛网膜

粘连部分进行仔细探查,彻底松解粘连,通畅脑脊液流出道,术中见绝大多数病例小脑扁桃体与背侧延髓、上颈髓存在不同程度的增生和粘连,约 13 例四脑室下端的脊髓中央管口部可见淡黄色薄膜,16 例正中孔流出道处与上覆扁桃体组织存在不同程度的粘连,与国内张玉琪教授研究结果一致,解除粘连或挑破薄膜可明显观察到脑脊液搏动性释放增强<sup>[16,18]</sup>。回顾该部分病例术前绝大多数以长期进行性头痛加剧、颅内高压为主要表现,尤以 Valsalva 动作、咳嗽后加剧为特征性表现,提示脑脊液循环不畅是此类重症患者极为关键的病因,有必要在术中进行粘连松解和正中孔探查。小脑扁桃体下内侧方向的小脑后下动脉及其分支解剖相对固定且功能重要,操作时应特别注意保护,避免造成脑干及小脑梗死。整个手术过程中注意控制脑脊液释放速度,尤其对于由于脊髓空洞以及流出道不畅而导致延髓外形饱满的患者,在打开、松解蛛网膜及正中孔开口后往往导致脑脊液快速释放,延髓张力迅速下降,可能引起明显颅内压梯度变化后远隔部位出血或相对位移牵拉损伤微小血管出血,故手术中予以棉片辅助减缓脑脊液释放速度,有效预防术中及术后继发出血风险。术野冲洗干净彻底,减少术后粘连的发生概率。

综上所述,Chiari-I 畸形是一类复杂的寰枕交界处畸形,术前全面详尽的临床表现及影像学的评估,以及术中缜密细致的观察是手术方式选择最为可靠的手段,而彻底解除枕大孔区压迫因素、重建脑脊液循环通畅是衡量手术疗效最为关键的指标。值得注意的是,部分 Chiari-I 型畸形伴脊髓空洞症的患者术后临床症状的恢复并不一定与影像学改善同步,尤其对于症状严重及长时间迁延的病例,故临床手术方案的选择仍值得进一步探索,术者的临床经验、手术疗效预期及风险性、患者基础情况等均应纳入评估范畴,因此有时候分阶段或阶梯式手术治疗也具有可行性。

## [参考文献]

- [1] 彭逸龙,伍 益,李智斌,董家军,钟鸣谷. Chiari 畸形诊治的研究进展[J]. 中国神经肿瘤杂志, 2013, 11: 64-68.
- [2] 刘志宇,楼美清. Chiari 畸形伴脊髓空洞的外科治疗现

- 状[J]. 中国临床神经外科杂志, 2014,19:311-312.
- [3] Tator C H, Meguro K, Rowed D W. Favorable results with syringosubarachnoid shunts for treatment of syringomyelia[J]. *J Neurosurg*, 1982,56:517-523.
- [4] Deng X, Wang K, Wu L, Yang C, Yang T, Zhao L, et al. Asymmetry of tonsillar ectopia, syringomyelia and clinical manifestations in adult Chiari I malformation[J]. *Acta Neurochir (Wien)*, 2014,156:715-722.
- [5] 刘翔,刘宏毅,章文斌,邹元杰. Chiari 畸形的外科治疗及相关问题探讨[J]. *临床神经外科杂志*, 2011,8:173-175.
- [6] 陈东亮,周晓平,刘建民,岳志健,胡小吾,洪波,等. Chiari 畸形并脊髓空洞症的外科治疗[J]. *第二军医大学学报*, 2002,23:330-332.
- Chen D L, Zhou X P, Liu J M, Yue Z J, Hu X W, Hong B, et al. Diagnosis and treatment of Chiari's malformation associated with syringomyelia[J]. *Acad J Sec Mil Med Univ*, 2002,23:330-332.
- [7] 陈赞,孙永华,吴浩,王兴文,菅凤增. 前屈-后伸位 MRI 对判断颅脊交界区畸形内固定指征的临床价值[J]. *中国现代神经疾病杂志*, 2011,11:444-448.
- [8] Nishikawa M, Sakamoto H, Hakuba A, Nakanishi N, Inoue Y. Pathogenesis of Chiari malformation: a morphometric study of the posterior cranial fossa[J]. *J Neurosurg*, 1997,86:40-47.
- [9] Dufton J A, Habeeb S Y, Heran M K, Mikulis D J, Islam O. Posterior fossa measurements in patients with and without Chiari I malformation[J]. *Can J Neurol Sci*, 2011,38:452-455.
- [10] Caldarelli M, Novegno F, Vassimi L, Romani R, Tamburrini G, Di R C. The role of limited posterior fossa craniectomy in the surgical treatment of Chiari malformation type I: experience with a pediatric series[J]. *J Neurosurg*, 2007,106:187-195.
- [11] Forander P, Sjavik K, Solheim O, Riphagen I, Gulati S, Salvesen O, et al. The case for duraplasty in adults undergoing posterior fossa decompression for Chiari I malformation: a systematic review and meta-analysis of observational studies [J]. *Clin Neurol Neurosurg*, 2014,125:58-64.
- [12] Chotai S, Medhkour A. Surgical outcomes after posterior fossa decompression with and without duraplasty in Chiari malformation- I [J]. *Clin Neurol Neurosurg*, 2014,125:182-188.
- [13] Stovner L J, Sjaastad O. Segmental hyperhidrosis in two siblings with Chiari type I malformation [J]. *Eur Neurol*, 1995,35:149-155.
- [14] Schijman E, Steinbok P. International survey on the management of Chiari I malformation and syringomyelia[J]. *Childs Nerv Syst*, 2004,20:341-348.
- [15] Krueger K D, Haughton V M, Hetzel S. Peak CSF velocities in patients with symptomatic and asymptomatic Chiari I malformation[J]. *AJNR Am J Neuroradiol*, 2010,31:1837-1841.
- [16] 张玉琪,王忠诚,马振宇,李志红. 小脑扁桃体切除并脊髓中央管口松解术治疗合并脊髓空洞的 Chiari 畸形[J]. *中华神经外科杂志*, 2004,20:215-217.
- [17] Pueyrredon F, Spaho N, Arroyave I, Vinters H, Lazareff J. Histological findings in cerebellar tonsils of patients with Chiari type I malformation[J]. *Childs Nerv Syst*, 2007,23:427-429.
- [18] Linge S O, Mardal K A, Helgeland A, Heiss J D, Haughton V. Effect of craniovertebral decompression on CSF dynamics in Chiari malformation type I studied with computational fluid dynamics: Laboratory investigation [J]. *J Neurosurg Spine*, 2014,21:559-564.

[本文编辑] 贾泽军