

· 临床研究 ·

显微手术切除脑干海绵状血管瘤的临床分析

陈 凌, 陈立华, 凌 锋, 张鸿祺, 李 萌, 李晓宇, 管敏武

(首都医科大学宣武医院 神经外科 & 中国国际神经科学研究所颅底外科中心, 北京 100053)

摘 要: **目的** 探讨脑干海绵状血管瘤显微手术适应证、手术入路的选择及术中注意事项和预后。**方法** 回顾性分析16例手术治疗的脑干海绵状血管瘤临床资料。所有病例均行头部CT、MRI和全脑血管DSA检查,病变位于中脑和脑桥4例,脑桥11例,延髓1例,直径大小为 (1.3 ± 0.4) cm。采用枕下后正中经小脑延髓裂四脑室入路7例,枕下经天幕入路1例,颞下或颞枕入路4例,枕下乙状窦后入路4例。术中行脑神经监护、神经导航引导下切除病变。结果术前所有患者均有出血史及脑神经症状和(或)运动功能障碍、感觉障碍、共济失调表现。16例中涉及中脑病变手术入路选择以颞下、颞枕或枕下经天幕入路为主;脑桥病变多选择枕下后正中经小脑延髓裂四脑室入路;脑桥前外侧方病变采用枕下乙状窦后入路。而病变位于延髓者以枕下后正中经小脑延髓裂四脑室入路为主。显微镜下将肿瘤全切,无手术死亡。随访4~48个月。16例均无复发及再出血者。**结论** 脑干海绵状血管瘤个体化地选择显微手术入路、术中神经电生理监测以及神经导航导引是手术成功的重要保证。把握好手术时机,积极手术治疗,完全可以达到治愈目的。

关 键 词: 脑干; 血管瘤; 海绵状血管畸形; 神经导航; 显微外科手术; 疗效

中图分类号: R651.1⁺2

文献标识码: A

文章编号: 1007-1520(2010)02-0105-07

Clinical analysis of microsurgical treatment for brainstem cavernous malformation

CHEN Ling, CHEN Li-hua, LING Feng, et al.

(Department of Neurosurgery, Xuanwu Hospital, Capital Medical University, China International Neuroscience Institute, Beijing 100053, China)

Abstract: **Objective** To investigate the surgical indications, approaches, techniques and prognosis of microsurgical treatment for the brain stem cavernous malformation. **Methods** The clinical data of 16 cases of brain stem cavernous malformation removed microsurgically was retrospectively studied. CT, MRI, and DSA were examined in all the patients preoperatively. As for the location of the lesions, 4 lesions were situated in mesencephalon and pons, 11 in pons, and 1 in medulla oblongata. The average diameter of lesions was 1.3 ± 0.4 cm. The lesions were removed via midline suboccipital trans-cerebellomedullary fissure and the fourth ventricle (7 cases), occipital transtentorial (1 case) approach, subtemporal or temporal-suboccipital transtentorial approach (4 cases), and suboccipital retrosigmoid approach (4 cases). The lesions removal were guided with neuroelectrophysiological monitoring and neuro-navigation. **Results** All the patients had history of hemorrhage, ataxia, and cranial nerve deficits and/or motor or sense dysfunction. The lesions in mesencephalon and pons were removed via subtemporal or temporal-suboccipital transtentorial approach, or by occipital transtentorial approach. The lesions in pons were mainly removed by midline suboccipital trans-cerebellomedullary fissure and the fourth ventricle approach. Lesions in anterolateral of pons might be operated by suboccipital retrosigmoid approach. Lesions in medulla oblongata were removed by midline suboccipital trans-cerebellomedullary fissure and the fourth ventricle approach. All the lesions

作者简介: 陈 凌, 男, 副主任医师。

通讯作者: 陈立华, Email: chenlihuallx@yahoo.com.cn.

were removed radically under microscope and no death occurred. All the cases were followed up from 4 to 48 months. There was no recurrence or bleeding after operation. **Conclusion** For brainstem cavernous malformation, the individual microsurgical approach, guidance of intraoperative neuroelectrophysiological monitoring and neuro-navigation are the important pledge of successful outcome of operation.

Key words : Brain stem ; Hemangioma ; Cavernous malformation ; Neuronavigation ; Microsurgery ; Treatment outcome

海绵状血管瘤 (cavernomas) 或称海绵状血管畸形 (cavernous malformations) 占颅内血管畸形的 5% ~ 13%^[1-3], 其中位于脑干者约为 13% ~ 35%, 而脑桥是最常见的部位^[4]。脑干海绵状血管瘤 (brainstem cavernous malformations, BCM) 由于其特殊的位置, 决定了其危险性和治疗的风险。由于其出血率和再出血率明显高于脑内其他部位血管瘤, 掌握相应的手术适应证、选择适当的手术入路、安全全切病灶对于治疗该病, 降低再出血风险至关重要。本研究回顾性分析 2005 年 7 月 ~ 2009 年 7 月采用手术切除的 16 例 BCM 的临床资料, 对脑干海绵状血管瘤显微手术适应证、手术入路的选择、术中注意事项和预后进行探讨。

1 对象与方法

1.1 一般资料

回顾性地分析 2005 年 7 月 ~ 2009 年 7 月首都医科大学宣武医院神经外科在神经导航引导下, 采用手术切除的 16 例 BCM 患者的临床资料, 其中男 8 例, 女 8 例; 年龄 18 ~ 58 岁, 平均 (34 ± 14) 岁。病灶直径大小为 (1.3 ± 0.4) cm。所有患者均有一次或多次出血史。病程 7 d 至 10 年。累及脑神经的临床症状和体征, 包括累及动眼神经 1 例, 三叉神经 3 例, 外展神经 1 例, 累及后组脑神经的 3 例; 有运动障碍 12 例; 感觉障碍 6 例; 共济失调 8 例。

1.2 影像学检查

术前均行头部 CT、MRI (图 1 ~ 3) 及 DSA 检查。病变位于中脑及脑桥 4 例, 脑桥 11 例, 延髓 1 例。4 例伴静脉发育不良。T1 加权像表现为均匀性低信号强度、混杂信号强度、等信号强度 (图 4); T2 加权像为均匀性高信号影、等信号影或混杂信号影

(图 5)。DSA 检查无阳性发现。

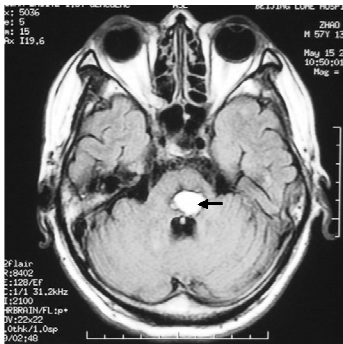


图 1 桥脑腹侧海绵状血管瘤, 术前轴位片 FLAIR 像病灶显示混杂信号



图 2 桥脑腹侧海绵状血管瘤, 术前矢状位片 T1 加权像病灶显示高信号



图 3 桥脑腹侧海绵状血管瘤, 术前冠状位片 FLAIR 像病灶显示混杂信号

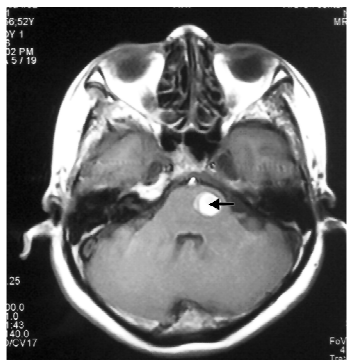


图4 桥脑腹侧海绵状血管瘤 T1 加权像病灶显示信号增强

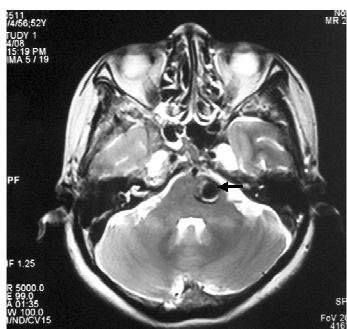


图5 桥脑腹侧海绵状血管瘤 T2 加权像病灶显示混杂信号

1.3 手术治疗

所有患者均择期手术。采用经枕下后正中经小脑延髓裂四脑室入路7例,枕下经天幕入路1例,颞下或颞枕入路4例,以及枕下乙状窦后入路4例。术中应用神经导航(Brian Lab,德国)(图6),或应用神经电生理监护(尼高力 Nicolet EndeavorCR16 通道台式术中监护诊断系统,美国)。术前 MRI 薄层扫描获取导航数据输入计算机工作站,运行手术计划系统进行术前病灶定位,并注意与周围有标志意义的重要大血管的毗邻关系。病灶位置一般单从术中脑干表面色泽很难辨识,因此导航定位更显重要。对于脑干病灶切除时的操作,在术中电生理监护(体感诱发电位、脑干听觉诱发电位)监测下进行,遇有波形变化即暂停操作,待波形有所恢复后继续进行。波形变化主要有。

①脑干听觉诱发电位(brainstem auditory evoked potentials, BAEP)监测:记录电极采用

针状电极位于双侧耳后乳突(A_2 或 A_2)或者耳垂上,参考电极置于中央顶区(C_z),接地电极位于肩部。阻抗 $< 5 \text{ M}\Omega$,声音刺激为极性交替的短声刺激(150 dB SPL)刺激频率为 11.1 Hz ,带通滤波为 $30 \sim 3000 \text{ Hz}$,叠加 1000 次。术中监测时发现 BAEP 出现 I、V 波低平(减低 50%)或消失时即刻发出警示,及时提醒手术者减少或停止可能影响或损伤听觉通路的操作动作,甚至暂停操作,观察 BAEP 变化,待波形恢复后再进一步手术。

②术中的躯体感觉诱发电位(somatosensory evoked potentials, SEP)监测:上肢 SEP 监测,采用标准的针状电极作为记录和刺激电极,上肢的刺激点一般选在正中神经,刺激频率 5.1 Hz ,刺激电流 200 mA ,每次持续 200 ms ,记录电极参照头部标准的 $10 \sim 20$ 系统放置在 $C3'$, $C4'$ 位置,参考电极置于 FPz 点,在颈二节段或者 Erb 点放置电极作为近端的参考点,地线位置在前额。所有电极的电阻保持在 5 kohm 以下,滤波范围为 $30 \sim 3000 \text{ Hz}$,叠加平均 $200 \sim 500$ 次。反复刺激后记录,辨认出皮质的 $N(\text{negative})$ 20 - $P(\text{positive})$ 25 波形,测量出 $N20$ 的波幅和潜伏期。存储重复性好,有代表性的数据作为基线参考。手术当中若有变化,则反复记录,持续超过 $10 \sim 15 \text{ min}$ 则停止手术操作或改变手术操作方式。判断 SEP 变化的标准目前一致认为波幅降低 50%,或潜伏期延长 10%,即所谓的 10/50 法则。

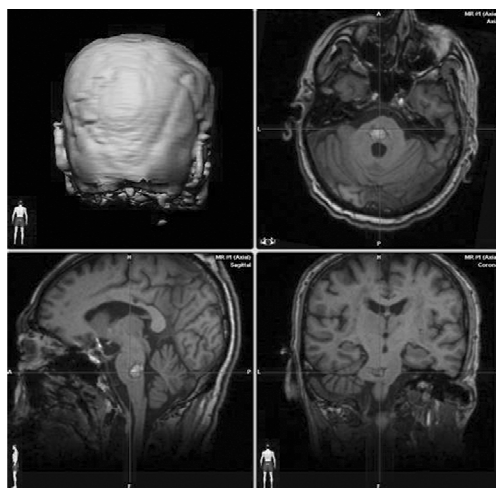


图6 脑干海绵状血管瘤术中神经导航系统应用,指导病灶精确定位

1.4 随访

随访 4 ~ 48 个月。术后 3、6、12 个月时复查 MRI,此后每年复查 MRI。随访内容包括相关脑神经功能状态,MRI 复查显示原病灶部位的情况。

2 结果

显微镜下全切病灶,病理检查结果均证实为 BCM。手术并发症主要有术后头皮下积液 1 例,脑脊液漏 1 例,短期外展神经麻痹 2 例,并发症经治疗后痊愈或好转,无手术死亡。所有患者均于术后 3、6、12 个月复查 MRI 均未见病变残留及复发(图 7 ~ 9)。症状和体征较术前改善者 11 例,保持术前水平 2 例,加重或出现新的脑神经症状或其他神经功能障碍(共济失调、运动障碍、感觉障碍)3 例。无再出血者。

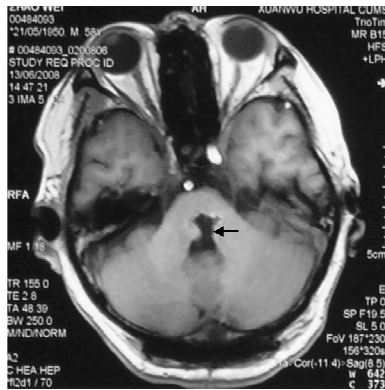


图 7 桥脑腹侧海绵状血管瘤,术后轴位片 T1 加权像显示病灶全切除

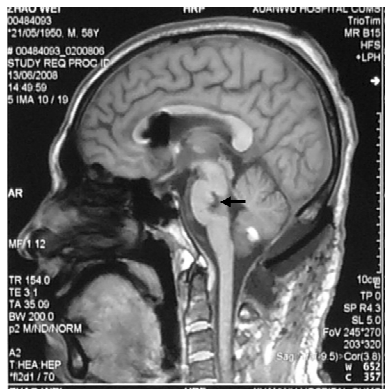


图 8 桥脑腹侧海绵状血管瘤,术后矢状位片 T1 加权像显示病灶全切除

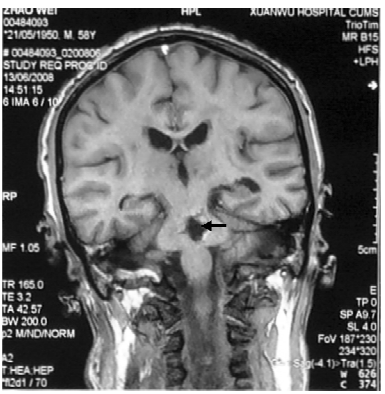


图 9 桥脑腹侧海绵状血管瘤,术后冠状位片 T1 加权像显示病灶全切除

3 讨论

脑干海绵状血管瘤是一种血管畸形。由于其所在部位的重要性,其导致的脑干出血以及再出血,可能引起严重后果以及重要神经功能的缺损。近年来,随着神经影像技术、显微神经外科技术、神经电生理技术以及神经导航的发展及应用,BCM 手术取得了越来越好的疗效。有关手术时机和适应证、手术入路的选择等虽尚存争议,但对手术适应证的掌握,设计适当的手术入路、病灶切除技术以及相应的辅助手段,无疑为疗效的提高提供了重要保证。

3.1 病理及临床特点

BCM 是一种先天性血管异常,病变直径平均约 1.5 ~ 2.0 cm^[5]。在病理上大体呈分叶状或桑葚状。光镜下由许多窦状扩张的血管腔组成,管壁只有内皮细胞,缺乏弹力纤维和平滑肌,因而血管脆性很大。一般情况下,扩张的血管之间不夹杂正常脑实质^[6]。Kupersmith 等^[7]报道 BCM 的年出血率和再出血率约为 2.4% 和 5.1%。Porter 等^[5]认为血管瘤出血后,更易发生再次出血,年出血率和再出血率分别为 5% 和 30%。Ferrolì 等^[8]报道年出血率和再出血率分别为 3.8% 和 34.7%。国内王忠诚等^[9]报道 137 例中,年出血率和再出血率分别为 6% 和 60%。最近,Hauck 等^[10]对 44 例 BCM 患者的临床资料进行了回顾性分析,发现在第 1 次出血后,距第 2 次出血的中位时间间隔为 2 年,年出血率为 42%。

但出现第2次出血后,再出血发生的中位时间间隔则为5个月,月出血发生率为8%。在长达8年的观察期内,最后所有患者都接受了手术治疗。95%的患者手术治疗后病情未再进一步进展。术后2年内发生出血等事件的几率为每年5%,2年后降至为零。

3.2 特殊解剖学特点

BCM常与毛细血管扩张症及静脉畸形并存。Mathiesen等^[11]认为畸形静脉担负着脑干重要结构的引流,因而切除畸形血管团时应尽量避免损伤畸形静脉主干,以免引发不可逆的静脉性脑干梗死。Porter等^[5]报道其手术切除86例BCM,病变周围均存在畸形静脉。而Porter认为,静脉畸形在BCM的发生以及复发中均扮演了重要角色。Ferroli等^[8]也同意这一观点,其报道的52例经手术切除的BCM中有4例发生术后再次出血而行二次手术。故如何在第1次手术中更妥善地处理并存的静脉畸形,仍有赖于进一步研究。本组中有4例BCM伴静脉发育不良,术中将粗大的静脉予以保留,术后未发现脑干水肿或脑干梗死的发生。

3.3 影像学诊断

海绵状血管瘤T1加权像可表现为高信号强度、低信号强度、混杂信号强度、等信号强度,T2加权像可为均匀性高信号影、等信号影及混杂信号影。MRI是对脑干海绵状血管瘤诊断价值最优的方法(图4,5)。其敏感性、特异性及对病灶的了解方面均优于CT和DSA^[12]。典型的颅内海绵状血管瘤MRI表现为低信号环围绕的爆米花样或桑葚样混杂信号团块,为多次出血后形成。出血的不同时期,显示出的病灶MRI表现也不同。急性出血期T1加权像呈高信号,在T2加权像呈高信号;中、晚期出血停止,血肿吸收消退,依距离出血发生后不同时间,T1,T2加权可为高信号、混杂信号或低信号,周围通常环绕有不规则的低信号带为含铁血黄素沉积而形成,病灶周围水肿多不明显。增强扫描一般很少或无增强。CT表现为界限清楚的圆形或类圆形等至高密度影,除急性出血或较大病灶外,一般病灶周围无水肿及占位征象。DSA对明确诊断有一定帮助,海绵状血管瘤在DSA上无明显特异

性发现,多表现为无特征的血管病变,很少能见到供血动脉及引流静脉^[9]。DSA仅有助于与动静脉畸形相鉴别。

3.4 手术适应证和手术时机

对BCM实施手术的根本目的是在尽量不干扰周围正常脑组织的前提下全切病变,预防再次出血^[5]。一般认为,进行性神经功能缺失、海绵状血管瘤内或外出血,且具有占位效应,接近脑干表面的海绵状血管瘤血肿与软膜表面之间的脑组织<2 mm时应手术治疗^[13]。Nicolas^[4]认为,对于第四脑室底部的病灶,手术治疗只限于向外生长的病变;对于病灶首次出血和未达到软膜的病变,不主张手术切除。进行MRI检查偶尔发现的BCM并不是手术治疗的指征,至少不需立即手术;无症状患者或部位深在的海绵状血管瘤均不是手术治疗的指征。至于手术时机,大多数学者认为在出血后4~6周进行手术,此时患者一般条件稳定、血肿软化或液化、胶质反应轻^[14]。大多数学者即支持早期手术的观点^[4,10,15],主张在患者神经系统状况稳定后行亚急性期手术。有作者认为早期手术患者的神经功能恢复优于中、晚期手术患者,同时出血次数也与本病预后关系密切^[7]。有学者也曾报道在出血3个月内和3个月后的手术疗效无明显差异。在出血急性期一般不宜施行急诊手术,因为血肿组织质地较脆,血管瘤和脑干之间的胶质界面不清。但脑干出血致较大的占位效应,出现意识障碍则应急诊手术。本组除1例外,均在亚急性期进行手术,手术效果良好。

3.5 手术入路及手术技术

由于脑干海绵状血管瘤位置深在,周围邻近重要的神经结构。因此,手术切除风险较大。手术入路应以最近为原则,根据血肿的部位,从病灶最接近脑干表面处进入,进而从相应部位开颅。Brown等^[16]描述确定最佳手术入路的方法为在血管瘤中心和血管瘤离脑干表面最近点之间两点连线,向外延伸就是合适的入路。同时,手术入路的选择要利于暴露和操作,术中应仔细辨认解剖标志、血管走行路径、脑干形态和颜色,并结合影像学资料对病灶区进行定位,以免伤及

重要的神经结构。手术入路的选择:①本组3例病灶位于中脑及脑桥,涉及中脑病变手术入路选择以颞下、颞枕或者枕下经天幕入路为主。另外,根据病变的部位,顶盖下视丘水平选择枕下经天幕入路^[17];若病变位于中脑背侧也可选择枕下经天幕入路。腹侧中脑的海绵状血管瘤,若海绵状血管瘤位于内侧丘系和外侧膝状体的前外侧,选择颞下经天幕入路。②脑桥海绵状血管瘤:脑桥是BCM的最常见发生部位。本组资料中脑桥背侧病变多选择枕下后正中经小脑延髓裂(cerebellar-medullar fissure, CMF)四脑室入路;脑桥前外侧方病变采用枕下乙状窦后入路。枕下后正中经小脑延髓裂四脑室入路,避免了常规枕下中线入路切开小脑蚓部以暴露第四脑室底时可能引起的蚓部分裂后综合征。Kyoshima^[18]提出经小脑延髓裂暴露第四脑室底菱形窝后有两个安全进入区:一是面上三角,内侧以内侧纵束为界,外侧至小脑脚,下端至面神经;另一个是面下三角,内侧以内侧纵束为界,外侧至面神经,下端至髓纹。病变偏脑干前外侧时可以考虑切开三叉神经和面神经出脑干处之间的皮质以进入脑干,此区被认为是脑干手术的安全区域之一^[5]。若在脑干的不同部位有两个病灶,一种手术入路不可能清除两个病灶时,则需采用不同入路,分两期手术^[9]。本组采用经枕下后正中经小脑延髓裂四脑室入路5例和枕下乙状窦后入路2例。③病变位于延髓背侧者采用枕下后正中经小脑延髓裂四脑室入路,位于延髓腹侧者,采用远外侧入路。由于第四脑室底的下部区域富含感觉和运动核团。因此,延髓后方的手术入路必须注意保护这些核团,避免导致相应的功能障碍,如吞咽困难,发音障碍和味觉异常等。从旁中线入路时,在第Ⅻ脑神经的前外侧沟和C1之间的水平切开,可以避开锥体束。

关于手术技术操作,我们的体会:第一,在显露脑干组织后,在有明显隆起及黄染处进入;反之,必须根据解剖、神经导航指引或电生理监测来确定安全进入区^[17,19]。第二,用最小号吸引器,调节吸引器压力,缓慢吸除陈旧血肿,获得手术空间的扩大。仔

细寻找病灶边界,然后沿血肿壁周围分离,电灼并切断周围的血管联系。手术中手法要轻柔,必须认真避免牵拉对脑干功能造成损伤,尽量不使用电凝,必要时短暂使用弱电凝。第三,争取全切病灶。在分离血管瘤边界时,部分病例常于底部有一根血管为供血动脉,应分离清楚并将血管悬空电凝后切断。第四,手术范围不要超出血肿周围胶质增生带。第五,术中如发现引流静脉,尤其是较粗大的伴行静脉,应尽可能保护,以免术后脑干静脉性梗塞或水肿加重神经功能障碍^[20]。第六,神经导航和神经电生理监护的应用。同直接显微手术相比,神经导航辅助具有对脑干内较小体积病灶部位深在的海绵状血管瘤进行精确定位的作用。本组病例中有4例在脑干表面未见明显黄染或膨隆,但在导航指引下准确找到病变,减少了脑干切开部位的盲目性,最大限度地减少对病灶周边神经结构损伤,提高了全切除率,是实现微侵袭手术治疗目的的有效方法。

总之,脑干海绵状血管瘤个体化地选择显微手术入路、术中神经电生理监测以及神经导航导引是手术成功的重要保证。

3.6 立体定向放射外科治疗

对于伽玛刀是否适用于治疗BCM,一直存在争议。放疗后水肿增加了患者的并发症及病死率。随着放疗剂量减低以及放疗靶向精确度的提高,伽玛刀治疗逐渐被应用到BCM中。有学者认为^[6,21]伽玛刀治疗可降低BCM的再出血率,特别是2年之内的再出血率。对于手术不能达到或手术风险较大的深部病灶,可以考虑伽玛刀治疗。但是,由于海绵状血管瘤具有窦状扩张的血管腔及管壁薄弱的病理学改变,射线难以使血管内皮逐渐增生,使畸形的血管腔闭塞。当患者因症状性出血就诊时,影像上的出血信号往往大于实际病灶,这时靠影像确定靶点是不准确的。由于病灶位于脑干内,计划给予病灶的边缘剂量受限,所以患者在等待放射外科治疗完全发生疗效的期间,难以预防致命的再出血^[9]。因此,我们认为对于无症状者可以暂行随访观察,定期复查。一旦具备手术适应证者,应早期手术治疗,这主要

考虑到伽玛刀治疗所存在的风险,况且手术治疗可以达到良好的效果。

3.7 预后

Porter、Ferroli 等^[5,8]报道 BCM 手术死亡率为 1.9% ~ 4%,国内王忠诚等^[13]报道 129 例患者随访 11 年,无手术死亡。本组 16 例患者均获显微镜下病灶全切,无手术死亡。术后随访时间 4 ~ 48 个月。无复发及再出血者。

总之,充分认识脑干海绵状血管瘤的病理及解剖特征,掌握显微外科手术技巧,并应用神经导航和神经电生理监护技术,对于符合手术适应证的症状性出血者,把握好手术时机,积极地手术治疗,完全可以达到治愈目的。对那些暂不需要手术者,有必要进行临床和影像学的随诊。

参考文献:

- [1] Vias FC, Gordon V, Guthikonda M, et al. Surgical management of cavernous malformations of the brainstem [J]. *Neurol Res*, 2002, 24(1): 61-72.
- [2] Giombini S, Morello G. Cavernous angiomas of the brain. Account of fourteen personal cases and review of the literature [J]. *Acta Neurochir (Wien)*, 1978, 40(1/2): 61-82.
- [3] Lonjon M, Roche JL, George B, et al. Intracranial cavernoma [J]. 30 cases. *Presse Med*, 1993, 22(21): 990-994.
- [4] Nicolas de Triblet. 如何选择脑干海绵状血管瘤的手术指征和手术时机[J]. *中国脑血管病杂志*, 2005, 2(8): 337.
- [5] Porter RW, Detwiler PW, Spetzler RF, et al. Cavernous malformations of the brainstem; experience with 100 patients [J]. *J Neurosurg*, 1999, 90(1): 50-58.
- [6] Conway JE, Rigamonti D. Cavernous malformations: a review and current controversies [J]. *Neurosurg Quart*, 2006, 16(1): 15-23.
- [7] Ziyal IM, Ozgen T. Natural history of brainstem cavernous malformations [J]. *Neurosurgery*, 2001, 49(4): 1023-1024.
- [8] Ferroli P, Sinisi M, Franzini A, et al. Brainstem cavernomas; long-term results of microsurgical resection in 52 patients [J]. *Neurosurgery*, 2005, 56(6): 1203-1214.
- [9] 王忠诚,刘阿力. 脑干内血管畸形的诊断及治疗-附 100 例病例报告 [J]. *中国医学科学院学报*, 1999, 21(6): 415-420.
- [10] Hauck EF, Barnett SL, White JA, et al. Symptomatic brainstem cavernomas [J]. *Neurosurgery*, 2009, 64(1): 61-70.
- [11] Mathiesen T, Edner G, Kihlstrom L. Deep and brainstem cavernomas: a consecutive 8-year series [J]. *J Neurosurg*, 2003, 99(1): 31-37.
- [12] Clatterbuck RE, Moriarty JL, Elmaci I, et al. Dynamic nature of cavernous malformations: a prospective magnetic resonance imaging study with volumetric analysis [J]. *J Neurosurg*, 2000, 93(6): 981-986.
- [13] Wang CC, Liu A, Zhang JT, et al. Surgical management of brain-stem cavernous malformations: report of 137 cases [J]. *Surg Neurol*, 2003, 59(6): 444-454.
- [14] Bertalanffy H, Benes L, Miyazawa T, et al. Cerebral cavernomas in the adult. Review of the literature and analysis of 72 surgically treated patients [J]. *Neurosurg Rev*, 2002, 25(1/2): 1-54.
- [15] Bruneau M, Bijlenga P, Reverdin A, et al. Early surgery for brainstem cavernomas [J]. *Acta Neurochir (Wien)*, 2006, 148(4): 405-414.
- [16] Brown AP, Thompson BG, Spetzler RF. The two-point-method: evaluating brainstem lesions [J]. *BNI Quarterly*, 1996, 12(1): 20-24.
- [17] Ammerman JM, Lonser RR, Oldfield EH. Posterior subtemporal transtentorial approach to intraparenchymal lesions of the anteromedial region of the superior cerebellum [J]. *J Neurosurg*, 2005, 103(5): 783-788.
- [18] Kyoshima K, Kobayashi S, Gibo H, et al. A study of safe entry zones via the floor of the fourth ventricle for brain-stem lesions. Report of three cases [J]. *J Neurosurg*, 1993, 78(6): 987-993.
- [19] 李明昌,陆永建,何伟文,等. 神经导航辅助显微手术切除脑内海绵状血管瘤(附 10 例报告) [J]. *中国临床神经外科杂志*, 2005, 10(3): 185-187.
- [20] Steinberg GK, Chang SD, Gewirtz RJ, et al. Microsurgical resection of brainstem, thalamic, and basal ganglia angiographically occult vascular malformations [J]. *Neurosurgery*, 2000, 46(2): 260-271.
- [21] Berk C, Shaya M, Acharya R, et al. Surgical management of intracranial cavernous malformations: the Louisiana State University Health Sciences Center, Shreveport experience [J]. *South Med J*, 2005, 98(6): 611-615.

(修回日期:2010-02-01)