DOI:10.16016/j.1000-5404.202008134

多种监测辅助下头颈部联合入路夹闭颈内动脉床突旁动脉瘤的临床研究

吴欣桐,何朝晖 400016 重庆,重庆医科大学附属第一医院神经外科

[摘要] **目的** 探讨多种术中监测辅助下头颈部联合入路床突旁动脉瘤夹闭术的手术效果。**方法** 回顾性分析重庆医科大学附属第一医院神经外科2016年1月至2019年12月在体感诱发电位(somatosensory evoked potential,SEP)、运动诱发电位(motor evoked potential,MEP)、多导皮层脑电图(multilobar electrocorticography,mEcoG)、多普勒血管超声、吲哚氰绿造影技术术中辅助下行头颈部联合入路床突旁动脉瘤夹闭术患者的临床资料,术后均行CTA或DSA评估夹闭效果,出院时采用改良Rankin评分量表(modified Rankin Scale,mRS)评估患者近期预后,并对患者进行临床观察及影像学随访以评估远期预后。**结果** 共35例患者,术中夹闭床突旁动脉瘤35个,术后经CTA或DSA证实仅1例存在瘤颈残留,余34例患者均夹闭完全。围手术期无死亡。出院时mRS评分结果,预后良好32例,约占91%,预后不良3例,约占9%。35例患者均获得随访,随访时间为6~18(12±4)个月,根据随访资料采用mRS评分,预后良好30例,占86%,预后不良5例,占14%。**结论** 在多种术中监测手段的辅助下,经头颈部联合入路于显微镜下夹闭床突旁动脉瘤安全可行,能获得满意的临床疗效。

[关键词] 床突旁动脉瘤;夹闭手术;头颈部联合;术中监测
[中图法分类号] R181.32;R741.05;R743.9 [文献标志码] A

Clipping of paraclinoid carotid aneurysm *via* combined head and neck approach with assistance of multiple intraoperative monitoring: report of 35 cases

WU Xintong, HE Zhaohui Department of Neurosurgery, the First Affiliated Hospital of Chongqing Medical University, Chongqing, 400016, China

[**Abstract**] **Objective** To explore the surgical efficacy of clipping surgery for paraclinoid carotid aneurysm (PCA) *via* combined head and neck approach assisted by multiple intraoperative monitoring. **Methods** Clinical data of the PCA patients treated in our department from January 2016 to December 2019 were collected and analyzed retrospectively, who underwent clipping surgery in combined head and neck approach with the aid of monitoring of somatosensory evoked potential (SEP), motor evoked potential (MEP) and multilobar and electrocorticography (mEcoG), Doppler vascular ultrasound examination, and indole cyanogen green (ICG) imaging. Postoperative computed tomography angiography (CTA) or digital subtraction angiography (DSA) was performed to evaluate the clipping effect. The recent prognosis of the patients was evaluated at discharge with the modified Rankin Scale (mRS), and the long-term prognosis was comprehensively assessed based on the follow-up neuroimaging data and clinical observation of the patients. **Results** The 35 patients (11 males and 24 females, a mean age of 52.3 years) had 35 clipped PCA. Postoperative CTA or DSA confirmed that only 1 patient had residual aneurysm neck, and the remaining 34 patients obtained perfect clipping efficacy, with no death during the perioperative period. According to mRS score at discharge, 32 patients had a good prognosis (91%) and 3 patients had a poor one (9%). During the 6~18 months' follow-up (12±4 months on the average), 30 cases showed a good long-term

[基金项目] 国家自然科学基金面上项目(81870927);重庆市自然科学基金面上项目(CSTC2019jcyj-msxmX0239)
[通信作者] 何朝晖,E-mail:geno_he@163.com

1000-5404/Copyright © 2021,陆军军医大学(第三军医大学)。这篇开放获取文章遵循CC BY许可协议(https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/)

prognosis (86%), while the other 5 patients had poor prognosis (14%). **Conclusion** With the assistance of multiple intraoperative monitoring, it is safe and feasible to implement clipping surgery for PCA under the microscope *via* combined head and neck approach, and satisfactory clinical efficacy can be obtained.

[**Key words**] paraclinoid carotid aneurysm; clipping surgery; combined head and neck approach; intraoperative monitoring methods

Supported by the General Program of National Natural Science Foundation of China (81870927) and the General Program of Natural Science Foundation of Chongqing (CSTC2019jcyj-msxmX0239). Corresponding author: HE Zhaohui, E-mail: geno_he@163.com

床突旁动脉瘤(paraclinoid aneurysms, PCA)泛指发生于海绵窦顶至后交通动脉起始段之间与颅底前床突紧邻的一组颈内动脉动脉瘤,发病率为1.3%~5.0%。该组动脉瘤与前床突、视神经、视交叉等结构解剖关系密切,且以大型或巨大动脉瘤为主,手术难度较大[1]。显微技术的进步、手术方式的改进以及术中神经监护的应用,使得床突旁动脉瘤夹闭手术的安全性显著提升。本研究回顾性分析35例在多种术中监测辅助、经颈部切口充分暴露颈总动脉的前提下行责任动脉瘤侧翼点入路动脉瘤瘤颈夹闭术(以下简称头颈部联合入路)患者的临床资料,疗效满意,现总结如下。

1 资料与方法

1.1 临床资料

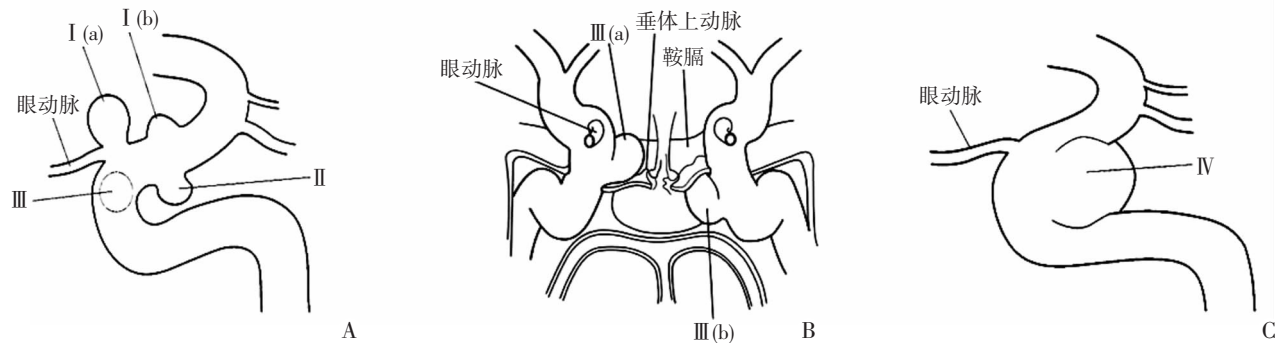
纳入重庆医科大学附属第一医院神经外科2016年1月至2019年12月行开颅手术治疗的35例床突旁动脉瘤患者,其中男性11例,女性24例,年龄25~66岁,平均年龄52.3岁。破裂动脉瘤22个,未破裂动脉瘤13个。35例患者中,头痛20例(其中合并动眼神经麻痹1例),意识障碍2例,经检查发现13例(其中偶然发现10例,合并视力视野障碍2例,合并动眼神经麻痹1例)。术前Hunt-Hess分级:0级13例,Ⅰ级2例,Ⅱ级11例,Ⅲ级9例。本研究已通过本院伦理委员会批准[2020年科研伦理(2020-456)]。

1.2 影像学资料

患者术前均行头颈部CTA,共有动脉瘤37个,其中有2例动脉瘤性蛛网膜下腔出血(aneurysmal subarachnoid hemorrhage, aSAH)患者分别合并有对侧床突旁动脉瘤1个,同侧后交通动脉瘤1个,为非责任动脉瘤,均未处理。经手术处理的35个床突旁动脉瘤中:按照Barami分型[2](图1),Ⅰa型14个,Ⅰb型6个,Ⅱ型6个,Ⅲa型5个,Ⅲb型2个,Ⅳ型2个;按大小分型,小型动脉瘤(直径<5 mm)6个,中型动脉瘤(5 mm≤直径<15 mm)16个,大型动脉瘤(15 mm≤直径<25 mm)7个,巨型动脉瘤(直径≥25 mm)6个。22例破裂动脉瘤的改良Fisher评分:1分14个,2分5个,3分3个。

1.3 手术方法

根据术前CT、CTA或DSA判断颅内动脉瘤及周围骨性结构的关系,排除患者无条件行开颅手术的极端可能。22例破裂动脉瘤患者均于术前行腰池置管引流脑脊液。35例患者均沿责任动脉瘤侧颈内动脉体表投影切开皮肤、皮下组织,长度3~4 cm(图2A),充分暴露颈总动脉,以备术中阻断。采用标准翼点入路,开颅前,于正中神经分布区放置刺激电极行SEP及MEP监测(图2B),记录电极置于对侧C3、C4区,记录N20、P25波,以剪开硬脑膜的波形为基线,SEP以潜伏期延长≥10%、波幅降低≥50%为异常标准,MEP以波



A:Ⅰ型从眼动脉段背侧发出,其中Ⅰa型与眼动脉有关,Ⅰb型与眼动脉无关,Ⅱ型从眼动脉段腹侧发出,与分支血管无关;B:Ⅲa型从眼动脉段内侧发出,与垂体上动脉有关,Ⅲb型从床突段内侧发出;C:Ⅳ型为大型动脉瘤,同时累及床突段和眼动脉段

图1 床突旁动脉瘤的Barami分类方法

幅较基础电位降低≥50%为异常标准,≥80%禁止行颈内动脉阻断。切开硬脑膜后,在额叶皮层安置8导皮质电极于术中行mEcoG监测(图2C),滤波设定为1~35 Hz,以波幅降低≥50%或快波减少≥50%为异常标准。分离外侧裂,充分吸除脑脊液或通过腰大池引流释放脑脊液,待脑组织塌陷后充分分离并显露动脉瘤瘤颈。对于无需磨除前床突的病例可直接夹闭,必要时于颈部切口行颈内动脉流量控制。对于瘤颈为前床突所遮挡的病例,常规于硬膜内"V"型切开前床突表面硬膜,用超声骨刀磨除前床突,必要时磨除视神经管上壁及视柱,充分显露动脉瘤颈,对于直接夹闭瘤颈困难的病例,先由颈部切口临时阻断颈内动脉,对载瘤动脉进行塑型。然后再充分游离动脉瘤颈和动脉瘤体,行瘤体穿刺抽血,待动脉瘤体积缩小后再夹闭动脉瘤。动脉瘤夹闭后,应用多普勒血管超声观察动脉瘤是否完全夹闭以及载瘤动脉和周围重要动脉(如眼动脉)有无狭窄;经肘静脉注射吲哚氰绿(25 mg吲哚氰绿:2 mL生理盐水),以荧光显微镜观察动脉瘤是否完全夹闭,载瘤动脉及其他重要穿支血管是否通畅(图2D)。

1.4 疗效及预后评定

术后患者行头颅CTA判断动脉瘤夹闭情况,有无瘤颈残留、误夹等。在患者出院时采用mRS量表进行评分,评定患者近期预后。远期预后则为患者出院后采用门诊随访或电话随访,进行临床观察和影像学检查,随访时间大于6个月。评定标准:根据mRS评分,0~2分为预后良好,3~6分为预后不良,其中6分为患者死亡,若患者影像学复查资料提示存在动脉瘤瘤颈残余(近期预后)和动脉瘤原位复发(远期预后)均自动将预后情况归于预后不良。

2 结果

2.1 手术效果

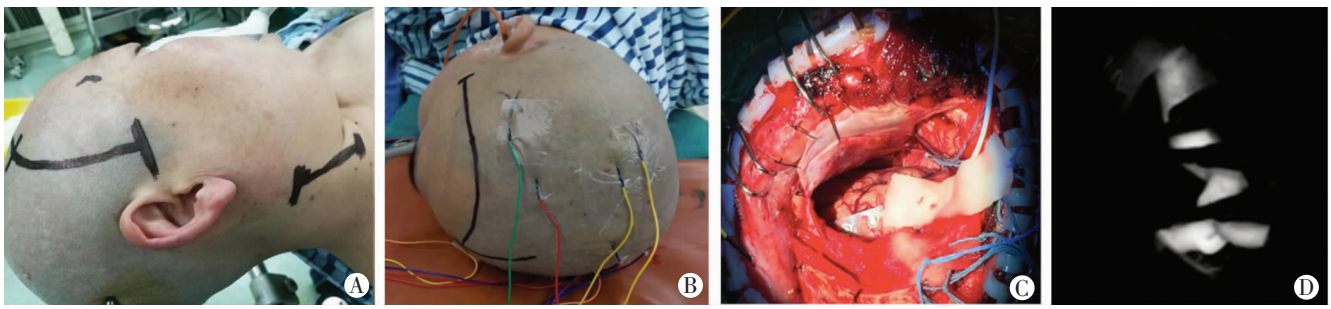
夹闭手术后,35例患者均于在院期间行头颈部CTA检查,其中1例患者结果提示动脉瘤颈残留,余34例患者均夹闭完全、无瘤颈残留(图3)。

2.2 术后并发症

35例患者均无术后出血及动脉瘤破裂。并发症状性脑血管痉挛6例,其中3例为术前破裂动脉瘤患者,未破裂动脉瘤3例,均表现为肢体肌力减弱或失语,考虑与迟发性脑血管痉挛及术中对血管骚扰有关。经尼莫地平解痉后,患者症状均较前明显改善。并发脑梗死2例,均为破裂动脉瘤患者,其中1例表现为右侧内囊后肢脑梗死,考虑与误夹闭同侧脉络膜前动脉有关,另1例考虑与血管塑形后狭窄有关,经解痉、扩容、清除自由基及康复等治疗后,患者症状较前有所改善。并发脑积水1例,为破裂动脉瘤患者,术前出血量较大,脑积水存在,术后未见明显加重。并发视力视野损害3例,考虑与术中对视神经骚扰有关,经激素、营养神经治疗后症状不同程度好转。并发脑脊液鼻漏1例,患者瘤体指向内下方并突出蝶鞍内,术中磨除前床突,卧床1周后好转。术前即合并有视力视野障碍或动眼神经损伤的患者术后症状均未见明显改善或加重。

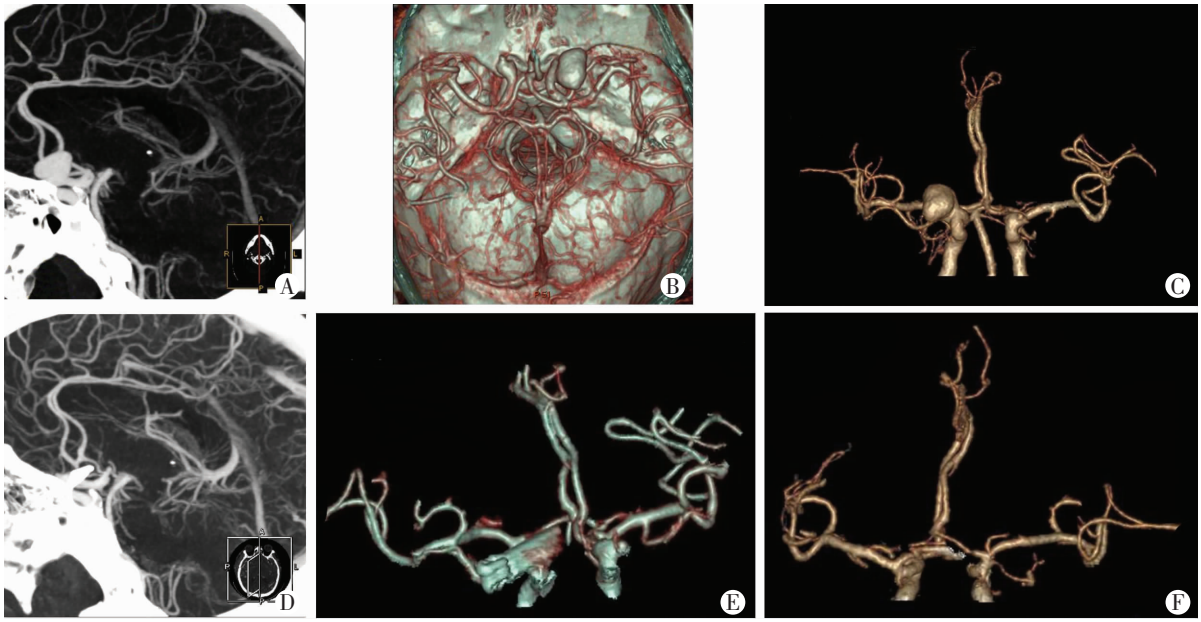
2.3 预后及随访

患者出院时采用mRS评分评估近期预后,预后良好32例,约占91%,预后不良3例,约占9%,其中预后不良患者中有1例为术后复查存在动脉瘤瘤颈残余。35例患者均获得随访,随访时间为6~18(12±4)个月,根据随访的临床及影像资料采用mRS评分获取患者远期预后情况,预后良好30例,约占86%,预后不良5例,约占14%,其中预后不良患者中有1例为术后1年复查DSA提示存在动脉瘤原位复发。



A:颈部切口;B:开颅前放置SEP和MEP电极;C:术中放置皮层脑电电极;D:术中吲哚氰绿荧光造影

图2 多种监测辅助下头颈部联合入路夹闭床突旁动脉瘤手术方法



病例为男性,62 岁,因“爆炸样头痛 5 h”入院,检查发现右侧颈内动脉床突旁巨大动脉瘤,瘤颈:7.8 mm,瘤体:15 mm×30 mm,Barami Ⅰb 型;A~C:术前 CTA 表现;D~F:术后 CT 表现;A、D:血管成像图像;B、E:带动脉瘤夹三维重建图像;C、F:三维重建图像

图 3 典型病例手术前后 CTA 表现

3 讨论

3.1 床突旁动脉瘤的治疗方式

床突旁动脉瘤按照 Barami 分型[2]可分为 4 型,其主要治疗手段为显微外科手术及血管内介入治疗,在其选择上往往备受争议。随着介入材料及操作手段的不断革新,床突旁动脉瘤首选的治疗方式为介入治疗。但多项研究表明,相比于夹闭手术,床突旁动脉瘤介入手术仍然具备完全闭塞率低、术后复发率较高、远期视力损伤率较高的缺点[3-6]。另外,不同分型的床突旁动脉瘤在治疗手段的选择上往往不同。IIHARA 等[7]认为,对于瘤颈朝向上方的Ⅰa 型动脉瘤,血管内介入治疗可能栓塞不全,有栓塞眼动脉致患者失明的风险,且Ⅰ型动脉瘤瘤体朝上,手术暴露相对容易,此类型动脉瘤正对血流冲击方向,介入术后复发率高,因此,此型动脉瘤选择夹闭术相对较多且手术难度相对较小。而Ⅲb 型动脉瘤瘤体位于硬膜反折下方,Ⅱ型动脉瘤瘤体朝向下方,显露瘤颈困难,视神经损伤风险较大,血管内介入治疗是更合适的选择。结合现在主流观点认为:Ⅰa、Ⅰb 及Ⅲa 型动脉瘤适合夹闭手术,Ⅱ、Ⅲb 及Ⅳ型动脉瘤适合介入手术[8]。但以上观点并不是绝对的,在本研究的病例中,Ⅱ型动脉瘤有 6 个,Ⅲb 型动脉瘤有 2 个,Ⅳ型动脉瘤有 2 个,术中通过从颈部切口行颈内动脉近端控制,均获得满意的夹闭效果;随访数据显示:1 例患者术后出现脑梗(考虑损伤同侧脉络膜前动脉),mRS 评分为 4 分,1 例患者症状性脑血管痉挛较重(术前出血量大),mRS 评分为 3 分,1 例患者发生动脉瘤原位复发,余 7 例患者均预后良好(mRS 0~2 分)。

因此,对于有占位效应的大型或巨大型动脉瘤、介入治疗后复发动脉瘤、血管条件极差的患者以及对于年轻患者来说,夹闭术因其对占位效应的解除和术后较低的复发率成为一种更具优势的手术方式。另外,经济条件也是一个不容忽略的因素。对于经济条件较差的家庭来说,相对于介入治疗昂贵的材料费用,他们更容易接受材料费低且报账比例较高的夹闭手术。床突旁动脉瘤与颅底结构、海绵窦及视通路关系密切。动脉瘤瘤颈容易被颅底骨质遮挡,术中必须磨除骨质结构以后才能暴露瘤颈和夹闭动脉瘤,而骨质下方紧贴颈内动脉和动脉瘤,如果在磨除骨质的过程中动脉瘤破裂,则将发生不可控制的致命性大出血,患者极可能在术中死亡。除了需要主刀医师有过硬的技术水平和强大的心理素质外,术中监护和头颈部联合入路的开展更为手术的安全性保驾护航。

3.2 头颈部联合入路床突旁动脉瘤夹闭术的手术要点

术前患者必须完成的检查为头颈部 CTA 三维重建及手术体位模拟成像。本研究 35 例患者,基于床突旁动脉瘤的解剖复杂性及对手术安全性的考量,术者选择常规做颈部切口暴露颈内动脉,在颈内动脉套上阻断带备用。实际上,并非所有患者于术中行近端控

制,部分瘤体朝向上方的小型或中型动脉瘤可直接夹闭。主要手术策略及要点总结如下:①术前所有破裂动脉瘤患者常规摆放腰池引流,不仅可降低颅内压,使脑组织塌陷,还可以廓清血性脑脊液,减轻其对脑血管的刺激,余未破裂动脉瘤视情况决定是否安置腰池引流,或仅于术中吸除脑脊液。②先分离侧裂,显露颈内动脉及部分动脉瘤颈。床突旁动脉瘤与前床突关系密切,但并非所有病例均需磨除前床突,因为此步骤可增加神经损伤、脑脊液漏及颅内感染的风险。③对于某些仅通过剪开镰状韧带即能完全显露瘤颈的动脉瘤如Ⅰa及Ⅲa型动脉瘤可直接行动脉瘤夹闭,无需磨除前床突。④对于瘤颈被前床突所遮挡的病例,常规于硬膜内"V"型切开前床突硬膜,用超声骨刀磨除前床突,必要时磨除视神经管上壁及视柱,对于大型或巨大型动脉瘤,还需在此基础上进一步打开远端硬脑膜环(DDR)和海绵窦顶壁,充分暴露动脉瘤瘤颈,此时视神经及载瘤动脉均在视野内,避免了手术误伤的风险。⑤打开视神经管时要间断磨除,并用生理盐水持续冲洗,避免过热损伤视神经管产生即时视力损伤。既往文献报道:磨除前床突的过程中产生的温度可能高达70 ℃,而视神经往往在暴露于47~58 ℃ 1~2 min的情况下,就会发生不可逆的电生理改变和永久性的细胞死亡[9-10]。⑥磨除前床突的患者均应在缝合硬膜前用骨蜡封突,肌肉(少量颞肌)填塞,生物胶水加固,以免发生脑脊液漏。⑦对于直接夹闭困难的动脉瘤来说,对载瘤动脉的流速控制很重要,从颈部切口放置阻断夹控制颈内动脉流量,对载瘤动脉进行塑形,夹闭时尽量平行颈内动脉,必要时可用多个动脉瘤夹加强夹闭,动脉瘤的位置和指向能够在一定程度上指导选择瘤夹,组合瘤夹技术有助于大型、宽颈动脉瘤的夹闭塑形。⑧术中电生理监测持续关注患者的脑电情况,若一项电生理监测出现异常,表明可能存在误夹闭或者牵拉骚扰过重导致的血管痉挛,同时也有助于医师判断颈内动脉阻断时间[11]。床突旁动脉瘤的夹闭要点在于对近端动脉的控制、动脉瘤颈的充分暴露和对视神经最小程度的牵拉。

本研究手术方式为头颈部联合入路,基于长期的手术经验提示,颈部切口的作用不仅仅在于临时阻断血流,而是可以体现在动脉瘤夹闭的任一过程:①控制流速,降低磨除前床突的风险,有利于充分暴露动脉瘤瘤颈;②避免在颈内动脉颅内段放置阻断夹,充分暴露手术视野及操作空间,有利于单个及组合动脉瘤夹的放置及调整;③在夹闭动脉瘤时进行载瘤动脉塑形,降低夹闭时动脉瘤破裂的风险,且增加动脉瘤完全夹闭率;④术中电生理监测的运用,可以指导断流时间及评估颈内动脉闭塞耐受性,若手术发生重大失误时,可以选择立即于颈部切口阻断颈内动脉,最大程度挽救损失。

需要注意的是,视神经损害是床突旁动脉瘤夹闭术最常见的手术并发症,视力下降可能是即时的,也可能是延迟的,即时的视力损伤往往是由术中机械及热损伤所致,延迟损伤往往是由血管痉挛或夹闭时产生的机械压力导致的缺血所致[12]。KAMIDE等[13]研究表明后者于术前48 h使用激素或术后维持脑灌注即可有效预防。本研究中有2例患者术后新发视力损害,提示在往后的临床中需加强对术后视力损伤的预防工作。

3.3 多种术中监测的作用及意义

术中神经电生理监护是对神经功能的功能定位,在动脉瘤夹闭手术中,常选择的神经电生理监测方法有SEP、MEP以及mEcoG。术前,纳入患者未常规行压颈试验或球囊闭塞试验(balloon test occlusion,BTO)以评估侧支循环代偿能力,我们采取的方式为通过术中MEP波幅来判断患者是否能耐受一侧颈内动脉阻断及阻断时间,若MEP波幅降低超过80%则表明颈内动脉闭塞缺乏耐受性,如果在此种情况下行颈内动脉阻断必定十分凶险。这个方法不仅简单可行,而且对术前无条件行造影的患者也十分友好。既往也有不少研究支持这一观点,TAKAMURA等[14]通过比对32例全麻手术患者术前BTO结果及术中MEP值后指出:32例(12.5%)患者中有4例BTO呈阳性,BTO阳性的患者MEP波幅较基线水平降低大于80%,此项检测灵敏度为100%,特异性为100%。术中监测时如果出现异常标准(具体见手术方法),且经处理后不恢复,提示术后极大概率将出现神经功能缺失及明显的运动障碍。在我们早期的临床工作中[15],选择的电生理监测为SEP、mEcoG,尽管也能提供有效指导,但我们逐渐认识到SEP常用于监测感觉功能,MEP用于监测运动功能,由于两条传导通路相互独立,加之MEP在颈内动脉阻断耐受性评估中的重要作用,故同时监测SEP和MEP十分重要。开颅夹闭手术中,运用多种神经电生理监测,对分析血流情况、指导断流时间、了解脑功能状态、灵活调整手术方式及选择动脉瘤夹大小及夹闭位置,均具有重要的临床价值[11,16]。同时术中异常的电生理结果也提醒手术医师术后需尽早对脑血管痉挛、脑缺血、脑梗死实施预防措施,如加强使用解痉药、扩容、尽早使用肝素等。

本研究所有患者于动脉瘤夹闭后经肘静脉注射吲哚氰绿,以荧光显微镜观察动脉瘤夹闭情况。术中荧光造影能够及时发现夹闭后是否存在瘤颈残留、载瘤

血管有无狭窄、重要分支血管是否被误夹等情况,有助于术中早期采取补救措施[17]。术中多普勒血管超声也应用于动脉瘤夹闭后,以观察动脉瘤是否夹闭完全及载瘤动脉和周围重要动脉(如眼动脉)有无狭窄。

多种监测手段作用不同,可互相补充,在同一时间内或在很短间隔时间内从不同方面为手术医师提供决策支持,从而确保手术顺利,为患者获得满意疗效保驾护航。

综上所述,头颈部联合入路夹闭床突旁动脉瘤是一种安全可靠的手术方式,尤其是在多种术中监护联合使用的条件下,可以作为棘手的床突旁动脉瘤治疗方式的一种有效补充。但该手术方式对手术者及开展该项手术的医院级别的要求较高。本研究作为单中心回顾性研究,研究病例数有限,且缺乏多种手术方式的对比研究,需在以后的临床工作中进一步研究。

参考文献:

[1] MORGAN M K, EFTKHAR B. Commentary: paraclinoid carotid aneurysms[J]. J Clin Neurosci, 2011, 18(1): 23. DOI:10.1016/j.jocn.2010.07.123.

[2] BARAMI K, HERNANDEZ V, DIAZ F, *et al*. Paraclinoid carotid aneurysms: surgical management, complications, and outcome based on a new classification scheme[J]. Skull Base, 2004, 13(1): 31-42. DOI: 10.1055/s-2003-37551.

[3] D'URSO P I, KARADELI H H, KALLMES D F, *et al*. Coiling for paraclinoid aneurysms: time to make way for flow diverters?[J]. AJNR Am J Neuroradiol, 2012, 33(8): 1470-1474. DOI: 10.3174/ajnr.a3009.

[4] HAN J S, KIM T H, OH J S, *et al*. Delayed monocular blindness after coil embolization of large paraclinoid aneurysm[J]. J Cerebrovasc Endovasc Neurosurg, 2018, 20(4): 241-247. DOI: 10.7461/jcen.2018.20.4.241.

[5] BERETTA F, ANDALUZ N, ZUCCARELLO M. Aneurysms of the ophthalmic (C6) segment of the internal carotid artery: treatment options and strategies based on a clinicalseries[J]. J Neurosurg Sci, 2004, 48(4): 149-156.

[6] BROWN M A, PARISH J, GUANDIQUE C F, *et al*. A long-term study of durability and risk factors for aneurysm recurrence after microsurgical clip ligation[J]. J Neurosurg, 2017, 126(3): 819-824. DOI: 10.3171/2016.2.jns152059.

[7] IIHARA K, MURAO K, SAKAI N, *et al*. Unruptured paraclinoid aneurysms: a management strategy[J]. J Neurosurg, 2003, 99(2): 241-247. DOI: 10.3171/jns.2003.99.2.0241.

[8] 段鸿洲, 李良, 张扬, 等. 床突旁动脉瘤的外科治疗[J]. 北京大学学报(医学版), 2015, 47(4): 679-684.
DUAN H Z, LI L, ZHANG Y, *et al*. Surgical treatment of paraclinoid aneurysms[J]. J Peking Univ Heal Sci, 2015, 47(4): 679-684.

[9] SUZUKI K, WANIBUCHI M, MINAMIDA Y, *et al*. Heat generation by ultrasonic bone curette comparing with high-speed drill[J]. Acta Neurochir (Wien), 2018, 160(4): 721-725. DOI: 10.1007/s00701-017-3445-0.

[10] CHANG D J. The "No-drill" technique of anterior clinoidectomy: a cranial base approach to the paraclinoid and parasellar region[J]. Oper Neurosurg, 2009, 64(suppl_1): ONS96-ONS106. DOI: 10.1227/01.neu.0000335172.68267.01.

[11] DEBATISSE D, PRALONG E, DEHDASHTI A, *et al*. Simultaneous multilobar electrocorticography (mEcoG) and scalp electroencephalography (scalp EEG) during intracranial vascular surgery: a new approach in neuromonitoring[J]. Clin Neurophysiol, 2005, 116(12): 2734-2740. DOI: 10.1016/j.clinph.2005.08.011.

[12] KUTTY R K, KUMAR A, YAMADA Y, *et al*. Visual outcomes after surgery for paraclinoid aneurysms: a fujita experience[J]. Asian J Neurosurg, 2020, 15(2): 363-369. DOI: 10.4103/ajns.ajns_39_20.

[13] KAMIDE T, TABANI H, SAFAEE M M, *et al*. Microsurgical clipping of ophthalmic artery aneurysms: surgical results and visual outcomes with 208 aneurysms[J]. J Neurosurg, 2018, 129(6): 1511-1521. DOI: 10.3171/2017.7.jns17673.

[14] TAKAMURA Y, MOTOYAMA Y, TAKATANI T, *et al*. Motor evoked potential monitoring can evaluate ischemic tolerance to carotid artery occlusion during surgery[J]. J Clin Monit Comput, 2020. DOI: 10.1007/s10877-020-00573-0.

[15] 何朝晖, 郭宗铎, 张晓东, 等. 床突旁动脉瘤的显微手术治疗(附20例报告)[J]. 中华神经外科杂志, 2018, 34(5): 455-458. DOI: 10.3760/cma.j.issn.1001-2346.2018.05.006.
HE Z H, GUO Z D, ZHANG X D, *et al*. Microsurgical treatment of bedside aneurysms (a report of 20 cases)[J]. Chin J Neurosurg, 2018, 34(5): 455-458. DOI: 10.3760/cma.j.issn.1001-2346.2018.05.006.

[16] 王振宇. 术中神经电生理监测在微创神经外科的应用[J]. 中国微创外科杂志, 2010, 10(1): 13-15.
WANG Z Y. Application of intraoperative neuroelectrophysiological monitoring in minimally invasive neurosurgery[J]. Chin J Minim Invasive Surg, 2010, 10(1): 13-15.

[17] ROESSLER K, KRAWAGNA M, DÖRFLER A, *et al*. Essentials in intraoperative indocyanine green videoangiography assessment for intracranial aneurysm surgery: conclusions from 295 consecutively clipped aneurysms and review of the literature[J]. Neurosurg Focus, 2014, 36(2): E7. DOI: 10.3171/2013.11.focus13475.

(**收稿**:2020-08-17;**修回**:2020-09-13)

(编辑 吴培红)