



电子、语音版

·综述·

微血管减压术治疗面肌痉挛的临床研究进展

丁飞雨^{1,2}, 宋文雄^{1,2}, 肖勇², 刘永², 邹元杰²

1. 南京医科大学, 江苏 南京 211166

2. 南京医科大学附属脑科医院神经外科, 江苏 南京 210029

摘要:面肌痉挛(HFS)是一种临床常见的颅神经疾病,主要表现为与面部有关肌肉的良性、慢性、非自主地抽动,其通常始于单侧眼轮匝肌,并在一定时间内扩散到同侧其他面部表情肌肉。HFS的发病机制至今尚不明确,目前普遍认为这是由于面神经根入口区(REZ)被神经血管压迫(NVC)造成脱髓鞘改变。原发性HFS的微血管减压术(MVD)被认为是治疗该疾病的经典的方式。随着神经影像学、神经解剖学、电生理学和技术设备发展以及实践认识积累,进一步提高了MVD手术神经血管的功能保护,使得HFS-MVD更加安全、有效。该文将从HFS发病机制、术前评估、电生理监测、手术技术应用以及术后转归等多方面介绍HFS-MVD的主要临床研究进展。

[国际神经病学神经外科学杂志, 2024, 51(5): 98-104]

关键词:面肌痉挛;微血管减压;显微手术

中图分类号:R745.1

DOI:10.16636/j.cnki.jinn.1673-2642.2024.05.013

Clinical research advances in microvascular decompression for hemifacial spasm

DING Feiyu^{1,2}, SONG Wenxiong^{1,2}, XIAO Yong², LIU Yong², ZOU Yuanjie²

1. Nanjing Medical University, Nanjing, Jiangsu 211166, China

2. Department of Neurosurgery, Nanjing Brain Hospital Affiliated to Nanjing Medical University, Nanjing, Jiangsu 210029, China

Corresponding author: ZOU Yuanjie, Email: zouyuanjie0115@126.com

Abstract: Hemifacial spasm (HFS) is a common cranial nerve disorder characterized by the benign, chronic, and involuntary twitching of facial muscles, and it often starts from the unilateral orbicularis oculi and gradually affects other facial expression muscles on the same side. Currently the pathogenesis of HFS remains unclear, but it is widely accepted that it is caused by demyelination changes due to neurovascular compression at the root exit zone (REZ) of the facial nerve. Microvascular decompression (MVD) is considered the gold-standard treatment method for primary HFS, and the development and practice of neuroimaging, neuroanatomy, electrophysiology, and technical equipment further improve the functional protection of neurovascular structures during MVD surgery, thereby enhancing the safety and effectiveness of HFS-MVD. This article introduces the main clinical research advances in HFS-MVD from the aspects of the pathogenesis, preoperative evaluation, electrophysiological monitoring, surgical techniques, and postoperative prognosis of HFS-MVD.

[Journal of International Neurology and Neurosurgery, 2024, 51(5): 98-104]

Keywords: hemifacial spasm; microvascular decompression; microsurgery

面肌痉挛(hemifacial spasm, HFS)治疗方法有卡马西平、肉毒素注射、针灸、中药、茎乳孔射频等,但其疗效

短暂且伴有较多并发症,而微血管减压术(microvascular decompression, MVD)的治愈率高达95%以上,复发率低

收稿日期:2023-12-19;修回日期:2024-05-07

作者简介:丁飞雨(1998—),男,在读硕士,从事面神经微血管减压术的临床研究,Email:fydin1998@163.com。

通信作者:邹元杰(1966—),男,硕士研究生导师,主任医师,主要从事颅神经疾病微血管减压术和脑肿瘤微创手术的功能保护等的基础与临床研究,Email:zouyuanjie0115@126.com。

且神经功能有效保护等,目前被认为是治疗HFS最有效、安全的方法。但MVD施行中仍存在诸多问题有待解决,本文将就MVD治疗HFS的现状和进展做一综述。

1 HFS发病机制

HFS确切发病机制目前尚不明确,目前基于神经血管压迫(neurovascular compression, NVC)上主要有以下几种假说。Gardner等^[1-2]提出短路假说,即NVC部位受损面神经纤维之间发生了“伪突触”短路传递现象。NVC引起的神经纤维脱髓鞘是产生痉挛的异常放电的根源。术者能够在MVD术中直接观察到面神经根入口(root exit zone, REZ)的NVC以及MVD术后患者立即缓解痉挛的现象,是支持外周假说的直接证据。Moller和Jannetta等^[3]提出“中枢学说”,即面神经损伤后引起面神经核团内神经元新生树突互相联接致使兴奋性变高。正常的神经冲动产生后扩散至高兴奋性核团神经元形成爆发冲动下传,从而导致症状发生,术后出现“延迟治愈”以及不同类型缓解模式在一定程度上支持了“中枢学说”。郑学胜等^[4]提出责任血管与面神经受压区在搏动性摩擦过程中,血管外膜破损使血管壁中的交感神经外露,面神经脱髓鞘使神经纤维直接暴露,交感神经在发作过程中可以充当桥梁使异位冲动向其他分支扩散,从而引起临床症状。而夏磊等^[5]在交感神经桥接假说基础上进一步提出,交感神经末梢释放出的去甲肾上腺素溢出到受损的面神经根上。随着去甲肾上腺素及其受体的结合,跨膜电压下降,Na⁺通道开放,最终诱导动作电位的形成。异位动作电位被激活,当这些不规则的冲动扩散到神经肌肉接头时,面部肌肉就会发生无意识收缩。见表1。

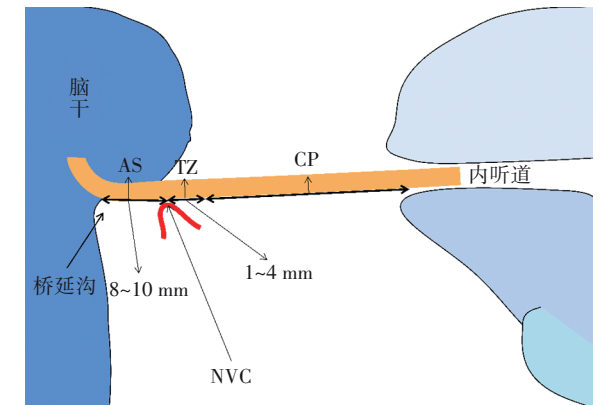
表1 HFS发病机制假说

假说	提出者	核心内容
外周假说 ^[6]	Gardner	面神经脱髓鞘
中枢假说 ^[3]	Moller和Jannetta	面神经核团兴奋性增高
交感神经桥接假说 ^[7]	郑学胜,等	血管壁表面交感神经暴露
神经递质溢出假说 ^[5]	夏磊,等	去甲肾上腺素释放

2 REZ解剖定位

关于面神经REZ的理解,不同学者有不同的理解,其具体范围需要统一的认识^[8-9]。该区域及周边区域显微解剖复杂,伴有解剖变异可能,对REZ责任血管的辨认和显露增加了手术难度,可能影响手术效果、术中电生理监测以及术后并发症等。与其他颅神经相比,面神经的REZ节段具有其独特性。Compos-Benitez和Kaufmann^[9]的研究中,面神经REZ根据神经内中央髓鞘成分的存在分为4个部分:根出点(root exit point, RExP),即面神经出自橄榄上窝上缘的脑干;附着段(attachment segment, AS),面神经附着在脑桥腹面;根脱离点(root detachment point, RDP),面神经进入脑桥前池,与脑桥分离;最后为

移行区(transion zoon, TZ)即中央髓鞘转变为外周髓鞘;在TZ之外是面神经的脑池分(cisternal portion, CP),AS和TZ的报告长度分别为8~10 mm和1~4 mm(图1)。



AS:附着段;TZ:移行段;CP:脑池段;NVC:神经血管压迫。

图1 面神经REZ示意图

面神经REZ的解剖结构的深入认识对于评估MVD术后仍出现的抽搐症状有参考价值。Hughes等^[10]对18例MVD失败患者研究中发现在MRI上发现持续性血管压迫的12例患者中有7例(58%)在附着段(AS)中有NVC。指出12例患者中的10例(83%)中,未解决的血管压迫通常接近先前放置的手术垫片。由此建议仔细检查高分辨率MRI上的AS,以识别术后仍有可能的持续性NVC存在。

REZ区域周边是复杂的神经血管关系复合体,存在有后颅窝容积改变、面神经根走形、椎基底动脉迂曲、责任血管压迫的多样性、菱形唇结构、增大的绒球等变异可能增加了不少手术难度,术者详细正确理解该区域个体化局部解剖的变化和成熟的精准手术操作,对成功的HFS-MVD来说至关重要。

3 HFS-MVD术前评估

3.1 症状学评估

典型HFS的诊断主要依赖于典型的临床症状,即多始于眼轮匝肌的单侧不自主抽搐,后逐渐累及到整个面部。在不自主闭眼期间,同侧眉毛矛盾的不自主向上抽动,称为“类Babinski征”或“Babinski 2”,这是HFS的特定表现,有85%~90%的原发性HFS患者表现出这种症状,并且表现与症状的严重程度相关。但它在疾病的早期较少见,通常随着疾病的发展而出现^[11]。

HFS需与梅杰综合征、咬肌痉挛以及面瘫后遗症相鉴别。梅杰综合征常表现为双侧眼睑痉挛,下颌肌张力障碍以及面部肌张力失调样不自主运动。咬肌痉挛则表现为单侧或双侧咬肌咬合困难,磨牙以及张口障碍,三叉神经病变可能是其发病机制之一。面瘫后遗症表现为面部肌肉活动受限,眼睑与口角的连带运动,有明确的面瘫

病史即可鉴别。

3.2 影像学评估

HFS影像学检查多侧重于对面神经和周边动脉血管的显露,尤其是REZ区的显示,以观察面神经走向及责任血管形态、起源等。近年来随着影像技术的不断发展,影像学检查在HFS的诊断以及研究中发挥越来越重要的作用。3D-TOF-MRA以及3D-FIESTA是目前应用最广也最有效的影像学检查方法。其不仅可以清晰显示面神经形态、走行,而且可以清晰显示细小血管与面听神经之间的关系以及压迫点的位置,排除继发性HFS等。张雪等^[12]对58例HFS 3D-TOF-MRA影像学资料分析显示症状侧面神经与血管接触阳性率为94.83%(55/58),非症状侧面神经与小血管接触阳性率为17.24%(10/58),两者差异有统计学意义($P<0.05$)。丁元良等^[13]利用Meta分析对3D-TOF-MRA+3D-FIESTA以及单纯3D-TOF-MRA进行分析,结果显示3D-TOF-MRA+3D-FIESTA相较于单纯3D-TOF-MRA更能清晰显示责任血管。

虽然影像学检查可清晰显示责任血管走行,但不乏出现假阳性、假阴性现象,术中对责任血管的辨认仍需要术者的个人经验加持,而不是单纯依赖于影像学检查^[14]。即使术前影像学检查未发现明确的责任血管,这也不应该作为手术禁忌证处理。如果影像学检查发现责任血管情况复杂、窄池、扁平颅底等困难减压因素,术者应慎重考虑手术指征,必要时可转诊经验丰富的手术医师处理^[15]。

3.3 责任血管主要压迫类型及其形式

多种形式血管可以对面神经的REZ进行压迫。Park等^[16]对236例HFS行MVD发现小脑前下动脉(anterior/inferior cerebellar artery, AICA)(51.7%)最常见,其次为小脑后下动脉(posterior inferior cerebellar artery, PICA)(21.6%)。椎动脉(vertebral artery, VA)很少单独导致压迫(1.7%),但与AICA、PICA或两者结合时,可能占压迫的14%。其又根据责任血管形态,将压迫模式分为6种不同类型,包括:血管袢型($n=11$, 4.6%)、蛛网膜型($n=66$, 27.9%),穿支型($n=58$, 24.6%),分支型($n=18$, 7.6%)、三明治型($n=28$, 11.9%)和串联型($n=52$, 22%)。压迫类型与受累血管有相关性。以椎动脉为压迫血管的37个患者中,32个(86.5%)为串联型。

血管袢型是一种由单一责任血管过度弯曲形成的血管袢直接压迫REZ。此类型是最简单的类型,但却不是最常见的类型^[17];蛛网膜型则是REZ或者脑干增厚的蛛网膜直接包裹责任血管与神经。如果不对蛛网膜进行充分松懈,减压则会变得不彻底。对于此种类型,Teflon棉更多是为了预防复发而垫入。从主要责任血管发出的小血管将其与神经根包裹便是穿支型,术中必须尽一切努力保护小血管从而减少出血^[18];分支型是面神经被1支

责任血管的2个分叉缠绕。此类型的责任血管较其他类型来说减压更为困难,但并没有研究证据表明与其他类别在术后并发症上有明显差异;三明治型则是REZ被2根血管分别从腹侧和背侧压迫,腹侧的责任血管更易被遗漏,因此需仔细探查REZ及桥延沟区域;串联型是当1支血管压迫另外1支血管,而被压迫的血管又压迫神经,此种类型一般是椎基底动脉迂曲变形作为间接责任血管压迫小血管后直接压迫面神经^[19]。小血管则称之为直接责任血管,一般需结合多种减压方式才能得到神经血管的充分减压^[20]。

4 电生理监测在HFS-MVD中的意义

4.1 术前电生理检查

HFS电生理检查应用的主要是侧方反应(lateral spread response, LSR),又称为异常肌电反应(abnormal muscle response, AMR)。而术前电生理检查并非所有中心都会常规检查,且并非所有患者均能引出术前LSR波。辅助性检查难免有“假阳性、假阴性”现象。对此Chan等^[21]对306例HFS患者中13例术前LSR波阴性患者临床资料分析发现8例患者(61.5%)为女性,5例为男性。13名患者的平均年龄为51岁。术后7名患者即刻缓解,6名患者未即刻治愈,只有1名(7.7%)患者术后6个月持续出现症状。且这13例患者术前MRI证实所有患者在面神经的REZ均显示出可能的责任血管。因此其提出尽管术前LSR波阴性,但如果患者出现典型HFS症状,且在MRI上发现了责任血管,推荐患者行微血管减压术,且该组病例术后6个月成功率92.3%。

4.2 术中LSR波监测的意义

LSR波主要原理是通过刺激面神经的1个分支而间接引起其他面神经分支支配肌肉的电生理反应。有学者^[22]认为,在手术过程中进行LSR波监测可用于预测HFS-MVD手术效果。一些研究表明^[22],LSR波幅降低预示着较好的手术结果。另有一些报告称LSR监测对HFS长期结果的预后价值仍然值得怀疑^[23]。此外,有学者报告说,减压后LSR的消失并不总是与良好的术后结果相关^[24]。

对此现象,Wei等^[25]认为对于经验丰富的手术医师来说,术中LSR波监测似乎没有提供显著的益处。LSR波不消失并不总是与不良预后相关,并且在确保完全减压后,不应一味地追求LSR波消失。Song等^[26]提出HFS-MVD期间LSR波的消失与手术结果相关。术中LSR波监测是预测MVD后HFS预后的可靠方法,但LSR波消失的时间不是预后指标。而Chan等^[22]主张早期LSR波消失更可能发生在年轻人群中,这可能是由于AICA责任血管所致。且责任血管的压缩严重程度可能会决定早期LSR波消失的发生。

4.3 Z-L反应(Z-L response, ZLR)波的意义

ZLR波^[4,27-28]在HFS-MVD中的应用,由李世亭及仲俊等提出,有助于术中责任血管的确认。其用刺激电极对可疑责任血管管壁且距离压迫点5 mm以内加以电刺激(约0~2 mA),诱发面神经支配的肌肉反应,术中有利于减少可能责任血管的遗漏。记录电极与LSR波相同,波形与LSR波类似但潜伏期较LSR波短(约7~8 ms)。ZLR波具体机制尚不清楚,对此Zheng等^[4]提出了两种假说。一种是血管壁的电刺激直接扩散到面神经并激活面神经核团。另外一种假说是血管壁表面的交感神经纤维去极化传递到面神经并激活核团。

Son等^[28]认为如果LSR波在REZ暴露之前便消失,且在REZ减压之前ZLR波为阳性,则ZLR波可能是面神经和可疑责任血管之间存在机械接触的唯一指标。ZLR波消失表明可疑责任血管与面神经之间的机械接触消除。然而ZLR波仅仅提示有血管壁与面神经接触,并不能直接提示责任血管所在。Yang等^[27]认为在VA串联型中,ZLR波可能比LSR波发挥更大的作用。其有助于识别责任血管和压迫部位,帮助找到被大血管压迫的管径较小或隐匿的真正责任血管。此外,ZLR波可能有助于确认压迫部位是否充分减压。

虽然电生理监测(IOM)在HFS-MVD中已经广泛得到应用,但是仍然存在着许多不足。以往经验来看,其不仅较易受手术室周围环境电磁干扰,而且术中也会受到手术者在神经周边轻微操作的影响。因此,我们应当以辩证思维对待电生理监测,切不可盲目追求LSR波的消失,过度探查REZ,从而造成了不必要的损伤及术后并发症。术者对HFS发病机制及MVD的充分理解和精准微创技术的应用才是手术成功的关键。

5 HFS-MVD个体化手术入路改良

“零牵拉”理念在MVD手术中尤为重要。以往HFS-MVD手术入路多经绒球上间隙探查面神经REZ区域。但经此途径容易对听神经过度牵拉而造成术后听力障碍等并发症。近年来,多经小脑绒球下入路松解第三间隙蛛网膜探查NVC。此入路充分利用后组颅神经间隙(第三间隙)探查压迫点,对后组以及面听神经复合体牵拉较少,因此得到了大部分手术医师的认可和应。

6 分离NVC的主要方法

HFS主要致病因素是面神经REZ被血管压迫,因此HFS-MVD的核心任务便是分离神经与血管。理想的MVD应当是简单、安全、且全面的。术者可以根据责任血管走行、管径、弹性度等选择合适的分离方法。目前术中分离NVC方法主要有以下几类:隔离法/插入法,移位法/悬吊法;胶黏^[29]、缝线^[30]、动脉瘤夹^[31]等,架桥法,生物力学分压法(于炎冰)^[32];逐层分层垫棉置入法。

单纯隔离法是目前应用最广的分离方法,优点在于

简单、高效、普遍适用性等^[33-34]。然而其最大的缺点在于Teflon肉芽肿,这也是二次手术的主要原因^[35]。移位法是用丝线、肌肉条包裹责任血管,然后用缝线、胶水或者动脉瘤夹将其固定在岩骨面。该方法多适用于长且迂曲的责任血管,且术后肉芽肿发生率低于单纯隔离法。但这种方法明显增加了手术难度,不仅对术者是一种技术上的考验,而且增加了术后并发症的风险。然而目前尚没有研究证据比较两种分离NVC方法地远期预后优劣^[20,36]。

7 神经内镜在HFS-MVD中的应用

内镜技术的出现为神经外科医生提供了一种具有独特优势的可视化工具。其已经运用到了许多神经外科手术中^[37],包括小脑桥脑角区手术。如前所述,MVD的关键之一便是找到NVC,神经内镜在此方面有其优势所在。有学者^[38]研究发现大部分病例中仅用显微镜或者内镜便能正确识别NVC,其提出单纯显微镜下MVD仍然是首选,因其大部分情况下安全、快速且有效,内镜可辅助探查NVC。McGahan等^[39]报道在HFS-MVD的完全内镜手术中的巨大优势,结论是内镜能够在识别涉及面神经的NVC方面提高显微镜的识别率。

随着内镜技术的快速发展,全内镜HFS-MVD得到广泛认可,与其他技术相比,其优势逐渐明显,但其尚不能完全取代显微镜下MVD。内镜下行MVD较传统显微镜有一定的操作难度以及手术风险,且并非所有病例均能使用内镜,如若CPA区较窄且绒球遮挡手术视野,则内镜手术变得尤为困难,因此术者应慎重权衡利弊。

8 术后并发症

8.1 术后面瘫

面瘫是HFS-MVD的术后相对常见并发症,据报道其发生率约为14.3%~18.6%^[16]。根据发病时间,即刻面瘫在术后24 h内立即发生,迟发性面瘫通常发生在术后24 h至7 d的时间内^[40]。MVD后出现面瘫的确切发病机制尚不清楚。即刻面瘫似乎与在责任血管和面神经之间插入Teflon有关,其直接压迫面神经造成损伤,长时间操作导致面神经水肿或微循环障碍可解释面瘫的发生^[16]。大多数面瘫无需特殊处理即可自行恢复,术前仔细阅读影像学检查,增加对手术野解剖的理解认识,术中充分松解后组颅神经采用绒球下入路,减少对面神经的牵拉,术中行电生理监测是减少面瘫发生率的最好方法^[20]。术后颅内感染增加了迟发性面瘫的概率。

8.2 术后听力损伤

患侧听力损伤表现为耳鸣、听力下降是较为常见的术后并发症,其原因有多种,最可能是因为牵拉小脑时听神经被过度牵拉,易发生神经血管痉挛或神经缺血性损伤,又因耳蜗毛细胞对缺血极其敏感,因此常常造成不可逆性听力损伤^[41]。多篇文献对术后听力损伤进行相关

分析预测发现,高龄、高血压、合并有椎动脉、责任血管硬化、困难减压是其独立危险因素。尽管关于术中脑干听觉诱发电位(brainstem auditory evoked potential, BAEP)变化的标准尚未达成共识,但V波潜伏期延长0.5 ms或V波振幅降低超过50%是听力受损的有力指标^[42]。手术过程中,BAEP监测在听力保护报警中发挥着重要作用。因此,术者需充分了解周围的外科解剖结构,在探查/分离责任血管,和解除REZ血管压迫时,减少过度牵拉小脑和绒球以及吸引器、器械分离时医源性带来的听神经损伤可能。

8.3 延迟治愈现象

很多HFS患者术后症状可能没有立即消失,而在术后一段时间后症状才能完全缓解,此称之为“延迟治愈”现象。关于其内在机制,有学者提出NVC部位神经脱髓鞘以及面神经核兴奋性改变需要一段时间,从而造成延迟治愈^[43]。而有人认为延迟治愈现象可能与NVC的压迫程度有关,神经根被压迫得越深乃至变形,即使手术解除压迫,神经纤维之间仍存有短路效应,故而症状不能立即完全缓解^[44]。又有学者认为即使面神经根部得到充分减压,但仍有可能受到血管的间接搏动性干扰以及CSF的不断冲击,从而出现延迟治愈^[45]。

延迟治愈现象的具体机制尚不明确,有待进一步对其进行临床及基础研究。术中根据具体情况行个体化治疗,可提高手术治愈率,但并不能降低延迟治愈的比率。术者应多因素正确评估术后即刻疗效不佳的患者,由此决定是否再次行手术治疗。

8.4 二次手术

由于HFS-MVD术后手术无效及术后复发现象的存在,常常需对部分患者行二次手术^[46]。目前,关于HFS术后观察时间以及二次手术时机尚未达成共识。Hatayam等^[43]建议至少观察1年,因为随访时间少于1年的研究与随访时间超过1年的研究之间的MVD成功率没有差异。Jiang等^[47]甚至主张观察2年才考虑重做MVD。另一方面,有学者更喜欢早期重做MVD。Engh等^[48]认为在晚期重做手术患者效果较差,而Zhong等^[49]研究显示抽搐缓解率小于5%,建议尽早再次手术。

二次手术因其局部蛛网膜黏连、解剖关系模糊、术后肉芽肿等原因,使手术难度明显增大。而且反复地对神经及其滋养血管损伤,导致听力损伤及面瘫等术后并发症发生率明显增加。因此术者应根据首次及二次手术的情况,灵活采取不同的手术策略,从而获得较为满意的手术效果。

综上所述,HFS大宗学说认为其发病机制是面神经REZ被血管搏动性压迫造成神经脱髓鞘引起临床症状。其诊断主要依据明确的临床症状、影像学检查及术前电生理检查可辅助性诊断。HFS-MVD是目前治疗HFS最

为有效和安全的方法,正确理解REZ局部解剖对手术有着积极的临床指导意义。LSR波消失与否对术后长期疗效的影响目前尚存在争议。采用绒球下入路,经第三间隙充分松解后组颅神经减少对听神经的牵拉是HFS-MVD次级手术入路的首选。术者可根据责任血管的形态特点、面神经走行、CPA局部解剖变异等个体化选择分离NVC方式,从而提高手术效果,降低术后感染、静脉损伤、脑脊液漏、听力损伤、脑水肿等术后并发症。神经内镜因其视野广,可探查显微视野盲点,对提高手术效果有一定的积极意义,但其尚不能完全取代传统显微镜下行MVD。术后面瘫无需特殊处理,大多数均可自行恢复。由于HFS术后延迟治愈现象的存在,因此HFS-MVD随访时间至少大于1年,且二次手术时机应该在术后1年以上。

参 考 文 献

- [1] JANNETTA PJ. Neurovascular compression in cranial nerve and systemic disease[J]. Ann Surg, 1980, 192(4): 518-525.
- [2] NIELSEN VK. Electrophysiology of the facial nerve in hemifacial spasm: ectopic/ephaptic excitation[J]. Muscle Nerve, 1985, 8(7): 545-555.
- [3] MØLLER AR, JANNETTA PJ. Synkinesis in hemifacial spasm: results of recording intracranially from the facial nerve[J]. Experientia, 1985, 41(3): 415-417.
- [4] ZHENG XS, HONG WY, TANG YD, et al. Discovery of a new waveform for intraoperative monitoring of hemifacial spasms[J]. Acta Neurochir (Wien), 2012, 154(5): 799-805.
- [5] 夏磊. 面神经跨膜NE受体在面肌痉挛发病中的作用[D]. 上海: 上海交通大学, 2015.
- [6] GARDNER WJ. Concerning the mechanism of trigeminal neuralgia and hemifacial spasm[J]. J Neurosurg, 1962, 19: 947-958.
- [7] ZHENG XS, HONG WY, TANG YD, et al. Sympathetic nerves bridge the cross-transmission in hemifacial spasm[J]. Neurosci Lett, 2012, 517(1): 52-55.
- [8] CHAN LL, TAN EK. Neurovascular compression in hemifacial spasm[J]. Brain, 2021, 144(12): e91.
- [9] TOMII M, ONOUE H, YASUE M, et al. Microscopic measurement of the facial nerve root exit zone from central glial myelin to peripheral Schwann cell myelin[J]. J Neurosurg, 2003, 99(1): 121-124.
- [10] HUGHES MA, BRANSTETTER BF, TAYLOR CT, et al. MRI findings in patients with a history of failed prior microvascular decompression for hemifacial spasm: how to image and where to look[J]. Am J Neuroradiol, 2015, 36(4): 768-773.
- [11] LI T, FENG Z, SONG CL, et al. Hemifacial spasm is not affected by state of consciousness: a case report[J]. Eur J Med Res, 2021, 26(1): 138.
- [12] 张雪, 王亚丽, 刘晓宁, 等. 磁共振3 D-TOF-MRA和3 D-FIESTA-C序列联合应用在原发性面肌痉挛诊断中的价值

- [J]. 河北医科大学学报, 2022, 43(11): 1306-1310.
- [13] 丁元良, 罗正祥, 许璐, 等. 3D-TOF-MRA 与 3D-FIESTA 联合 3D-TOF-MRA 对面肌痉挛术前评估价值比较的 Meta 分析[J]. 临床神经外科杂志, 2022, 19(6): 630-635.
- [14] LEE JA, KONG DS, KIM SJ, et al. Factors influencing patient satisfaction after microvascular decompression for hemifacial spasm: a focus on residual spasms[J]. *Stereotact Funct Neurosurg*, 2022, 100(1): 26-34.
- [15] LI JG, LYU L, CHEN C, et al. The outcome of microvascular decompression for hemifacial spasm: a systematic review and meta-analysis[J]. *Neurosurg Rev*, 2022, 45(3): 2201-2210.
- [16] PARK JS, KONG DS, LEE JA, et al. Hemifacial spasm: neurovascular compressive patterns and surgical significance[J]. *Acta Neurochir (Wien)*, 2008, 150(3): 235-241.
- [17] ZHONG J. The simpler the better: a personal philosophy of microvascular decompression surgery[J]. *Chin Med J (Engl)*, 2021, 134(4): 410-412.
- [18] YAN XX, MA CW, GU JX, et al. Facial root entry/exit zone contact in microvascular decompression for hemifacial spasm: a historical control study[J]. *Ann Transl Med*, 2021, 9(10): 834.
- [19] LEE S, HAN J, PARK SK, et al. Involvement of the vertebral artery in hemifacial spasm: clinical features and surgical strategy [J]. *Sci Rep*, 2021, 11(1): 4915.
- [20] MENABBAWY AAL, REFAEE EE, ELWY R, et al. A multivariable prediction model for recovery patterns and time course of symptoms improvement in hemifacial spasm following microvascular decompression[J]. *Acta Neurochir (Wien)*, 2022, 164(3): 833-844.
- [21] PARK CK, LIM SH, LEE SH, et al. Is the pre-operative lateral spread response on facial electromyography a valid diagnostic tool for hemifacial spasm[J]. *Neurosurg Rev*, 2021, 44(6): 3259-3266.
- [22] CHAN RWY, CHIANG YH, CHEN YY, et al. Predicting early loss of lateral spread response before decompression in hemifacial spasm surgery[J]. *Life (Basel)*, 2021, 12(1): 40.
- [23] CHO M, JI SY, GO KO, et al. The novel prognostic value of postoperative follow-up lateral spread response after microvascular decompression for hemifacial spasm[J]. *J Neurosurg*, 2022, 136(4): 1114-1118.
- [24] KIM M, PARK SK, LEE S, et al. Lateral spread response of different facial muscles during microvascular decompression in hemifacial spasm[J]. *Clin Neurophysiol*, 2021, 132(10): 2503-2509.
- [25] WEI YX, YANG WL, ZHAO WG, et al. Microvascular decompression for hemifacial spasm: can intraoperative lateral spread response monitoring improve surgical efficacy[J]. *J Neurosurg*, 2018, 128(3): 885-890.
- [26] SONG HM, XU SB, FAN XS, et al. Prognostic value of lateral spread response during microvascular decompression for hemifacial spasm[J]. *J Int Med Res*, 2019, 47(12): 6120-6128.
- [27] YANG M, ZHENG XS, YING TT, et al. Combined intraoperative monitoring of abnormal muscle response and Z-L response for hemifacial spasm with tandem compression type[J]. *Acta Neurochir (Wien)*, 2014, 156(6): 1161-1166.
- [28] SON BC, KO HC, CHOI JG. Intraoperative monitoring of Z-L response (ZLR) and abnormal muscle response (AMR) during microvascular decompression for hemifacial spasm. Interpreting the role of ZLR[J]. *Acta Neurochir (Wien)*, 2018, 160(5): 963-970.
- [29] FERROLI P, BONOMO G, IESS G, et al. Microvascular decompression through cyanoacrylate glue-coated teflon sling transposition technique[J]. *World Neurosurg*, 2022, 160: 54.
- [30] LIU YF, CHEN FF, LI ZY, et al. Microvascular decompression and aneurysm clipping for a patient with hemifacial spasm and ipsilateral labyrinthine artery aneurysm: a rare case report and literature review[J]. *CNS Neurosci Ther*, 2022, 28(2): 307-309.
- [31] PATRA DP, TURCOTTE EL, KRISHNA C, et al. Microvascular decompression technique for trigeminal neuralgia using a vascular clip[J]. *World Neurosurg*, 2021, 154: 1.
- [32] 于炎冰. 《脑神经疾病于炎冰 2020 观点》[J]. *中国卒中杂志*, 2019, 14(11): 1105.
- [33] XIA YF, ZHOU WP, ZHANG Y, et al. How to improve the effect of microvascular decompression for hemifacial spasm: a retrospective study of 32 cases with unsuccessful first time MVD [J]. *J Neurol Surg A Cent Eur Neurosurg*, 2022, 83(4): 338-343.
- [34] WANG DL, FANG JX, LIU JY, et al. Improving recovery after microvascular decompression surgery for hemifacial spasm: experience from 530 cases with enhanced recovery after surgery (ERAS) protocol[J]. *Br J Neurosurg*, 2021, 35(4): 486-491.
- [35] SUN T, WANG WT, HUANG QH, et al. Teflon granuloma: a common cause of recurrent trigeminal neuralgia[J]. *World Neurosurg*, 2022, 158: e612-e617.
- [36] CHAI SS, XU H, WANG QP, et al. Microvascular decompression for trigeminal neuralgia caused by vertebrobasilar dolichoectasia: interposition technique versus transposition technique[J]. *Acta Neurochir (Wien)*, 2020, 162(11): 2811-2821.
- [37] 王小刚, 李凯, 王振刚, 等. 神经内镜经幕下小脑上治疗松果体区肿瘤 15 例[J]. *国际神经病学神经外科学杂志*, 2022, 49(1): 17-21.
- [38] ZHU JL, SUN JW, LI R, et al. Fully endoscopic versus microscopic vascular decompression for hemifacial spasm: a retrospective cohort study[J]. *Acta Neurochir (Wien)*, 2021, 163(9): 2417-2423.
- [39] MCGAHAN BG, ALBONETTE-FELICIO T, KREATSOULAS DC, et al. Simultaneous endoscopic and microscopic visualization in microvascular decompression for hemifacial spasm[J]. *Oper Neurosurg (Hagerstown)*, 2021, 21(6): 540-548.
- [40] MILLER LE, MILLER VM. Safety and effectiveness of microvascular decompression for treatment of hemifacial spasm: a systematic review[J]. *Br J Neurosurg*, 2012, 26(4): 438-444.
- [41] LEE MH, LEE S, PARK SK, et al. Delayed hearing loss after

- microvascular decompression for hemifacial spasm[J]. *Acta Neurochir (Wien)*, 2019, 161(3): 503-508.
- [42] SPRENGHERS L, LEMMENS R, VAN LOON J. Usefulness of intraoperative monitoring in microvascular decompression for hemifacial spasm: a systematic review and meta-analysis[J]. *Br J Neurosurg*, 2022, 36(3): 346-357.
- [43] HATAYAMA T, KONO T, HARADA Y, et al. Indications and timings of re-operation for residual or recurrent hemifacial spasm after microvascular decompression: personal experience and literature review[J]. *Neurol Med Chir (Tokyo)*, 2015, 55(8): 663-668.
- [44] BIGDER MG, KAUFMANN AM. Failed microvascular decompression surgery for hemifacial spasm due to persistent neurovascular compression: an analysis of reoperations[J]. *J Neurosurg*, 2016, 124(1): 90-95.
- [45] PARK CK, LEE SH, PARK BJ. Surgical outcomes of revision microvascular decompression for persistent or recurrent hemifacial spasm after surgery: analysis of radiologic and intraoperative findings[J]. *World Neurosurg*, 2019, 131: e454-e459.
- [46] LEE S, JOO KM, PARK K. Challenging microvascular decompression surgery for hemifacial spasm[J]. *World Neurosurg*, 2021, 151: e94-e99.
- [47] JIANG SZ, LANG LQ, SUN B, et al. Reoperation for residual or recurrent hemifacial spasm after microvascular decompression [J]. *Acta Neurochir (Wien)*, 2022, 164(11): 2963-2973.
- [48] ENGH JA, HOROWITZ M, BURKHART L, et al. Repeat microvascular decompression for hemifacial spasm[J]. *J Neurol Neurosurg Psychiatry*, 2005, 76(11): 1574-1580.
- [49] ZHONG J, ZHU J, LI ST, et al. An analysis of failed microvascular decompression in patients with hemifacial spasm: focused on the early reoperative findings[J]. *Acta Neurochir (Wien)*, 2010, 152(12): 2119-2123.

责任编辑:王荣兵