

## 多模态影像学方法对颈源性头痛诊治研究进展

张琪瑶<sup>1</sup>, 乔春梅<sup>2</sup>, 王晓磊<sup>2\*</sup>, 王欣<sup>2</sup>

(1. 内蒙古医科大学, 内蒙古 呼和浩特 010059; 2. 内蒙古医科大学附属医院 超声医学科, 内蒙古 呼和浩特 010050)

**【摘要】** 颈源性头痛是一种慢性、牵涉性头痛, 其发病率呈逐年上升趋势, 且趋于年轻化, 终身患病率高, 对患者生活质量和生产活动造成严重影响。目前, 临床诊断缺乏特异的生物学标记物和实验室检查。随着影像学快速发展, 相应的定量参数能够帮助临床提高诊断准确性, 结合影像学引导下的多种介入技术在颈源性头痛的治疗上具有良好的应用前景, 因此, 影像学方法对颈源性头痛的诊疗效果受到肯定。本文通过回顾相关文献研究, 对多模态影像学方法在颈源性头痛的应用进展进行综述。

**【关键词】** 颈源性头痛; 影像学; 诊断; 治疗

中图分类号: R365

文献标识码: A

文章编号: 2095-512X(2022)03-0310-06

## RESEARCH PROGRESS OF MULTIMODAL IMAGING METHODS FOR DIAGNOSIS AND TREATMENT IN CERVICOGENIC HEADACHE

ZHANG Qiyao<sup>1</sup>, QIAO Chunmei<sup>2</sup>, WANG Xiaolei<sup>2\*</sup>, WANG Xin<sup>2</sup>

(1. Inner Mongolia Medical University, Hohhot 010059, China;

2. Department of Ultrasound Medicine, Affiliated Hospital of Inner Mongolia Medical University, Hohhot 010050, China)

**【Abstract】** Cervicogenic headache is a kind of chronic and involved headache, which has a serious impact on patients' quality-of-life and production activities. Its incidence is increasing year by year. The incidence of cervicogenic headache also tends to be younger and the rate of lifetime prevalence is high. Due to the non existence of specific biological markers and laboratory examination, the clinical diagnosis of cervicogenic headache is ambiguous. The rapid development of imaging provide corresponding quantitative parameters to help improve the accuracy of clinical diagnosis of cervicogenic headache. The combination of a variety of interventional techniques under the guidance of imaging has a good application prospect in the treatment of cervical headache. Therefore, the effect of imaging methods for the diagnosis and treatment in cervical headache is affirmed in the present review. By retrospectively the related literature, this article reviews the progress of multimodal imaging in cervicogenic headache.

**【Keywords】** Cervicogenic headache; Imaging; Diagnosis; Treatment

国际头痛症协会将头痛划分为原发性头痛与继发性头痛。1983年, Sjaastad等<sup>[1]</sup>首次提出了颈源性头痛(cervicogenic headache, CEH)的概念, 即起源于患者颈部或头后部, 在数分钟内蔓延到面部眼区及额颞区, 并在患者眼区和额颞区的疼痛感达到

最大的头痛疾病, 单次发作可以持续数小时乃至数天, 无法预测其发作期, 可逐渐转变为慢性、波动性发作头痛, 通常与关节功能障碍、肌肉僵硬或触发点的存在等功能性病变有关。

研究报道指出, 不同地区CEH的患病率差异较

收稿日期: 2022-02-10; 修回日期: 2022-04-11

基金项目: 内蒙古自治区自然科学基金项目(2019MS08027)

第一作者: 张琪瑶(1995-), 女, 2019级在读硕士研究生。E-mail: 1556082977@qq.com

\*通信作者: 王晓磊, 女, 硕士, 主任医师, 硕士研究生导师。研究方向: 腹部、浅表、肌骨、盆底介入的常规检查与治疗。

E-mail: wangxiaolei760905@163.com

大,发病率为1.0%~4.1%<sup>[2]</sup>,差异主要在于临床采用诊断标准不同。第三版国际头痛疾病分类和颈源性头痛国际研究小组以及《颈源性头痛临床诊疗:中国疼痛科专家共识》均为临床诊断CEH制定了某些标准,由于CEH与其他头痛病症之间的临床特性重叠区域较多,目前尚无特异性临床诊断方法。高珊等<sup>[3]</sup>对CEH三例误诊病例分析后认为详细的查体和尽早完善影像学检查有利于早期诊断,因此,如何借助多模态影像学技术提升临床诊断水准已经成为CEH诊治的关键。

## 1 多模态影像学方法在CEH诊断中的应用

### 1.1 放射学

Dwyer等<sup>[4]</sup>指出70%的CEH患者的病因是C<sub>2-3</sub>关节突关节病变,放射学检查对颈部骨关节病变有很强的敏感性和特异性。颈椎X光片可以显示颈椎曲度变直、小关节椎间孔变窄、项韧带钙化、重度骨赘形成,以及颅颈不稳定的改变,但其对寰枢关节的评估是有限的。而CT提供了关于骨结构更精确的信息。申毅锋等<sup>[5]</sup>对CT寰枢椎三维重建图像研究发现CEH表现为寰枢椎移位和寰枕间隙狭窄或消失。其中几乎所有CEH病例均观察到单侧寰枢外侧关节型颈椎病,关节间隙变窄,C<sub>1</sub>后弓的骨赘压迫C<sub>2</sub>神经根,导致头痛的症状。旋转动态CT有助于诊断由颈椎旋转引起的CEH,评估伸展和弯曲时脊髓压迫的运动学变化,发现CEH患者C<sub>1</sub>-C<sub>2</sub>神经孔在旋转时变窄。动态CT是一种实时全面评估颈椎关节的技术,同时还可以识别创伤样挥鞭导致周围肌肉韧带损伤。

### 1.2 核磁共振成像

目前研究认为上颈椎关节区域内的神经及组织结构病变是引发CEH的重要解剖基础。磁共振成像(magnetic resonance imaging, MRI)因其可对颈椎以及周围枕颈部软组织进行高质量的可视化检查,仍为传统意义上首选的影像学方法。基于颈椎小关节病变特点采用改良的Pathria标准进行轴向MRI检查,是目前应用广泛的评分方法,对于中度和重度退行性变中关节软骨的改变很有意义。

Wang等<sup>[6]</sup>发现CEH患者症状侧C<sub>2</sub>和C<sub>3</sub>的枕大神经和背根神经节的扩散张量参数均有明显改变,C<sub>2</sub>背根神经节的弥散分数值可以对头痛的严重程度进行分级,枕大神经的扩散张量参数与头痛指数显著相关,同时,矢状面磁共振成像有助于评估椎

间孔狭窄。MRI不仅可以直接显示枕大神经和背根神经节的走行,还通过参数量化指标,判断其是否存在神经的病变及与CEH的关系。部分研究表明MRI显示CEH患者疼痛的部位与翼状韧带和寰椎横韧带信号改变的部位无关。Knackstedt等<sup>[7]</sup>认为翼状韧带在颈椎伸展、侧屈和同侧旋转过程中受累,寰椎横韧带在头部的各种运动中都有拉伤;然而CEH患者疼痛部位与翼状韧带和横韧带的MRI信号改变部位没有相关性。这些研究使MRI在CEH的诊断价值具有争议,但CEH可能起源于颈椎和周围软组织中的各种结构,仅聚焦于韧带结构改变常规MRI序列可能无法明确诊断。高分辨率质子密度加权磁共振成像可以清晰显示上颈椎韧带和覆膜的结构改变,并且可以对这些结构改变的严重程度进行分级。一项重点对挥鞭样创伤相关疾病患者的头颈韧带和头颈交界处的结构进行评估观察到,高信号改变在既往有扭伤病史的病例中更常见。磁共振弹性成像可以无创性地确定深层肌肉活动,通过对骨骼肌剪切硬度和衰减特性的定量估计,在评估退化性疾病导致的肌肉功能丧失方面可能具有临床价值。蒋莉等<sup>[8]</sup>研究发现血氧水平依赖性功能磁共振成像利用氧合与非氧合血红蛋白对磁场的不同影响,反映神经元活性与血流量变化,用于研究在特定任务状态下脑区激活情况和脑区之间功能连接及脑网络异常。功能影像学技术的应用为CEH的发病机制和治疗研究开辟了更广泛的领域。

### 1.3 核医学

核医学对骨代谢异常非常敏感,SPECT/CT将SPECT和CT的优点相结合,可以清晰显示颈椎的关节改变,早期识别小关节炎,显示疼痛性病变有助于诊断CEH。Cho等<sup>[9]</sup>利用Tc-99m羟基二膦酸盐通过SPECT/CT测量成骨细胞活性来准确地显示病变区域,CEH患者疼痛侧的小关节在SPECT/CT上呈现高活跃度、高摄取,使以病灶为基础的靶点注射成为可能。注射治疗后,SPECT/CT阳性患者治疗后起效明显,随访发现视觉模拟评分和颈椎功能障碍指数评分分别提高了88%和75%,证明其与临床治疗结果呈正相关。

但是SPECT/CT不能识别涉及如神经炎症、神经卡压或软组织肿瘤等病变引起的CEH。Russo等<sup>[10]</sup>发现5.5%的小关节炎患者SPECT/CT阳性,31%的严重小关节炎患者SPECT/CT呈阴性。这个结果表明SPECT/CT可以显示骨重构,非病理性骨活性

升高可能导致假阳性;有时虽然骨骼有明显的退行性改变,但如果骨重构已经完成,或者不是特别严重的关节炎,SPECT/CT检查结果可能为阴性,因此核医学对诊断CEH特异性很低。但对早期颈椎小关节炎患者的诊治,核医学成像可以起到一定作用。

#### 1.4 高频超声

**1.4.1 二维超声** 高频超声可以评估神经的外膜、束膜以及其内部回声情况,同时显示神经的走行路径以及与毗邻组织的关系。Janis等<sup>[11]</sup>发现54%的尸体样本中枕大神经和枕动脉在斜方肌至枕突之间或枕骨上方相互交叉,不仅在一个点上相交,还可能以螺旋状方式相互缠绕。以上研究表明枕大神经和枕动脉的密切关系可能是枕神经痛的一个因素,而高频超声可直观显示从神经根起至斜方肌腱膜处走行至皮下的过程,及其与枕动脉的关系,在神经血管的动态观察中颇具价值。

CEH引起的肌肉损伤会导致肌肉功能、收缩水平、大小厚度和内部结构显著变化。通过超声测量肌肉大小和厚度是评估肌肉萎缩、肥大的有效方法。Chen等<sup>[12]</sup>发现CEH患者疼痛侧的头下斜肌横截面积小于健侧。Jull等<sup>[13]</sup>发现与无症状侧相比,CEH患者疼痛侧头半棘肌的横截面积在C<sub>2</sub>平面明显减小,而头最长肌、上斜方肌横截面积无明显改变。该发现可能与肌肉的神经支配有关,上颈部头半棘肌全部或部分受上颈部神经背支支配,这与CEH的节段性水平一致。Abaspour等<sup>[14]</sup>通过超声检查认为CEH患者疼痛侧与健侧颈长肌的横截面积无明显相关性。但在2019年进一步应用超声研究发现头长肌、头后大直肌和头上斜肌的厚度测量对CEH的诊断具有极好的可靠性,这与先前对深颈屈肌和颈后肌测量可靠性研究结果一致。并且还观察到在该肌肉中同时发现脂肪浸润,因此,颈部肌群的回声改变和功能障碍在CEH诊断中更为重要。这表明CEH患者肌肉活动的恶化会引起颈深肌肉的萎缩和稳定性的丧失,加重头痛,同时也在今后的研究中也应充分考虑患者年龄、体质量指数及皮下脂肪厚度等因素带来的影响。

CEH还与颞下颌关节紊乱(temporomandibular disorder, TMD)有关。目前的研究发现,疼痛相关型和混合型TMD患者中CEH的发病率为28%,而44%的CEH患者可能也有颞下颌关节的问题,故CEH与TMD可能存在相同的发病机制。其主要表现在颈椎屈曲旋转试验中上颈椎关节和深部颈屈肌的功能障碍和颈部疼痛。随着高频超声技术在临

床使用,高频超声被认为是初步评估颞下颌关节炎的一种有价值的诊断工具。

**1.4.2 弹性成像** 肌肉疾病可能会改变肌肉的生物力学特性,弹性模量提供了骨骼肌与组织的内在机械状态相关的不同过程和生物现象的有价值信息,以往对于深层肌肉病变评估多采用活检等侵入性手段,而剪切波弹性成像(shear wave elastography, SWE)是一种实时可视化软组织弹性的新技术。研究表明肌肉杨氏模量和肌电图活动水平之间存在相关性,可以尝试用于间接估计肌肉应力,SWE的出现为了解肌肉的力学状态提供了新视角。

关于CEH导致肌肉弹性功能受损尚无特定标准,Sedlackova等<sup>[15]</sup>发现CEH患者胸锁乳突肌硬度从胸骨旁区域到乳突区域逐渐增加,胸锁乳突肌僵硬与头痛特征有显著依赖性。这些发现提示弹性成像可以作为颈源性头痛的诊断工具。近年来,随着超声新技术的快速发展,越来越多的临床研究结果表明高频超声诊断技术与SWE定量技术联合可以评价CEH患者肌肉组织特性,区分肌筋膜触发点(myofascial trigger points, MTrPs)与病灶处其他肌肉形态,通过对其形态、面积判断可以评估患者临床进展。Jull等<sup>[16]</sup>研究调查了老年人和年轻人在休息和收缩时肌肉僵硬的差异,SWE通过量化肌肉僵硬的变化用来评估与衰老相关的肌肉功能丧失。而僵硬测量可能有助于运动专业人士在组织水平上对肌肉损伤有深入的了解,最终被用来设计有效的运动方案,专注于防止肌肉丢失和其他随着年龄增长而发生的代谢性肌肉变化。SWE在确定疾病的严重程度和包括肌腱、肌肉、神经和韧带在内的各种肌肉骨骼组织的临床疾病诊断和治疗随访监测方面具有很好的作用。

SWE还是一种可以有效无创定量评估颞下颌关节盘和咬肌的诊断工具。TMD患者的颞下颌关节盘弹性成像值增高,同时伴有疼痛者咬肌硬度也不同程度的增加。通过组织僵硬的变化,SWE不仅可以帮助诊断和治疗颞下颌关节紊乱患者的肌痛,还可用于鉴别正常病例和与感染、炎症和退行性病变过程相关的TMD。因此,SWE在CEH与TMD相关性研究方面有巨大的临床潜力。

虽然SWE拓宽了超声在颈后肌群的应用,但其作为肌骨领域一种新的检测技术还未成熟,SWE在应用中会受多种操作因素与解剖位置的影响,使得其在复杂骨骼肌肉结构中评估肌肉的活动能力受到限制。

## 2 多模态影像学方法在CEH治疗中的应用

### 2.1 非侵入治疗方法

非侵入治疗策略主要包括药物治疗、手法治疗、特定训练疗法以及低负荷耐力运动治疗。针对MTrPs的康复治疗手法可以有效缓解CEH患者的临床症状,Minicels<sup>[17]</sup>发现针对MTrPs的缺血压迫疗法降低CEH患者的头痛强度、持续时间、频率和压痛阈值。肌骨超声诊断技术促进了MTrPs的临床可视化,为观测CEH患者发病过程中MTrPs的特性及变化规律提供了解决方案,也为针对MTrPs的精准治疗提供了技术支持。

### 2.2 侵入性治疗方法

侵入性治疗策略中射频、针灸和麻醉阻滞是最常用的治疗方法,而选择性神经阻滞技术和射频脉冲被认定为治疗顽固性CEH的首选微创方法。通常不推荐选择手术治疗CEH,但是因颈压迫性脊髓病或神经根病引起的CEH,手术疗法可取得良好的效果。

**2.2.1 选择性神经阻滞 星状神经节阻滞技术**发展悠久,以往有关星状神经节阻滞治疗CEH的报道中,多采用手法阻滞,即通过触诊C6横突前结节,将药物注射在C6横突或横突浅方,该方法虽然简便易行,但需依靠药物从注射部位弥散到星状神经节,且无法显示穿刺路径上的组织结构,容易损伤食道、动脉等重要结构,引起心跳骤停等严重并发症。

随着CT技术的普及以及微创技术的发展,神经阻滞的安全性和准确性显著提升。CT引导星状神经节阻滞可以显示颈部软组织结构和穿刺部位,何明伟等<sup>[18]</sup>在CT引导下采用连续硬膜外腔持续阻滞的方法,治疗了顽固性颈源性头痛患者,随访后患者表示治疗效果良好。星状神经节阻滞联合应用颈丛神经阻滞临床治疗效果显著,可以使其支配的肌肉紧张和痛觉传导的兴奋性受到抑制,从而阻断疼痛的恶性循环,改善头痛症状。

神经阻滞联合应用镇痛药物在治疗CEH的疼痛方面有很好的反馈,而镇痛药物最常用的是类固醇药物,在颈部硬膜外注射,类固醇对涉及神经根的痛觉过敏、神经根和微血管的微损伤有很好的疗效。早期诊断和治疗对于减少痛觉过敏至关重要。Brandt等<sup>[19]</sup>发现类固醇注射减少了6个月的非甾体抗炎药日剂量。枕大神经阻滞联合局部麻醉剂和曲安奈德可明显改善头痛频度、持续时间和严重程度。此外,Ailani等<sup>[20]</sup>提出了将肉毒杆菌毒素A

给药于慢性头痛患者头颈部肌肉的研究,实验组头痛显著改善,降低了患者与头痛相关的残疾,提高了患者生活质量,且可重复治疗。但需要指出的是,临床医生需要精确评估与CEH相关的肌肉僵硬程度,以保证对肉毒杆菌毒素更有针对性的应用。在活体用可靠的方式评估骨骼肌的硬度是生命和健康科学研究的一个重要方向,而SWE提供了对局部组织硬度的实时可视化、无创定量测量,对操作者的依赖性更小,在肌肉骨骼医学领域有广阔的应用前景。

枕大神经阻滞术被认为是治疗CEH最常用的周围神经阻滞技术。Ohgoshi等<sup>[21]</sup>发现超声引导下多裂颈平面阻滞和枕大神经阻滞都是治疗难治性CEH的有效干预技术。白志勇等<sup>[22]</sup>使用超声引导星状神经节阻滞,治疗过程中没有出现脏器损伤等并发症,并且超声可以实时引导穿刺针到达椎前筋膜深方、颈长肌筋膜下,在确保安全性的同时使得注射位置更为精确。研究表明与CT引导下神经节阻滞相比,高频超声不仅无辐射、定位准确,还能实时显示颈部软组织结构,指导穿刺,减少神经节阻滞并发症,超声引导的阻滞取得令人满意的效果,可作为CT引导的替代方法。

**2.2.2 射频脉冲**作为一种神经破坏性的疼痛治疗方法,传统的射频(conventional radio frequency, CRF)使用的恒定高频和高温导致神经受损,而脉冲射频(pulse radio frequency, PRF)以脉冲形式传递高强度电流,热量消散较快,因此产生的热量不会破坏神经和椎动脉,而且不会产生痛觉过敏和感觉异常等不良反应。Zhang等<sup>[23]</sup>研究PRF技术靶向治疗C<sub>2</sub>神经节表明在CT透视技术引导下采用前外侧入路进行C<sub>1</sub>-C<sub>2</sub>关节精准置入射频电极,可以降低C<sub>2</sub>神经根损伤、硬膜外注射和椎动脉穿刺的发生率,取得了可喜的临床疗效和安全性。

虽然PRF止痛持续时间比CRF短,但在CT透视技术引导下其并发症较少,没有CRF潜在的神经破坏作用,这些优势使PRF成为治疗C<sub>2</sub>神经节疼痛的一种潜在治疗方案。但这种治疗的有效性还需要通过更大的样本量进一步证明。

**2.2.3 手术治疗**对于颈压迫性脊髓病或神经根病引起的CEH,颈椎减压手术后可使其获得良好改善。因此颈椎硬膜可能在CEH中发挥重要作用,颈椎椎板成形术缓解了由于长期压迫引起对硬膜的慢性刺激,为颈压迫性脊髓病或神经根病导致CEH的治疗提供新思路。随着影像学技术的迅猛发展,

磁共振相位对比电影成像(magnetic resonance phase contrast film imaging, PC-MR) 技术逐渐被应用于颈椎压迫性脊髓病中脑脊液流动的动力学研究,进一步反映脊髓狭窄受压和脊髓损伤程度<sup>[24]</sup>。由此可见, PC-MR 技术可以完善影像学检查,对颈椎压迫性脊髓病诊治效果的评估具有重要临床意义。

### 3 小结

综上所述,多模态影像学方法对 CEH 的诊治均有意义,且互相补充。放射学检查中 X 线对骨骼相关病变拥有较好的辨识度,对软组织病变缺乏灵敏性,虽然 CT 检查既可显示软组织结构又可以识别骨性病变,但对早期软组织病变不敏感,并且具有较大的电离辐射;MRI 因其较高的对比度和分辨率可辨别骨骼及软组织的损伤,识别其空间关系,但因扫描时间过长、检查费用过高等,其无法作为常规筛查及随访手段;核医学可以精准显示小关节的病变,但对软组织的变化不敏感,且因其检查费用高昂、辐射剂量大等弊端并不利于反复多次的治疗和复查。

近年来迅速发展的高频超声可以直观地显示颈后软组织的结构层次,利用回声变化判断病变,联合 SWE 等技术还可进行定量分析,使用便捷、费用低廉、无射线损害,而且可重复进行实时动态成像检查,但超声检查对操作者存在较强的技术依赖性,临床应用有所局限。CEH 治疗包括物理治疗和侵入性介入治疗。物理治疗无效时考虑选择性神经阻滞、微创介入,推荐在影像学可视技术引导下进行操作。如果与脊髓型颈椎病或神经根型颈椎病相关,则通常进行颈椎减压,融合等手术治疗。通过多模态影像学方法清晰显示出颈部相关组织的空间关系,结合影像学引导技术进行多种介入治疗在 CEH 治疗方面表现出越来越广阔的前景,也为 CEH 的发生机制提供了新的认识。但需要指出的是,因 CEH 患者颈部不具有特征性病变,且各种影像学检查受制于其自身的弊端,目前尚未有一种公认的可以对 CEH 做出全面、精确的诊断和评估的影像学方法,因此如何尽早、精确地诊治 CEH 仍是今后多模态影像学研究的热点。

### 参考文献

[1]Sjaastad O, Fredriksen TA, Pfaffenrath V. Cervicogenic headache: diagnostic criteria. The cervicogenic headache international study group [J]. *Headache*, 1998, **38**(6): 442-445

- [2]Sjaastad O, Bakketeig LS. Prevalence of cervicogenic headache: a study of headache epidemiology [J]. *Acta Neurol Scand*, 2008, **117**(3): 173-180
- [3]高珊, 武百山. 颈源性头痛三例误诊误治原因分析 [J]. *临床误诊误治*, 2016, **29**(7): 7-9
- [4]Dwyer B, Zasler N. Post-traumatic cephalalgia [J]. *Neuro Rehabilitation*, 2020, **47**(3): 327-342
- [5]申毅锋, 周俏吟, 李石良, 等. 颈源性头痛的临床表现及影像学分析 [J]. *中国骨伤*, 2019, **32**(2): 130-135
- [6]Wang L, Shen J, Das S, et al. Diffusion tensor imaging of the C1-C3 dorsal root ganglia and greater occipital nerve for cervicogenic headache [J]. *The Korean Journal of Pain*, 2020, **33**(3): 275-283
- [7]Knackstedt H, Krkenes J, Bansevicius D, et al. Magnetic resonance imaging of craniocervical structures: clinical significance in cervicogenic headaches [J]. *The Journal of Headache and Pain*, 2012, **13**(1): 39-44
- [8]蒋莉, 谭戈, 周冀英. 偏头痛的功能影像学研究进展 [J]. *中国医学影像学杂志*. 2017, **25**(10): 781-784
- [9]Cho PG, Kim TW, Ji GY, et al. Diagnostic value of single-photon emission computed tomography/computed tomography scans with Tc-99m HDP in cervicogenic headache [J]. *Journal of Clinical Medicine*, 2020, **9**(2): 86-95
- [10]Russo VM, Dhawan RT, Baudracco I, et al. Hybrid bone SPECT/CT imaging in evaluation of chronic low back pain: correlation with facet joint arthropathy [J]. *World Neurosurgery*, 2017, **107**(73): 2-8
- [11]Janis JE, Hatef DA, Reece EM, et al. Neurovascular compression of the greater occipital nerve: implications for migraine headaches [J]. *Plastic and Reconstructive Surgery*, 2010, **126**(6): 1996-2001
- [12]Chen YY, Chai HM, Wang CL, et al. Asymmetric thickness of oblique capitis inferior and cervical kinesthesia in patients with unilateral cervicogenic headache [J]. *Journal of Manipulative and Physiological Therapeutics*, 2018, **41**(8): 680-690
- [13]Jull G, Amiri M, Bullock SJ, et al. Cervical musculoskeletal impairment in frequent intermittent headache. Part 1: Subjects with single headaches [J]. *Cephalalgia*, 2007, **27**(7): 793-802
- [14]Abaspour O, Javanshir K, Amiri M, et al. Relationship between cross sectional area of longus colli muscle and pain laterality in patients with cervicogenic headache [J]. *Journal of Back and Musculoskeletal Rehabilitation*, 2015, **28**(2): 393-399
- [15]Sedlackova Z, Herman J, Furst T, et al. Shear wave elastography in diffuse thyroid disease [J]. *Biomedical*, 2021, **165**(2): 152-156
- [16]Jull G, Trott P, Potter H, et al. A randomized controlled trial of exercise and manipulative therapy for cervicogenic headache [J]. *Spine*, 2002, **27**(17): 1835-1843

- [17]Mincels S, Granitaer M. Response of the autonomic activity to stress provocation in females with cervicogenic headache compared to asymptomatic controls: a cross-sectional study [J]. *European Journal of Physical and Rehabilitation Medicine*, 2020, **56**(2): 175-183
- [18]何明伟,曾庆文,刘景,等. C-型臂引导下阻滞复位术治疗颈源性头痛的临床对照研究[J]. *首都医科大学学报*, 2014, **35**(1): 13-17
- [19]Brandt RB, Doesborg PGG, Meilof R, et al. Repeated greater occipital nerve injections with corticosteroids in medically intractable chronic cluster headache: a retrospective study [J]. *Clin Othop Relat Res*, 2021, **22**(6): 38-40
- [20]Ailani J, Pearlman E, Zhang Q, et al. Positive response to galcanezumab following treatment failure to onabotulinumtoxinA in patients with migraine: post hoc analyses of three randomized double-blind studies [J]. *European Journal of Neurology*, 2020, **27**(3): 542-549
- [21]Ohgoshi Y, Izawa H, Kori S, et al. Multifidus cervicis plane block is effective for cervical spine surgery [J]. *Can J Anaesth*, 2017, **64**(3): 329-330
- [22]白志勇,李水清,张华斌,等. 超声引导颈外侧入路星状神经节阻滞治疗颈源性头痛[J]. *中国微创外科杂志*, 2014, **14**(12): 1068-1070+1091
- [23]Zhang J, Shi DS, Wang R. Pulsed radiofrequency of the second cervical ganglion (C2) for the treatment of cervicogenic headache [J]. *The Journal of Headache and Pain*, 2011, **12**(5): 569-571
- [24]张圣坤,初明. PC-MR 技术在治疗颈椎压迫性脊髓病中的效果观察[A]. 中国医师协会、中国医师协会神经外科医师分会. 第十五届中国医师协会神经外科医师年会摘要集[C]. 中国医师协会、中国医师协会神经外科医师分会: 中国医师协会神经外科医师分会, 2020: 7

(上接第 301 页)

(diffusion tensor imaging, DTI)、扩散峰度成像(diffusion kurtosis imaging, DKI)及平均表观传播扩散磁共振成像(mean apparent propagator-MRI, MAP-MRI)等技术,相信在未来基于不同磁共振功能成像技术对神经组织微观结构的显示,可以为人们更好地对脑胶质瘤术前诊断、病理类型的预测、临床后续治疗方案的选择及预后评估提供帮助。

综上所述,应用 mTI-ASL 和 IVIM 技术可以对脑胶质瘤术后复发与假性进展进行鉴别。在未来,随着 MRI 技术的不断更新发展, mTI-ASL 与 IVIM 技术在临床中的运用更加广泛,为指导临床治疗工作的进行提供有效的帮助。

#### 参考文献

- [1]Garcia CR, Slone SA, Dolecek TA, et al. Primary central nervous system tumor treatment and survival in the United States, 2004-2015[J]. *J Neurooncol*, 2019, **144**(1): 179-191
- [2]Chinese Central Nervous System Glioma Diagnosis and Treatment Guidelines Writing Group. Guidelines for the diagnosis and treatment of central nervous system gliomas in China (2015)[J]. *Natl Med J China*, 2016, **96**(7): 485-509
- [3]Bihan DL. What can we see with IVIM MRI [J]. *NeuroImage*, 2017, **18**(7): 56-67
- [4]纪东旭,赵殿江,尹建忠. IVIM-DWI 在评估胶质瘤术后复发与治疗影像学变化的研究进展[J]. *国际医学放射学杂志*, 2020, **43**(4): 434-437
- [5]Melguizogavilanes I, Bruner JM, Guhathakurta N, et al. Characterization of pseudoprogression in patients with glioblastoma: is histology the gold standard[J]. *J Neurooncol*, 2015, **12**(3): 141-150
- [6]Liu ZC, Yan LF, Hu YC, et al. Combination of IVIM-DWI and 3D-ASL for differentiating true progression from pseudo-progression of glioblastoma multiforme after concurrent chemoradiotherapy: study protocol of a prospective diagnostic trial[J]. *BMC Med Imaging*, 2017, **17**(1): 10
- [7]王斌,张辉,王效春,等. 体素内不相干运动成像监测脑胶质瘤复发和治疗后反应的初步探讨[J]. *山西医科大学学报*, 2017, **15**(17): 2202-2204
- [8]廖旦,刘远成,唐斌,等. 对比单指数、双指数及拉伸指数 DWI 鉴别诊断胶质母细胞瘤术后复发与假性进展[J]. *中国医学影像技术*, 2019, **35**(10): 1450-1455
- [9]Miyoshi F, Shinohara Y, Kambe A, et al. Utility of intravoxel incoherent motion magnetic resonance imaging and arterial spin labeling for recurrent glioma after bevacizumab treatment[J]. *Acta Radiol*, 2018, **59**(6): 1372-1379
- [10]张巍,王凯,陈谦,等. 多模态成像技术在脑胶质瘤复发诊断中的应用与价值[J]. *中国临床医学影像杂志*, 2021, **32**(12): 837-840
- [11]秦丹蕾,张辉. 磁共振功能成像在脑胶质瘤术后复发与假性进展鉴别诊断中的应用进展[J]. *磁共振成像*, 2020, **11**(10): 931-933
- [12]白雪菲,高阳,牛广明,等. mTI-ASL 技术在鉴别脑胶质瘤术后复发与放射性损伤中的应用价值[J]. *磁共振成像*, 2020, **11**(5): 332-335
- [13]张静,王庆军,张君,等. 3.0T 磁共振 3D-ASL 技术对高级别脑胶质瘤复发与假性进展的鉴别诊断[J]. *北京医学*, 2019, **41**(5): 382-388
- [14]石慧娟,韩雷,叶靖,等. 3D-ASL 与 DSC-PWI 在高级别脑胶质瘤术后复发和放射性脑坏死鉴别诊断中的应用[J]. *肿瘤影像学*, 2020, **29**(3): 324-329
- [15]申小明,张仙海,洪居陆,等. ASL 和 MRS 技术对高级别胶质瘤术后复发和假性进展鉴别诊断的价值[J]. *现代医用影像学*, 2021, **30**(11): 2014-2017