

• 综 述 •

doi:10.3969/j.issn.1671-8348.2025.07.036

网络首发 [https://link.cnki.net/urlid/50.1097.R.20250221.1707.003\(2025-02-21\)](https://link.cnki.net/urlid/50.1097.R.20250221.1707.003(2025-02-21))

前庭功能检查及功能磁共振在前庭性偏头痛诊疗中的应用研究进展^{*}

杨 龙¹,刘 婷²,张 欣³,刘 鹏^{3△}

(1. 陕西中医药大学第二临床医学院,陕西咸阳 712046;2. 延安大学医学院,陕西延安 716000;
3. 陕西省人民医院神经内三科,西安 710068)

[摘要] 前庭性偏头痛(VM)是一种常见的发作性眩晕疾病,其诊断的主要依据是患者病史及症状特点。前庭功能检查是诊断前庭及眩晕疾病常用的辅助检查方法,包括眼震电图、视频头脉冲(vHIT)、热量测试、听力、耳蜗电图(EcochG)、前庭诱发肌源性电位(VEMP)等。中枢性位置性眼震是 VM 中最常见的眼震,其眼震表现与良性阵发性位置性眩晕(BPPV)的符合半规管所在平面的眼震明显不同。在 vHIT 检查中,VM 患者的增益一般为正常,但其小幅度的扫视对疾病的筛查和鉴别更有意义。热量测试在 VM 中的异常率为 19.4%~56.0%,且热量测试异常的 VM 患者可能预后较差。VM 患者听力检查通常为正常,EcochG 在 VM 与梅尼埃病(MD)的鉴别中有良好的应用价值。VEMP 检查应用于 VM 的研究,其结果分歧较大,甚至互相矛盾,具体阳性表现尚不明确。功能磁共振(fMRI)是研究脑神经活动的一种 MRI 方法,分为任务态及静息态 2 种模式,均可应用于 VM 的诊断。该文分析了前庭功能检查及 fMRI 在 VM 诊疗中的应用价值,为两类检查在前庭性偏头痛的诊疗和预后判断中的研究提供支持。

[关键词] 前庭性偏头痛;眼震电图;功能磁共振;视频头脉冲;热量测试
[中图法分类号] R747 **[文献标识码]** A **[文章编号]** 1671-8348(2025)07-1734-05

Research progress on the application of vestibular function examination and functional magnetic resonance imaging in the diagnosis and treatment of vestibular migraine^{*}

YANG Long¹,LIU Ting²,ZHANG Xin³,LIU Peng^{3△}

(1. Second Clinical Medical College,Shaanxi University of Chinese Medicine, Xianyang,Shaanxi 712046,China;2. College of Medicine,Yan'an University, Yan'an,Shaanxi 716000,China;3. Department of Neurology,Shaanxi Provincial People's Hospital,Xi'an,Shaanxi 710068,China)

[Abstract] Vestibular migraine (VM) is a common paroxysmal vertigo disease whose diagnosis is mainly based on patient history and symptom characteristics. Vestibular function tests are commonly used to diagnose vestibular and vertigo diseases,including electronystagmography,video head impulse test (vHIT),caloric test,audiometry,electrocochleography (EcochG),and vestibular-evoked myogenic potential (VEMP). Central positional nystagmus is the most common nystagmus in VM,which differs significantly from nystagmus in the plane of the affected semicircular canal in benign paroxysmal positional vertigo (BPPV). In vHIT examination,the gain of VM patients is generally normal,but their small-amplitude saccades are more meaningful for disease screening and differentiation. The abnormal rate of caloric testing in VM ranges from 19.4% to 56.0%,and VM patients with abnormal caloric test results may have a poor prognosis. Hearing tests in VM patients are usually normal,while EcochG has good application value in differentiating VM from Meniere's disease (MD). Studies applying VEMP to VM show divergent or even contradictory results,and specific positive manifestations remain unclear. Functional magnetic resonance imaging (fMRI) is an MRI method for studying brain neural activity,divided into task-state and resting-state modes,both of which can be applied to VM diagnosis. This article analyzes the application value of vestibular function tests and fMRI in the diagnosis and treatment of VM,providing support for research on both types of examinations in the management and

^{*} 基金项目:陕西省科技计划项目-社会发展科技攻关项目(2016SF-306 号)。 [△] 通信作者,E-mail:rmxuanyun@sina.com。

prognosis of vestibular migraine.

[Key words] vestibular migraine; electronystagmography; functional magnetic resonance imaging; video head impulse test; caloric test

前庭性偏头痛(vestibular migraine, VM)是一种常见的、自发性、阵发性眩晕疾病,在人群中的发病率为1.0%~2.7%,男女比例(1.0:1.5)~(1.0:5.0),以女性多见。一项针对21 781例受访者的调查结果显示,成年人VM的患病率为2.7%^[1]。VM占头晕门诊就诊患者数的6.0%~25.1%,占头痛门诊就诊患者数的9.0%~11.9%,占耳鼻喉科门诊就诊患者数的4.2%~29.3%^[2]。然而,临床医生对VM的认识仍然不足,诊断率为1.8%~20.0%^[3]。这是因为,VM发作时的前庭症状可能出现多种类型,包括自发性眩晕、头动性眩晕、位置性眩晕、不稳感等^[4]。此外,VM甚至还具有畏光、畏声、视觉先兆等这些偏头痛特点,这使得VM与其他眩晕疾病,如良性阵发性位置性眩晕(benign paroxysmal positional vertigo, BPPV)、梅尼埃病(Meniere's disease, MD)、后循环缺血、前庭阵发症,以及偏头痛等疾病的鉴别存在较大困难。目前,VM的诊断主要依据病史及临床表现,而作为眩晕疾病诊断所常用的前庭功能检查及功能磁共振检查(functional magnetic resonance, fMRI)在VM的诊断中所用极少。本文将对前庭功能检查及fMRI在VM中的应用价值进行综述,以期探索VM临床诊疗中的辅助检查方法。

1 前庭功能检查

1.1 眼震电图

在VM患者中,非特异性前庭眼球运动异常包括自发性眼震、中枢性位置性眼震和平滑追踪异常等^[5]。研究发现,有92%的VM患者出现了有别于BPPV的中枢性位置性眼震,表现为水平、垂直和扭转性眼震^[6]。WAISSBLUTH等^[7]在20例患者中行变位试验,发现了17例患者具有中枢性位置性眼震,其中包括垂直性眼震、水平性眼震,以及扭转、上行等不符合半规管平面评估的眼震。VM中最常见的眼动异常为中枢性位置性眼震,且位置性眼震大多数持续时间>60 s^[5]。这样的眼震特点与BPPV的位置性眼震不同,BPPV眼震的特点与其受累半规管相关,所以眼震平面和半规管平面相同,不会出现单纯垂直、水平而不带扭转的中枢性眼震。VM的眼震特点属于外周性眼震,潜伏期、发生时间短,易疲劳,且持续时间大多<1 min^[8]。自发性眼震也是VM中常见的眼震表现^[9],其既有中枢来源,又有外周来源,眼震慢相速度为3°/s~33°/s,水平、垂直和旋转方向均可见到,但以水平方向为主。自发性眼震的潜伏期一般≥50 s,可被固视抑制;也有研究发现,在VM发作间期,自发性眼震的发生率为0~11%^[5-6],表明自发性眼震多见于VM发作期。

1.2 视频头脉冲试验(video head impulse test, vHIT)

vHIT是一种针对6个半规管功能的前庭功能检查方法,具有快速、无创、定量评估等特点。前庭眼反射(vestibuloocular reflex, VOR)增益降低和明显的纠正性扫视是vHIT的2个病理表现^[10]。ELSHERIF等^[11]研究了VM患者的vHIT检查结果,发现73%的VM患者VOR增益正常,表明VM中的VOR反射通路正常;26%的VM患者为VOR增益正常的纠正性扫视,极少数患者存在增益及扫视均异常。然而,存在VOR增益正常的纠正性扫视或眼跳提示前庭系统的老化及前庭核团自发放电率的紊乱^[11-13]。一项针对VM患者扫视的病例对照研究发现,扫视普遍存在于VM和极可能为VM的患者中,且左右眼参数基本相同,这与健康人群VOR增益正常下基本没有扫视(或只有单侧)的情况形成鲜明的对比。因此,VM中小幅度的扫视具有病理提示意义,并非只简单理解为对眼球漂移的纠正。扫视可以帮助临床医生评估目前的疾病状态,并可应用于VM与其他发作性前庭疾病的筛查及鉴别中^[14]。所以,在VM的vHIT检查中,临床应该关注扫视而非VOR增益的变化。

1.3 热量测试

热量测试是临床使用广泛且常见的外周前庭功能评估检测方法。研究发现,VM患者对于热量测试更加敏感,可能出现更多眩晕及恶心^[15-16]。一项关于VM患者前庭及眼动表现的研究发现,研究人员对35例患者进行热量测试,77.1%的患者试验结果正常,22.9%的患者有单侧热减弱^[7];在另一项研究中,有热减弱患者的比例为19.4%^[17];也有研究发现,有56%的患者被诊断为热减弱^[18],表明VM温度刺激异常概率的可变范围较大,需要进一步研究确定。热量测试也可应用于VM与MD的鉴别中。CHEN等^[19]发现,热量测试可以检测到MD与VM患者的异常,且MD患者的异常结果多于VM患者,具体表现为MD患者热量测试的异常结果包括水平半规管轻瘫、优势偏向、前庭反应减弱,但VM患者异常结果仅限于水平半规管轻瘫。LIU等^[20]对确诊VM并行热量测试的31例患者进行一项回顾性研究,发现只有热量测试正常的患者在功能或是生活质量上有所改善,热量测试异常的VM患者在此方面则并无改善,指出热量测试有助于预测治疗结果及预后。

1.4 耳部检查

前庭功能检查中的耳部检查包括听力测试及耳蜗电图检查。ELSHERIF等^[6]测试了25例VM患

者及 20 例健康受试者,发现两者的听力测试结果并无明显差别且均在正常范围内。XUE 等^[21]开展了一项包括 18 例 VM 患者的听力研究,测试后发现 VM 患者存在低频段(250、500、1 000、2 000 Hz)听觉功能障碍,提示 VM 听力损伤的发生率低于 MD,程度较轻,主要为低频听力损失。耳蜗电图使用对耳朵的声刺激来检测和记录耳蜗电位活动,评估是否有内淋巴积水。常用的测量指标包括总和电位与动作电位的振幅比值、总和电位与动作电位曲线的曲线下面积比值。TABET 等^[22]总共纳入 119 例患者开展 VM 与 MD 的耳蜗电图研究,研究发现 VM 组耳蜗电图正常者较多,MD 组耳蜗电图异常者较多;建议在 VM 的治疗过程中,将诊断标准、总和电位与动作电位曲线的曲线下面积比值相结合,有利于预测患者后续的治疗效果,以及 VM 与 MD 的鉴别。

1.5 前庭诱发肌源性电位(vestibular evoked myogenic potential,VEMP)

颈肌前庭诱发肌源性电位(cervical vestibular evoked myogenic potential,cVEMP)和眼肌前庭诱发肌源性电位(ocular vestibular evoked myogenic potential,oVEMP)分别用于评估球囊和椭圆囊的功能及中枢联结情况^[23]。有研究表明,VM 组与对照组的 oVEMP 的差异有统计学意义($P<0.05$),VM 患者的双侧 oVEMP 缺失率较高^[24-25]。MAKOWIEC 等^[26]的研究中纳入了 212 例 VM 患者,给予 oVEMP 及 cVEMP 检查,研究发现,与其他前庭疾病患者比较,VM 患者极有可能出现异常的 oVEMP 和正常的 cVEMP,且这种 VEMP 模式可能是 VM 的生物标志物。YAO 等^[27]开展的病例对照研究中发现,VM 组的 cVEMP 波幅明显低于健康对照组和偏头痛组,表明 cVEMP 在 VM 的诊断评估中具有潜在用途。OZDEMIR 等^[28]纳入 32 例偏头痛患者和 31 例 VM 患者进行研究,发现 VEMP 检查对于 VM 的鉴别诊断缺乏灵敏度。VEMP 检查对于 VM 的鉴别诊断尚无明确指向,可能在于 VEMP 检查缺乏阳性表现。

2 fMRI

血氧水平依赖性 fMRI 是 fMRI 中使用最广泛的一种,其主要根据血液中的逆磁性物质(氧合 Hb)及顺磁性物质(脱氧 Hb)来发挥检测作用。其中,逆磁性物质会延长局部组织的 T2 值,顺磁性物质会导致 T2 加权图像上的信号缩短^[29]。fMRI 在 VM 中的应

用通常分为任务态 fMRI 和静息态 fMRI,主要区别在于是否给予受试者施加某些干预或影响。

于焕新等^[30]在一项研究前庭刺激后 VM 患者脑内结构信号变化的试验中分别给予 20 例 VM 组、无先兆偏头痛组、健康对照组受试者冷水灌耳试验,激活皮质及皮质下区域,分别于刺激期及刺激间期行血氧水平依赖性 fMRI 检查。结果显示,VM 中作为感觉传导中枢的丘脑背内外侧核有明显激活。徐艳芳等^[31]发现 VM 患者脑干、左侧颞回、左侧额叶等脑区活动增高,左侧小脑半球、右侧颞中回、右侧前扣带回等活动减低,2 次试验结果基本一致,提示了 VM 组脑内部分区域的神经活动。任务态 fMRI 通过视觉刺激或冷水灌耳来观察 VM 患者视觉、前庭和疼痛皮质的功能活动,但其局限性在于不同的刺激方式获得的结果往往差异较大,且基于任务态 fMRI 研究结果可能反映了疾病的主要病理、生理机制,也可能只是反映了任务执行中的适应性行动^[32]。

静息态 fMRI 不需要施加任何刺激。LI 等^[33]通过测定低频振幅(amplitude of low-frequency fluctuations,ALFF)、部分低频指数(fractional amplitude of low-frequency fluctuations,fALFF)、局部一致性(regional homogeneity,ReHo)等数据,得出 VM 患者右侧颞叶 ALFF 值,以及右侧上、中、下颞回 ReHo 值较健康对照组明显升高。虽然偏头痛患者上述数值相较于健康对照组亦有变化,但主要涉及右侧边缘叶、右侧额叶,脑桥和脑干等,两者的变化区域明显不同。VM 患者右侧顶叶和右侧额叶的 fALFF 值,以及右侧丘脑的 ReHo 值较偏头痛患者明显升高。ZHE 等^[34]的研究中进行了 ALFF 及功能连接(functional connectivity,FC)分析,发现双侧丘脑 ALFF 值降低,这与 VM 疼痛信息的传递和处理有关;左侧丘脑和皮质区域之间的 FC 值降低,与 VM 的发病频率呈负相关,证明丘脑在 VM 发病中发挥了重要作用。近年来,使用独立成分分析(independent component analysis,ICA)对 VM 脑内网络连接的研究逐渐增多,ICA 相比于 FC 的主要优点在于不需要先验知识设定感兴趣区域^[32]。而随着 fMRI 的发展及其在 VM 方面的研究优势凸显,图论分析及平面回波成像也越来越多地应用于 VM 的研究中^[35]。常见的 fMRI 应用方法见表 1。

表 1 常见的 fMRI 应用方法

项目	方法含义
FC	利用种子点(seed)区域与大脑中其他体素的线性相关性,得到基于 seed 的 FC 图
ALFF	通过检测能量的变化来反映不同脑区的神经元活动的强弱,ALFF 值升高提示此区神经元处于激活兴奋状态,降低则提示处于抑制状态
fALFF	低频振幅与全部振幅的比值

续表 1 常见的 fMRI 应用方法

项目	方法含义
ReHO	分析评估脑内特定体素与邻近体素时间序列的异同,推断该局部脑区的神经元活动情况。ReHO 值升高表明局部脑区神经元活动的时间一致性较好,降低则提示上述一致性较差
ICA	利用数学算法将全脑体素信号分解为空间上和时间内相互独立的成分,有助于有效提取不同的静息态 fMRI 网络
图论分析	FC 只关注某个感兴趣区域与另一个感兴趣区域之间的相关性,而图论分析则测量整个大脑或与特定功能相关的网络中感兴趣区域的拓扑属性
平面回波成像	快速、准确地捕捉神经信号的变化

3 小结与展望

VM 作为一种特异性的诊断实体,主要根据病史及症状表现做出临床诊断,目前尚缺乏 VM 的病原学测试结果。VM 在发作期间或发作后不久,其前庭功能检查结果可能为异常^[7]。随着时间的推移,VM 中越来越多的前庭功能检查异常结果被发现,其中眼震电图、vHIT 及热量测试可能具有意义,其他前庭功能检查结果为阴性也可作为一种特征和体现,因此纯音听阈测听、VEMP 检测仍在 VM 的鉴别诊断中扮演着重要角色^[23]。近年来,fMRI 在 VM 研究中的应用成为热点,可能是因为 VM 发病机制尚不明确,而 fMRI 具有无创性及较好的时间、空间分辨率,使其发展迅速。但 fMRI 仍存在局限性,其对精密设备的要求较高,需要拥有强大 fMRI 技能知识储备的专业人员,在基层医疗机构中常规开展尚有一定难度。未来,随着 VM 发病机制的进一步明晰,可能需要更多大样本量随机对照研究来深入发掘前庭功能检查和 fMRI 在 VM 诊断及预后判断上的作用,并设计出简单、明确可行的 fMRI 检查指标及参考,更好地为临床服务。

参考文献

[1] NESE C,AYSIN K A,CEYLA A,et al. Comparison of clinical features in patients with vestibular migraine and migraine[J]. J Neurol, 2023,270(7):3567-3573.

[2] 于生元,万琪,王武庆,等. 前庭性偏头痛诊治专家共识(2018)[J]. 中国疼痛医学杂志,2018,24(7):481-488.

[3] BEH S C,MASROUR S,SMITH S V,et al. The spectrum of vestibular migraine: clinical features, triggers, and examination findings[J]. Headache,2019,59(5):727-740.

[4] BEH S C. Vestibular migraine: how to sort it out and what to do about it[J]. J Neuroophthalmol,2019,39(2):208-219.

[5] LI Y,WANG Y,CHEN M,et al. Eye movement abnormalities during different periods in patients with vestibular migraine [J]. J Pain

Res,2023,16:3583-3590.

[6] ELSHERIF M,REDA M I,SAADALLAH H, et al. Eye movements and imaging in vestibular migraine[J]. Acta Otorrinolaringol Esp,2020, 71(1):3-8.

[7] WAISSBLUTH S,SEPULVEDA V,LEUNG J,et al. Vestibular and oculomotor findings in vestibular migraine patients[J]. Audiol Res, 2023,13(4):615-626.

[8] 马艳敏,张道培,张怀亮. 前庭性偏头痛与良性阵发性位置性眩晕的鉴别和共病机制[J]. 中华耳科学杂志,2023,21(3):410-414.

[9] VON BREVERN M. Acute migrainous vertigo: clinical and oculographic findings [J]. Brain, 2004,128(2):365-374.

[10] DU Y,REN L,LIU X,et al. The characteristics of vHIT gain and PR score in peripheral vestibular disorders[J]. Acta Otolaryngol,2021,141(1):43-49.

[11] ELSHERIF M,REDA M I,SAADALLAH H, et al. Video head impulse test (vHIT) in migraine dizziness[J]. J Otol,2018,13(2):65-67.

[12] YOLLU U,ULUDUZ D U,YILMAZ M,et al. Vestibular migraine screening in a migraine-diagnosed patient population, and assessment of vestibulocochlear function[J]. Clin Otolaryngol,2017,42(2):225-233.

[13] KABAYA K,FUKUSHIMA A,KATSUMI S, et al. Presence of corrective saccades in patients with normal vestibulo-ocular reflex gain in video head impulse test[J]. Front Neurol,2023, 14:1152052.

[14] DU Y,LIU X,REN L,et al. Analysis of video head impulse test saccades data in patients with vestibular migraine or probable vestibular migraine[J]. J Otol,2022,17(4):197-202.

[15] HANNIGAN I P,ROSENGREN S M,BHARATHY G K,et al. Subjective and objective responses to caloric stimulation help separate vestibular migraine from other vestibular disor-

- ders[J]. *J Neurol*, 2024, 271(2): 887-898.
- [16] WU Y, LING X, SONG N, et al. Comparison of clinical characteristics and vestibular function test results in patients with vestibular migraine and Meniere's disease[J]. *Braz J Otorhinolaryngol*, 2023, 89(4): 101274.
 - [17] LI P, GU H, XU J, et al. Purkinje cells of vestibulocerebellum play an important role in acute vestibular migraine[J]. *J Integr Neurosci*, 2019, 18(4): 409-414.
 - [18] FU W, WANG Y, HE F, et al. Assessment of vestibular and oculomotor function in patients with vestibular migraine: a preliminary study[J]. *Am J Otolaryngol*, 2021, 42(6): 103152.
 - [19] CHEN J Y, GUO Z Q, WANG J, et al. Vestibular migraine or Meniere's disease: a diagnostic dilemma[J]. *J Neurol*, 2023, 270(4): 1955-1968.
 - [20] LIU Y F, DORNHOFFER J R, DONALDSON L, et al. Impact of caloric test asymmetry on response to treatment in vestibular migraine[J]. *J Laryngol Otol*, 2021, 135(4): 320-326.
 - [21] XUE J, MA X, LIN Y, et al. Audiological findings in patients with vestibular migraine and migraine: history of migraine may be a cause of low-tone sudden sensorineural hearing loss[J]. *Audiol Neurotol*, 2020, 25(4): 209-214.
 - [22] TABET P, ELBLIDI A, SALIBA I. Vestibular migraine versus Meniere's disease: diagnostic utility of electrocochleography[J]. *Audiol Res*, 2022, 13(1): 12-22.
 - [23] ROSENGREN S M, YOUNG A S, TAYLOR R L, et al. Vestibular function testing in the 21st century: video head impulse test, vestibular evoked myogenic potential. Video nystagmography; which tests will provide answers? [J]. *Curr Opin Neurol*, 2022, 35(1): 64-74.
 - [24] FU W, WANG Y, HE F, et al. Vestibular and oculomotor function in patients with vestibular migraine[J]. *Am J Otolaryngol*, 2021, 42(6): 103152.
 - [25] ELIEZER M, TOUPET M, HOUSSET J, et al. Recurrent vestibulopathy: are cVEMP, oVEMP and inner ear MRI useful to distinguish patients with Meniere's disease and vestibular migraine? [J]. *Eur Arch Otorhinolaryngol*, 2022, 279(2): 713-721.
 - [26] MAKOWIEC K F, PIKER E G, JACOBSON G P, et al. Ocular and cervical vestibular evoked myogenic potentials in patients with vestibular migraine[J]. *Otol Neurotol*, 2018, 39(7): 561-567.
 - [27] YAO Y, ZHAO Z, QI X, et al. cVEMP and VAT for the diagnosis of vestibular migraine[J]. *Eur J Clin Invest*, 2022, 52(1): e13657.
 - [28] OZDEMIR D, AKPINAR C K, KUCUKONER O, et al. Vestibular evoked myogenic potential (VEMP) results in migraine and migrainous vertigo[J]. *Acta Otolaryngol*, 2020, 140(2): 140-143.
 - [29] SMITH H. The history of magnetic resonance imaging and its reflections in *Acta Radiologica* [J]. *Acta Radiologica*, 2021, 62(11): 1481-1498.
 - [30] 于焕新, 李海艳, 印志娴, 等. 前庭性偏头痛神经通路的功能性核磁研究[J]. *临床耳鼻咽喉头颈外科杂志*, 2017, 31(12): 906-909.
 - [31] 徐艳芳, 张金文. 前庭性偏头痛神经通路的功能性核磁研究[J]. *中外医疗*, 2018, 37(30): 11-13.
 - [32] CHEN Z, LIU H, WEI X E, et al. Aberrant dynamic functional network connectivity in vestibular migraine patients without peripheral vestibular lesion[J]. *Eur Arch Otorhinolaryngol*, 2023, 280(6): 2993-3003.
 - [33] LI Z Y, SI L H, SHEN B, et al. Altered functional activity in the right superior temporal gyrus in patients with definite vestibular migraine[J]. *Neurol Sci*, 2023, 44(5): 1719-1729.
 - [34] ZHE X, TANG M, AI K, et al. Decreased ALFF and functional connectivity of the thalamus in vestibular migraine patients[J]. *Brain Sci*, 2023, 13(2): 183.
 - [35] RAIMONDO L, OLIVEIRA G, HEIJ J, et al. Advances in resting state fMRI acquisitions for functional connectomics[J]. *Neuroimage*, 2021, 243: 118503.

(收稿日期: 2024-12-17 修回日期: 2025-04-21)

(编辑: 张芃捷)