

doi:10.6040/j.issn.1673-3770.0.2023.301

突发性聋磁共振检查的现状与进展

郭翔¹, 马永强², 伊海金¹

1. 清华大学附属北京清华长庚医院/清华大学临床医学院 耳鼻咽喉头颈外科, 北京 102218

2. 清华大学附属北京清华长庚医院/清华大学临床医学院 放射诊断科, 北京 102218

摘要: 突发性聋是耳科学常见的疾病。近年来,其发病率逐年上升,并且发病年龄趋于年轻化。如何尽快判断突发性聋的原因并及时给出合理有效的治疗,成为目前关注和研究的热点和难点。随着影像学技术的不断发展和进步,学者们通过对突发性聋的患者进行内听道 MRI 检查,使突发性聋病因的检出率及预后判断的准确率逐渐提高。内听道 MRI 检查中的 T₁WI、T₂WI、3D-T2Flair、DTI、DSI 等序列,在显示和帮助医生发现内听道肿瘤、后颅窝梗死、内耳出血、迷路炎、神经纤维完整性及小脑前下动脉血管走行等突发性聋的病因方面,起到十分关键的作用。本文将分别从上述几个方面综述目前通过 MRI 检查判断突发性聋的病因及预后的现状及最新进展,并为及时选择最佳的治疗方案提供思路和见解。

关键词: 突发性聋;核磁共振;蜗后病变;内耳出血;迷路炎;小脑前下动脉

中图分类号: R764.43+7 **文献标志码:** A **文章编号:** 1673-3770(2025)02-0140-05

引用格式: 郭翔,马永强,伊海金. 突发性聋磁共振检查的现状与进展[J]. 山东大学耳鼻喉眼学报, 2025, 39(2):140-144.
GUO Xiang, MA Yongqiang, YI Haijin. Current status and advances in magnetic resonance imaging in sudden deafness[J]. Journal of Otolaryngology and Ophthalmology of Shandong University, 2025, 39(2):140-144.

Current status and advances in magnetic resonance imaging in sudden deafness

GUO Xiang¹, MA Yongqiang², YI Haijin¹

1. Department of Otorhinopharyngology Head and Neck Surgery, Beijing Tsinghua Changgung Hospital, School of Clinical Medicine, Tsinghua University, Beijing 102218, China

2. Radiology, Beijing Tsinghua Changgung Hospital, School of Clinical Medicine, Tsinghua University, Beijing 102218, China

Abstract: Idiopathic sudden sensorineural hearing loss is a common disease in Otology. Recently, its incidence rate has been increasing, and the age of onset appears to have become younger. The quick determination of the cause of idiopathic sudden sensorineural hearing loss, and the provision of reasonable and effective treatment in a timely manner has, accordingly, become a matter of focus. With the continuous development and progress of imaging technology, scholars have gradually improved the detection rate of the cause of sudden deafness and the accuracy of prognosis by conducting internal auditory canal magnetic resonance imaging (MRI) examinations. The T₁WI, T₂WI, 3D-T2Fair, DTI, DSI and other sequences in the MRI examination of the internal auditory canal play a crucial role in assisting clinicians in diagnosing the causes of sudden deafness. These may include internal auditory canal tumors, posterior cranial fossa infarctions, internal ear bleeds, labyrinthitis, loss of nerve fiber integrity, and the course of the anterior inferior cerebellar artery blood vessels. This article provides a comprehensive review of the current status and recent advancements in determining the etiology and prognosis of sudden deafness through MRI examinations of the above aspects,. Thus, this review provide valuable insights for the timely selection of optimal treatment plan.

Key words: Idiopathic sudden sensorineural hearing loss; Magnetic resonance imaging; Posterior cochlear lesions; Internal ear hemorrhage; Labyrinthitis; Anterior inferior cerebellar artery

突发性聋是指 72 h 内突然发生的、原因不明的感音神经性听力损失,至少在相邻的两个频率听力下降大于 20 dBHL^[1]。近 10 年来的研究显示,在全球范围内,突发性聋的发病率已经达到了 527 例/10 万,且仍有继续增加的趋势^[2]。随着突发性聋发病

率的不断上升,通过影像学检查寻找该疾病的病因,成为国内外学者研究的焦点。随着医学影像学日益发展、成熟,医学影像技术的不断进步,尤其是内听道 MRI,对突发性聋病因的早期筛查,指导治疗方式的选择等方面均起到更加重要的作用。MRI 新

技术的不断进展使得导致突发性聋病变的评估更加准确。此外,国内外的突发性聋治疗指南均指出,发病后越早开始进行有效的治疗,其预后越好^[1,3-4]。因此,及时并准确地找出突发性聋的潜在病因,并选取针对性的治疗方案,对该疾病具有重要的意义。美国突发性聋临床实践指南提出,MRI 对于判断突发性聋的病因与其他的诊断工具相比拥有最高的检出率,因此,该指南建议对突发性聋患者进行 MRI 检查^[5]。研究显示,MRI 检查在成人突发性聋患者中发现异常的比例为 7.0%~13.5%^[6-10],而在儿童患者中检出异常的比例更高,达到了 25.2%~45.4%^[11]。高检出率进一步证实了 MRI 在突发性聋的诊断和治疗中的重要地位。目前,学者们通过对突发性聋患者的 MRI 图像中是否有占位、信号异常、神经纤维完整性、内耳血管走行等方面进行研究,取得了一定的进展和突破,尽管在实际治疗中,仍有漏诊及误诊现象^[12]。本文主要对现阶段突发性聋患者进行 MRI 检查的研究进展及意义进行综述。

1 排除相关蜗后病变

蜗后病变通常是指听神经或听觉中枢通道上的病变,由于听觉中枢通道很靠近大脑,因此,蜗后病变是一种可导致感音神经性耳聋并能危及生命的疾病。基于此因素,当患者因突发性聋就诊时,首先需要做的便是排除蜗后病变导致的突发听力下降。蜗后病变主要包括桥小脑角区的肿瘤压迫听神经以及后颅窝梗死,其中,最常见的肿瘤为听神经瘤。有文献报道,内听道 MRI 检查在诊断可能导致意外听力损失的上述疾病方面优于 CT 检查,这些疾病及时发现和有针对性地治疗至关重要^[11]。

听神经瘤是最常见的压迫听神经导致突发性听力下降的肿瘤,Fujita 等^[13]对 499 例突发性聋患者进行 MRI 检查的研究显示,共有 15 例患者在 MRI 检查中发现与听力下降同侧的桥小脑角部位的听神经瘤,即表现为突发性耳聋的患者约有 3% 归因于听神经瘤。听神经瘤除了导致听力下降以外,巨大的听神经瘤可能压迫脑干而威胁生命。内听道 MRI 被认为是听神经瘤检测的首选检查和诊断的金标准^[13],听神经瘤在 MRI 检查的特征表现为听神经增粗、内听道扩大,肿瘤在 T₁WI 上呈低信号或等信号,在 T₂WI 上呈高信号。除关注听神经瘤本身的信号特征以外,其伴发的迷路信号的变化也应受到关注。研究显示,听神经瘤患者 T₁WI、增强 T₁WI、T₂WI 及增强延迟 3D-T2 FLAIR 显示患侧耳蜗信号相对健侧为高信号,而水成像显示患侧耳蜗

相对健侧为低信号,而外周静脉注射对比剂延迟增强 3D-T2 FLAIR 是显示听神经瘤患者迷路信号变化的最佳序列^[14]。此外,亦有罕见案例报道蛛网膜下腔囊肿及髓母细胞瘤等压迫听神经造成突发性聋,因其发生率极低,本文不再详述。通过内听道 MRI 检查,也将有助于及时发现此类疾病,并根据不同成像序列的信号特点进一步鉴别肿物的性质,及时纠正后续的治疗方案。

后颅窝由岩骨、枕骨及小脑幕包绕而成,主要容纳小脑、脑干、第四脑室、桥小脑角池,内耳的供血动脉与此区域关系密切。一方面,在内耳结构上,供应内耳组织的血管为终端血管,无侧支循环;另一方面,毛细胞耗氧量很大,甚至超过大脑皮质和视网膜,其对缺氧及其敏感,容易造成损伤。因此,当后颅窝发生梗死时,毛细胞由于遭受缺血缺氧发生损伤,从而引起耳鸣、听力下降等症状^[15]。MRI 检查是判断后颅窝梗死的重要检查手段。由于突发性聋症状易发生于梗死急性期,弥散加权成像(DWI 序列)可以在梗死发生 10~60 min 内便可非常早期的发现梗死,表现为高信号。而脑梗发生 24 h 以上,CT 才可显示低密度灶和水肿灶。因此,MRI 检查对于早期检出后颅窝梗死,明确突发性聋病因有着十分重要的作用。

蜗后病变是导致听力下降的重要原因之一,除听力下降以外还可并发其他严重后果,因此,突发性聋患者应尽早进行内听道 MRI 检查^[5,13],及时排除蜗后病变,避免因延误治疗引起病情加重的风险。

2 内耳出血与迷路炎症

血管病变如出血,可导致内耳供血不足,引起组织水肿、缺氧,引起突发性聋;而迷路炎是一种内耳感染性疾病,可能与病毒感染、细菌感染等原因有关,可能会导致内耳组织及细胞损伤,从而影响听力。3D-T2Flair 序列是 MRI 检查序列中的一种,该序列可用于确定脑脊液中的高铁血红蛋白,以及重新显示升高的蛋白质和细胞浓度^[16]。在该序列中,迷路中的高信号强度可能反映了内耳中存在血液和蛋白质。因此,3D-T2Flair 序列可以显示可能导致听力下降的迷路内出血及迷路炎。

饶良俊等^[17]的研究中发现,对于内耳出血造成突发性聋的患者,内听道 MRI 尤其是 3D-T2Flair 序列检查可以敏感地发现内耳的信号异常。Berrettini 等^[18]根据 MRI 检查中 T₁WI 有无高信号区分出血和炎症,出血时,T₁WI 与 Flair 均显示高信号,而炎症时 T₁WI 无明显高信号。另外,行内听道增强

MRI 检查,有助于进一步判断内耳出血的原因。如发现有明显的强化,则需要考虑有肿瘤或者血管畸形存在;如未发现强化,则原因可能是高血压或动脉粥样硬化引起的出血。目前暂无正常人或突发性聋患者健侧在 3D-T2Flair 序列中检测出高信号的报告,因而可以认为在该序列中发现高信号是一种异常表现^[17]。由此可见,3D-T2Flair 序列在诊断由内耳出血及迷路炎导致的突发性聋中扮演着重要的角色。

除判断病因之外,3D-T2Flair 序列中的异常与突发性聋预后之间的关系也受到越来越多的关注。研究发现,在该序列中出现迷路内信号异常的突发性聋患者,其听力恢复预后往往较差。Gao 等^[19]的一项 meta 分析显示,与 3D-T2Flair 序列中未见高信号的患者相比,高信号患者的听力恢复几率低得多。迷路内出血的患者无论是否接受治疗,都与听力恶化有关^[16]。上述研究表明,内听道 MRI 检查显示出的迷路病变应被视为突发性聋的重要预后因素。若一个突发性聋患者的 MRI 检查 3D-T2Flair 序列中发现了迷路内信号异常,往往提示其预后可能较差,在传统的药物保守治疗效果不佳时,应尽早日行鼓室内注药等挽救治疗,以免延误最佳治疗时机。

随着医学影像学技术的不断进步,通过 MRI 检查中的 3D-T2Flair 序列,除了可以判断患者可能出现内耳出血或迷路炎之外,还可以有效地预测患者预后,以便及时地指导治疗。内耳出血及迷路炎的患者,在 3D-T2Flair 序列中均表现为内耳异常高信号,而根据 T1WI 中是否有异常高信号,可进一步区分内耳出血或迷路炎。在预后的提示方面,3D-T2Flair 序列上显示异常高信号的患者往往提示预后不良^[19],需要及时挽救治疗,以期获得最大恢复听力的概率。关于如何利用影像学检查增加内耳出血及迷路炎的检出率,以及指导分型和治疗,尤其是在两者的预后差异方面,仍需要今后进一步研究。

3 中枢听觉通路和神经纤维完整性

随着医学影像学的日益发展,越来越多的学者们开始试图探寻突发性聋与中枢之间的关系,并且已经取得了较多进展。通过对中枢神经系统的影像学检查,可以发现中枢听觉通路的异常,以及通过评估神经纤维的完整性,从而进一步判断和预测突发性聋患者的病因及预后情况。目前,脑功能的 MRI 检查方法日趋成熟,以下内容主要从 DSI 序列及 DTI 序列方面介绍其在突发性聋的评估及预后分析中发挥的作用。

磁共振弥散成像技术包括弥散加权成像(diffusion weighted imaging, DWI)与弥散张量成像(diffusion tensor imaging, DTI)。其中 DWI 能够反映组织和病变内水分子弥散运动及受限程度,是无创检测水分子弥散运动的唯一方法;而 DTI 则能反映水分子弥散运动的各向异性,进而可以进行脑白质纤维束成像。DSI 即弥散谱成像,它是一种特殊的弥散成像,与 DTI 均能精准辨别出中枢神经系统复杂的纤维走形。广义各向异性分数是 DTI、DSI 的主要参数,其反映组织内水分子弥散方向的差异性,可以精确地反映轴突或者髓鞘的完整性^[20]。因此,广义各向异性分数降低提示白质出现了损伤。

在判断突发性聋的病因方面,Tarabichi 等^[21]在研究中发现,DTI 可以检测到感音神经性听力损失患者的白质变化。Zhang 等^[22]在研究中发现,与健康对照组相比,突发性聋患者双侧内囊后肢的广义各向异性分数显著降低。Shang 等^[23]通过研究发现,单侧耳聋患者的内囊前肢和后肢、颞中回和颞侧前冠状动脉的 DTI 参数均降低,他们认为“轴突髓鞘化”是导致中枢结构变化进而导致 DTI 参数降低的主要机制。上述研究表明,突发性聋患者可能出现神经纤维完整性较低,神经冲动的传递较差的情况。在实际的临床工作中,对 MRI 检查中该方面的判断往往容易被忽略。

通过 DSI 或 DTI 序列的检查,可以检测单侧突发性聋患者中枢听觉通路上的白质微结构异常,对判断疾病的预后亦有积极作用。通过研究发现,患侧内侧膝状体中的广义各向异性分数有助于预测康复结果^[22]。在突发性聋患者经治疗得到改善组中,同一位患者的患侧内侧膝状体广义各向异性分数显著高于健侧,而在非改善组中,每位患者的健侧和患侧之间该参数没有明显差异。这些数据表明,预后良好的患者其患侧的神经纤维完整性较好。Langers 等^[24]也通过研究进一步证实,患侧纤维完整性越好,有利于神经冲动的传递,可改善预后。

突发性聋的发病和预后与神经纤维完整性有着密切联系,DTI 或 DSI 序列检查既可以检测出单侧突发性聋患者中枢听觉通路白质微结构的异常^[22],还可以通过该检查判断健侧与患侧内侧膝状体之间广义各向异性分数的差异,评估神经纤维的完整性,来进一步预测突发性聋疾病的预后,并指导治疗方式的选择。因此,该检查应当受到临床医生的重视。若某一位患者,其患侧的内侧膝状体广义各向异性分数显著高于健侧,则说明该患者神经纤维的完整性较好,提示该患者可能有较好的预后。

4 小脑前下动脉分支模式

内耳血供主要是内听动脉,又称为迷路动脉,解剖发现,90%左右的迷路动脉都发自小脑前下动脉^[25]。如上文所述,内耳的供血为终端动脉,加之毛细胞耗氧量很大,当内听道血供受到影响时,极有可能因内听道缺血缺氧导致突发性聋的发生。因此,小脑前下动脉的供血情况与突发性聋的发生和预后之间有着密切的联系。

内听道 MRI 检查中的 3D-FIESTA 序列,可清晰的显示出小脑前下动脉的走行,这为进一步研究小脑前下动脉和突发性聋两者之间的联系提供了重要保障。

Kazawa 等^[26]在研究中,通过对突发性聋患者和健康人进行内听道核磁的检查,收集了小脑前下动脉的走行,并根据小脑前下动脉是否形成血管环及是否进入内听道分为 4 种类型。分别为:IA 型—没有血管环,不进入内听道;IB 型—没有血管环,进入内听道;IIA 型,有血管环,但不进入内听道;IIB 型—有血管环,且进入内听道。

Ezerarslan 等^[27]则在此分型基础上,分别对 38 例健康人的双侧和 68 例突发性聋患者的患侧小脑前下动脉分支模式在各型中的占比进行了对比,发现在突聋组中小脑前下动脉为 IIB 型(有血管环且进入内听道)分支模式的占比远高于健康组。该研究认为,该分支模式由于存在血管环及进入内听道,会导致血液淤堵,以及增加形成血栓的风险,从而导致流经耳蜗的血流减少,引起突发性聋的症状。同时,该分支模式的突发性聋患者经保守治疗效果不佳的人数占比 75%,而非该分支模式的突发性聋患者中,仅有 47%的人对治疗无反应,说明小脑前下动脉为 IIB 型分支模式的突发性聋患者与保守治疗预后不良显著相关。

在通过内听道 MRI 对小脑前下动脉的分支模式进行评估时,若发现患者的小脑前下动脉分支模式为 IIB 型(有血管环且进入内听道),则该患者经保守治疗预后可能不良,提示在临床诊疗工作时应尽早果断的选择其他方式,如尽早鼓室内注射挽救治疗或高压氧治疗方案。但目前尚无 IIB 型分支模式的突发性聋患者经鼓室内注射治疗预后的相关研究。

目前仅有少数文献报道小脑前下动脉与突发性聋的发生与预后之间的相关性,样本量小,难以得到临床推广和验证。考虑到不同种族的人群血管的解剖结构和走行可能存在较大的差异,目前国内暂无

小脑前下动脉关于该分型的研究和报道,因此,该方向可以作为今后的研究重点,进一步阐述小脑前下动脉的分支模式与突发性聋的发生和预后之间的关系。另外,目前临床研究的热点和难点,是如何能够清晰显示迷路动脉管腔和管壁,从而探寻是否为微血栓堵塞引起突发性聋,有待更多的学者研究以及影像学的进一步发展。

5 总结

随着医学影像学技术的日益进步,内听道 MRI 检查在突发性聋患者诊断和治疗过程中起到越来越重要的作用,已经成为突发性聋患者必不可少的检查项目之一。临床医生对突发性聋的病人进行内听道 MRI 检查,不再仅仅是尽可能地寻找导致该疾病发生的原因,而是更希望于通过影像学的检查,来提前判断患者的预后情况。基于以上所述目前的进展,在对突发性聋患者进行内听道 MRI 检查时,可包含 3D-FIESTA 序列、DTI 或 DSI 序列以及 3D-T2Flair 序列,以便增加突发性聋病因的检出率,指导临床医生对突发性聋患者及时地选择更加合适的治疗方式,从而提高该疾病治疗的有效率。

同时,鉴于突发性聋的发病原因和机制较为复杂,现阶段其检出率与治疗有效率均较低,漏诊和误诊的现象仍较为常见,且目前的相关研究仍处于比较局限的阶段,因此,可能致使患者错过最佳的治疗方式及治疗时间窗^[12]。如何通过内听道 MRI 检查更加准确判断内耳出血与迷路炎、如何判断内耳血管的走行与突发性聋之间的关系、判断有无血栓的形成,能否通过内听道 MRI 检查判断突聋预后等相关问题,仍需要今后学者们进行更多的探索。同时,能否通过内听道 MRI 检查的其他序列寻找对判断突发性聋病因和预后有帮助的因素,如能够清晰显影迷路血管内有无血栓形成,判断是否因血栓而引起突发性聋等,仍需进一步深入研究。

参考文献:

- [1] 中华耳鼻咽喉头颈外科杂志编辑委员会,中华医学会耳鼻咽喉头颈外科学分会. 突发性聋诊断和治疗指南(2015)[J]. 中华耳鼻咽喉头颈外科杂志, 2015, 50(6): 443-447. doi:10.3760/cma.j.issn.1673-0860.2015.06.002
- [2] Chandrasekhar SS, Tsai Do BS, Schwartz SR, et al. Clinical practice guideline: sudden hearing loss (update)[J]. Otolaryngol Head Neck Surg, 2019, 161(1_suppl): S1-S45. doi:10.1177/0194599819859885
- [3] Ceylan A, Celenk F, Kemaloğlu YK, et al. Impact of prognostic factors on recovery from sudden hearing loss

- [J]. *J Laryngol Otol*, 2007, 121(11): 1035-1040. doi: 10.1017/S0022215107005683
- [4] Moon IS, Kim J, Lee SY, et al. How long should the sudden hearing loss patients be followed after early steroid combination therapy? [J]. *Eur Arch Otorhinolaryngol*, 2009, 266(9): 1391-1395. doi:10.1007/s00405-009-0932-9
- [5] Chandrasekhar SS, Tsai Do BS, Schwartz SR, et al. Clinical practice guideline: sudden hearing loss (update) executive summary[J]. *Otolaryngol Head Neck Surg*, 2019, 161(2): 195-210. doi:10.1177/0194599819859883
- [6] Aarnisalo AA, Suoranta H, Ylikoski J. Magnetic resonance imaging findings in the auditory pathway of patients with sudden deafness[J]. *Otol Neurotol*, 2004, 25(3): 245-249. doi:10.1097/00129492-200405000-00008
- [7] Nosrati-Zarenoe R, Hansson M, Hultcrantz E. Assessment of diagnostic approaches to idiopathic sudden sensorineural hearing loss and their influence on treatment and outcome [J]. *Acta Otolaryngol*, 2010, 130(3): 384-391. doi:10.1080/00016480903161541
- [8] Fitzgerald DC, Mark AS. Sudden hearing loss: frequency of abnormal findings on contrast-enhanced MR studies [J]. *AJNR Am J Neuroradiol*, 1998, 19(8): 1433-1436.
- [9] Schick B, Brors D, Koch O, et al. Magnetic resonance imaging in patients with sudden hearing loss, tinnitus and vertigo[J]. *Otol Neurotol*, 2001, 22(6): 808-812. doi: 10.1097/00129492-200111000-00016
- [10] Cadoni G, Cianfoni A, Agostino S, et al. Magnetic resonance imaging findings in sudden sensorineural hearing loss[J]. *J Otolaryngol*, 2006, 35(5): 310-316. doi:10.2310/7070.2006.0066
- [11] Wood JW, Shaffer AD, Kitsko D, et al. Sudden sensorineural hearing loss in children-management and outcomes: a meta-analysis [J]. *Laryngoscope*, 2021, 131(2): 425-434. doi:10.1002/lary.28829
- [12] 王紫仪, 林毅, 杨本涛. 迷路炎致单侧突发性聋患者 MRI 多序列分析 [J]. *临床放射学杂志*, 2022, 41(12): 2176-2179. doi:10.13437/j.cnki.jcr.2022.12.007
- WANG Ziyi, LIN Yi, YANG Bentao. Multi-sequence analysis of MRI in patients with unilateral sudden deafness caused by labyrinthitis[J]. *Journal of Clinical Radiology*, 2022, 41(12): 2176-2179. doi:10.13437/j.cnki.jcr.2022.12.007
- [13] Fujita T, Saito K, Kashiwagi N, et al. The prevalence of vestibular schwannoma among patients treated as sudden sensorineural hearing loss [J]. *Auris Nasus Larynx*, 2019, 46(1): 78-82. doi:10.1016/j.anl.2018.06.008
- [14] 姜雨薇, 王宇辰, 王杰, 等. 多参数磁共振显示听神经瘤患者迷路信号改变的对比分析 [J]. *中国耳鼻咽喉头颈外科*, 2022, 29(11): 708-712. doi: 10.16066/j.1672-7002.2022.11.007
- JIANG Yuwei, WANG Yuchen, WANG Jie, et al. Comparative analysis of signal intensity changes of labyrinth in patients with acoustic neuroma by multiparameter magnetic resonance imaging [J]. *Chinese Archives of Otolaryngology-Head and Neck Surgery*, 2022, 29(11): 708-712. doi:10.16066/j.1672-7002.2022.11.007
- [15] Lammers MJW, Young E, Fenton D, et al. The prognostic value and pathophysiologic significance of three-dimensional fluid-attenuated inversion recovery (3D-FLAIR) magnetic resonance imaging in idiopathic sudden sensorineural hearing loss: a systematic review and meta-analysis [J]. *Clin Otolaryngol*, 2019, 44(6): 1017-1025. doi:10.1111/coa.13432
- [16] 饶良俊, 杨智云, 洪桂洵, 等. 特发性突发性耳聋内耳 3D-FLAIR 信号异常与临床 [J]. *临床放射学杂志*, 2014, 33(8): 1153-1156. doi:10.13437/j.cnki.jcr.2014.08.009
- RAO Liangjun, YANG Zhiyun, HONG Guixun, et al. Idiopathic sudden deafness: abnormal inner ear high signal on 3D-FLAIR imaging and its clinical features [J]. *Journal of Clinical Radiology*, 2014, 33(8): 1153-1156. doi:10.13437/j.cnki.jcr.2014.08.009
- [17] 陈怀军, 孙福忠, 陆海卫. 突发性耳聋几种治疗方法的疗效比较 [J]. *社区医学杂志*, 2005, 3(3): 8-9. doi:10.3969/j.issn.1672-4208.2005.03.006
- CHEN Huaijun, SUN Fuzhong, LU Haiwei. Comparison of therapeutic effects of several treatment methods for sudden deafness [J]. *Journal of Community Medicine*, 2005, 3(3): 8-9. doi:10.3969/j.issn.1672-4208.2005.03.006
- [18] Berrettini S, Seccia V, Fortunato S, et al. Analysis of the 3-dimensional fluid-attenuated inversion-recovery (3D-FLAIR) sequence in idiopathic sudden sensorineural hearing loss [J]. *JAMA Otolaryngol Head Neck Surg*, 2013, 139(5): 456-464. doi:10.1001/jamaoto.2013.2659
- [19] Gao Z, Chi FL. The clinical value of three-dimensional fluid-attenuated inversion recovery magnetic resonance imaging in patients with idiopathic sudden sensorineural hearing loss: a meta-analysis [J]. *Otol Neurotol*, 2014, 35(10): 1730-1735. doi:10.1097/MAO.0000000000000611
- [20] 毛椿平, 毛家骥, 张翔, 等. 磁共振弥散频谱成像机遇和挑战: 中国十年来发展成果及展望 [J]. *磁共振成像*, 2022, 13(10): 37-45. doi: 10.12015/issn.1674-8034.2022.10.005
- MAO Chunping, MAO Jiaji, ZHANG Xiang, et al. Opportunities and challenges of diffusion spectrum magnetic resonance imaging: achievements and prospects over the past decade in China [J]. *Chinese Journal of Magnetic Resonance Imaging*, 2022, 13(10): 37-45. doi:10.12015/issn.1674-8034.2022.10.005