

内耳钆造影技术在疾病诊疗中的研究进展

路健¹, 张文^{2*}, 张瑾², 杨启梅², 马锦瑞²

¹西安医学院研究生处, 陕西 西安

²陕西省人民医院耳鼻咽喉头颈外科, 陕西 西安

收稿日期: 2026年4月13日; 录用日期: 2026年5月7日; 发布日期: 2026年5月14日

摘要

内耳钆造影技术是通过静脉或鼓室途径注入钆对比剂, 利用高分辨率磁共振成像(MRI)实现内耳淋巴液可视化的一种影像学方法, 近年来在内耳相关疾病的诊疗中取得显著进展。该技术可有效区分内耳迷路中的外淋巴液与内淋巴液, 为梅尼埃病、突发性耳聋、迟发性膜迷路积水及免疫性耳病等疾病的病理生理机制研究提供了关键依据。在梅尼埃病中, 钆造影可量化内淋巴积水(EH)的程度、部位及动态变化, 显著提高了该病的早期诊断率与分期准确性。此外, 基于三维真实重建反转恢复(3D-real IR)或三维液体衰减反转恢复(3D-FLAIR)序列的成像方案, 结合半定量或自动化图像分析系统, 进一步提升了内耳结构显像的可靠性与可重复性。近年来, 该技术亦逐步应用于手术前评估、疗效监测及个体化治疗策略制定, 展现出良好的临床前景。然而, 其标准化操作流程、图像判读统一标准及长期预后关联性研究仍有待进一步深化。

关键词

内耳钆造影, 磁共振成像, 内淋巴积水, 梅尼埃病

Research Progress on Gadolinium-Enhanced Inner Ear MRI in Disease Diagnosis and Treatment

Jian Lu¹, Wen Zhang^{2*}, Jin Zhang², Qimei Yang², Jinrui Ma²

¹Postgraduate Office, Xi'an Medical University, Xi'an Shaanxi

²Department of Otolaryngology Head and Neck Surgery, Shaanxi Provincial People's Hospital, Xi'an Shaanxi

Received: April 13, 2026; accepted: May 7, 2026; published: May 14, 2026

Abstract

The gadolinium-enhanced inner ear MRI, which entails the administration of gadolinium-based

*通讯作者。

文章引用: 路健, 张文, 张瑾, 杨启梅, 马锦瑞. 内耳钆造影技术在疾病诊疗中的研究进展[J]. 临床医学进展, 2026, 16(5): 1001-1007. DOI: 10.12677/acm.2026.1651896

contrast agents either intravenously or via the tympanic cavity, leverages high-resolution magnetic resonance imaging (MRI) to enable the visualization of inner ear lymphatic fluids. In recent years, this imaging modality has witnessed substantial advancements in the diagnosis and management of inner ear-related disorders. Notably, it facilitates the precise differentiation between perilymph and endolymph within the inner ear labyrinth, thereby furnishing critical insights into the pathophysiological mechanisms underlying conditions such as Meniere's disease, sudden sensorineural hearing loss, delayed endolymphatic hydrops, and immune-mediated otological diseases. In the context of Meniere's disease, gadolinium contrast allows for the quantification of the extent, localization, and dynamic evolution of endolymphatic hydrops (EH), markedly enhancing the early diagnostic rate and staging accuracy of the disease. Furthermore, the integration of three-dimensional real inversion recovery (3D-real IR) or three-dimensional fluid-attenuated inversion recovery (3D-FLAIR) sequences with semi-quantitative or automated image analysis systems has further improved the reliability and reproducibility of inner ear structural imaging. In recent years, this technique has also been increasingly applied in preoperative evaluation, therapeutic efficacy monitoring, and the formulation of individualized treatment strategies, showcasing promising clinical potential. Nevertheless, areas such as standardized operating protocols, unified image interpretation criteria, and studies exploring correlations with long-term prognosis remain to be further refined and validated.

Keywords

Gadolinium-Enhanced Inner Ear MRI, Magnetic Resonance Imaging, Endolymphatic Hydrops, Meniere's Disease

Copyright © 2026 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

随着影像技术的发展,内耳钆造影技术被普遍用于检测内淋巴积水,评估内淋巴积水的程度以及具体部位,临床常用诊断的疾病是梅尼埃病,为梅尼埃病的诊治提供更为直观、准确的依据,以期预防和减轻梅尼埃病患者的眩晕发作以及听力损失,提高患者的生活质量。

2. 内淋巴积水发病机制

2.1. 解剖结构

内耳又称迷路,位于颞骨岩部,分为骨迷路和膜迷路,结构复杂精细,主要参与人体的听觉和平衡觉。骨迷路由致密管状骨质结构组成,包括骨耳蜗、骨半规管和前庭三部分,前庭内容纳椭圆囊和球囊;膜迷路是膜性管,由椭圆囊和球囊、膜半规管以及膜蜗管组成,与骨迷路形态大致相同,其内充满内淋巴液,骨迷路与膜迷路之间的间隙分布有外淋巴液,二者并不相通。

2.2. 膜迷路积水产生机制

1938年, Hallpike 和 Cairns [1]首次报道该病的主要组织学特征为膜迷路积水, Zou 等[2]首次通过动物模型实验,成功观察到膜迷路积水的 MRI 特征性表现。其病因尚未明确,有很多学者及专家着力于研究该病的病因及发病机制,有学者认为,内耳血-迷路功能障碍[3]可能是导致内淋巴积水的原因,研究者对于内淋巴积水的形成提出了以下学说:内淋巴过多与吸收障碍学说[3]、免疫变态反应学说[4]以及内

耳血液循环障碍学说[5]等。

3. 内耳钆造影 MRI 技术

3.1. 原理

MRI 技术是一种没有电离辐射的无创性成像技术, 具有高分辨率, 在显示生理和解剖细节方面有突出表现, 随着内耳钆造影技术的广泛应用, 内耳精细且复杂的结构也能更为直观地呈现出来。钆剂进入人体组织有两种方式, 通过圆窗或卵圆窗渗入外淋巴腔, 或直接经血液循环从外周进入内耳。提升对比度的内耳钆造影 MRI 成像中, 有两种序列最为常用, 一种是三维液体衰减反转恢复序列(three-dimensional fluid attenuated inversion recovery, 3D-FLAIR), 另一种是三维真实重建反转恢复序列(three-dimensional real inversion recovery, 3D-real IR)。3D-FLAIR 的优势在于它对钆造影剂的敏感性较高, 即使是较低浓度的钆剂, 也能较好显影, 且具有薄层扫描、分辨力高等特点。3D-FLAIR 序列成像中, 含有钆造影剂的外淋巴液表现为高信号, 而封闭的内淋巴液呈现低信号, 以此能够直观地区分内淋巴液和外淋巴液, 但周围骨质与内淋巴液均为低信号而难以区分, 其原理是 3D-FLAIR 序列反映的是组织正负信号值的绝对值。后者相对于前者能通过获取组织真实信号值, 从而更清楚地区分内淋巴液(低信号)及其周围骨质(等信号), 但对于钆造影剂的敏感度低于 3D-FLAIR。赵梦龙等[6]将两种扫描序列进行对比, 认为 3D-real IR 序列能更好地显示轻度的耳蜗积水, 其图像质量也更优于 3D-FLAIR 序列。Wang 等[7]研究者在动物模型实验中发现通过将 3D-real IR 序列中内外淋巴腔及周围骨质的分辨率和对比度提高后, 图像的质量也得以提升。但 3D-real IR 序列通常需要较长的扫描时间, 因此, 3D-FLAIR 序列的应用更为广泛。3D-real IR 序列通常作为发现轻度耳蜗内积水的补充手段。

3.2. 钆剂给药方式

目前常用的给药方式包括经鼓室给药和经静脉给药两种, 经鼓室给药是将钆剂注入鼓室, 通过圆窗、卵圆窗直接扩散至外淋巴液中。静脉给药一般将钆剂从肘正中静脉注入人体血流中, 通过血液循环进入到内耳血迷路屏障, 穿过该屏障到达外淋巴液中。三种给药方式各有其优势和不足, 静脉法简单易行, 对于大多数患者更为受用, 且等待时间只需 4 h, 明显少于鼓室法的 24 h。但因其需经过内耳血迷路屏障到达外淋巴, 药物浓度逐渐减低, 导致图像对比率降低, 只有更高剂量的钆剂才能提高内淋巴积水的显影率。同时, 钆剂通过肾脏排出, 这在一定程度上增加了肾脏负担[8], 提高了某些患者的过敏发生率。经鼓室法注入的钆剂在外淋巴液中的浓度高于静脉法, 在一定程度上提高了外淋巴液信号对比度, 使得内淋巴积水显影度提升。但有学者发现经静脉法和鼓室注射在膜迷路积水显影率中没有统计学差异[9][10], 二者在临床中的应用价值旗鼓相当。且鼓室注射属于有创操作, 鼓膜穿孔及中耳发生感染的风险相对增高。经咽鼓管法给药方式更加安全, 但由于其技术复杂, 对操作者要求较高, 同时也需要患者的高度配合和耐受能力。因此, 根据患者个体性特征选择给药方式更为可取, 患者耐受能力差且配合度较低, 适用于较为安全的无创给药方式, 该方式也同样适用于一些耳部条件差的患者。

3.3. 积水程度评估

截止目前为止, 关于内耳钆造影 MRI 成像技术评定膜迷路积水尚未达成统一的国际标准。大多数学者较为常用的有以下几种: Barnaerts 等[11]提出的目测法, 通过目测耳蜗以及前庭的内淋巴腔间隙的大小及形状来评定膜迷路积水程度。Nakashima 等[12]提出的比值法以及方明哲等[13]提出的评分法。其中以 Barnaerts 等目测法最为常用。

4. 内耳钆造影技术的诊断优势以及不足

对于膜迷路积水的诊断,临床中传统检查手段包括前庭功能检查、耳蜗电图检查以及前庭诱发肌源性电位等。2013年,Uno等[14]观察膜迷路积水患者的内耳钆造影及耳蜗电图检查,发现内耳钆造影的检出率明显大于耳蜗电图。耳蜗电图检查准确性受声刺激类型以及操作参数等因素影响,李忆楠和冯艳梅[15]认为仅仅通过 SP/AP 振幅比识别膜迷路积水,使梅尼埃病以及其他膜迷路积水内耳疾病患者的假阴性率增加。Kahn等[16]研究发现一些梅尼埃病患内耳钆造影结果现实膜迷路积水时,其 VEMP 结果通常是正常的,表明两者的一致性不高,因此说明 VEMP 检查不能代替 MRI 检查。甘油试验可检出内淋巴积水,但该实验阴性不能排除积水。冷热试验主要反应半规管功能,但半规管相较于其他部位较少出现积水,其结果无法检出前庭及耳蜗积水情况,对于膜迷路积水的诊断意义不大。

内耳钆造影存在一定的局限性,对影像工作者的工作经验要求较高,其结果受内耳解剖结构以及对临界图像的判读、药物吸收与扩散效能、气房伪影等多种因素影响。首先,解剖结构显示存在盲区:由于球囊壁较薄且紧贴镫骨底板,其在常规分辨率下常显示不清,易导致假阴性结果;而半规管壶腹嵴因细微结构复杂,同样存在显示困难。其次,钆剂动态弥散与药代动力学差异:经鼓室注射的钆剂进入内耳淋巴液的速度与浓度存在显著的个体差异性(如卵圆窗膜通透性差异),若时间窗把控不当,极易因过度强化或强化不足导致判读失误。第三特有伪影识别困难:除常规磁共振伪影外,内耳区域易受脑脊液搏动伪影及邻近气房磁化率伪影的干扰,这类伪影与膜迷路积水在影像上难以鉴别。因此尽管其诊断价值优于耳蜗电图[17]、甘油试验、VEMP [18]以及冷热试验,但临床应用中必须正视上述技术的局限性。

5. 内耳 MRI 钆造影技术的临床应用

近年来,随着人们对梅尼埃病的重视以及影像学技术的发展,内耳钆造影技术几乎成为检查膜迷路积水的首选影像学检查。内耳钆造影检查用于发现多种存在膜迷路积水的内耳疾病,包括梅尼埃病、低频性突发性聋、迟发性膜迷路积水、耳硬化症等。越来越多的学者致力于研究内耳钆造影技术,为日后诊断内淋巴积水提供了可靠的依据,在治疗上也有一定的应用价值。

5.1. 梅尼埃病

梅尼埃病是由 Prosper Meniere 于 1861 年首次提出的一种内耳疾病,其病因及发病机制尚不明确,主要表现为反复性眩晕发作,伴有恶心、呕吐,通常持续 20 分钟至数小时,并伴随出现波动性低频听力下降、耳鸣和耳闷胀感。反复发作的眩晕、波动性的听力下降严重地影响了患者的生活质量和心理健康。目前对于梅尼埃病的诊断主要依靠临床症状,辅助检查仅作为帮助医师判断的手段,如听力测试、前庭功能检查,不能直观证实内淋巴积水的存在。越来越多的研究证实,内耳钆造影技术不仅可以直接观察内耳积水情况,同时对积水程度进行量化。Zhang 等[19]发现 MD 患者听力损失程度与膜迷路积水程度存在相关性,即随着积水加重,听力损伤程度逐渐加重,提出用膜迷路积水程度预测听力下降程度[20]。应用内耳钆造影有利于 MD 患者的早期诊断,而 MD 的早期诊断和治疗可以改善 MD 患者的预后,减轻 MD 患者发作时的症状或减少 MD 患者的发作次数。

5.2. 迟发性膜迷路积水

Kamei [21]报道了一种数年前单侧出现的极重度感音神经性聋,间隔几年后突然出现眩晕发作为特点的临床病症。随后,有学者也发现类似病症。1978年, Schuknech 等[22]总结并归纳该病症,命名为迟发性膜迷路积水(delayed endolymphatic hydrops, DEH), Chen 等[23]研究发现, MD 与迟发性膜迷路积水极大可能是一种疾病的不同临床症状。同时根据其损伤部位分为同侧、对侧和双侧型。同侧型 DEH 指患者

早年间出现单侧的极重度感音神经聋, 间隔多年后出现眩晕发作, 常伴有与 MD 特征相似的耳闷、耳鸣、恶心、呕吐, 其对侧听力及前庭功能多正常; 对侧型患者早期患耳极重度聋, 后期对侧耳逐渐出现波动性听力下降, 可伴有眩晕发作; 双侧型是指患者早期出现的双耳听力下降, 间隔几年后发现膜迷路积水。迟发性膜迷路积水与 MD 有不可分割的紧密关系, 临床表现随耳部病变发展可出现与 MD 类似的四联征, 病情发展后期与 MD 难以鉴别。以往对于 DEH 的诊断主要依据临床病史及听力检查, 但 VEMP、耳蜗电图、冷热试验、甘油试验不能直接观察到积水情况。Fukushima 等[24]对 DEH 患者行内耳钆造影检查, 呈现与 MD 相似的膜迷路积水图像, 同时也能对前庭及半规管积水程度进行评估, 进一步发现 DEH 同侧或对侧型均存在双耳的内淋巴积水。内耳钆造影技术有助于早期诊断迟发性膜迷路积水, 显示积水程度、部位及侧别, 进一步进行诊断和分型, 早期干预治疗有利于患者恢复听力。

5.3. 低频型突发性聋

突发性耳聋是指 72 小时内突然发生的、未知原因的感音神经性听力下降, 需在相邻两个频率下降超过 20 dB [25]。多数患者伴有耳鸣, 部分患者可伴发眩晕、恶心、呕吐等症状, 常见于单侧发病, 少数患者也可出现双耳同时听力下降或先后听力损失。低频型突发性聋, 听力损失频率以低频为主, 临床主要表现为耳闷、耳鸣以及回声感, 眩晕较为少见。关于低频型突发性聋的发病机制, 目前暂不明确, 可能与膜迷路积水、免疫反应及自主神经功能障碍相关。Nageris 等[26]研究发现, 低频型感音神经性耳聋可能是内淋巴积水发生于耳蜗顶转, 导致基底膜移向鼓阶。Shimono 等[27]通过对低频型突发性聋患者进行内耳钆造影检查, 患侧耳蜗存在内淋巴积水的患者占 92%, 前庭内存在内淋巴积水的患者占 88%。内耳钆造影技术对于突发性耳聋早期发现低频型突发性聋患者的内淋巴积水有重要意义, 引导患者积极治疗从而避免发展为 MD。

6. 总结与展望

随着影像技术的发展, 内耳钆造影不仅为 MD 膜迷路积水提供直观证据, 同时也为其他疾病的诊断及相关疾病的鉴别提供可靠的依据。随着对内耳钆造影技术更深入的研究, 临床工作者们对内耳疾病的发病机制、诊断和治疗的认知也更加全面。本文综述了内淋巴积水的形成机制、内耳钆造影技术显示内淋巴积水的原理以及发展历程, 并对该技术在临床中的应用进行了探讨。未来, 该技术除进一步用于手术前精准评估、疗效监测及个体化治疗策略制定外, 还可以从以下几个方面实现其标准化: 第一, 引入人工辅助分析: 针对当前主观判读的局限性, 应开发基于深度学习的内耳三维自动分割算法, 实现前庭与耳蜗空间的自动识别与体积量化; 同时建立自动分割与分类模型, 对膜迷路积水程度进行分级(如无、轻度、重度), 减少观察者间变异。第二, 推进标准化操作流程: 从造影剂给药方案(如注射速率)、成像参数(如三维真实重建反转恢复序列的特定参数设置)到图像后处理并规范积水定量诊断阈值(如前庭/耳蜗宽度鼻的护体阶段值)。第三, 建立长期随访关联性数据库: 开展大样本、前瞻性队列研究, 将影像上的“形态学积水”与患者术后的“听力恢复率”及“眩晕控制率”进行量化关联分析, 从而筛选出最适合内淋巴囊减压术或人工耳蜗置入的获益人群。

基金项目

陕西省人民医院, 领军人才, 2021LJ-05, 基于磁共振弥散加权成像融合高分辨 CT 技术在中耳胆脂瘤精准微创治疗中的应用研究。

参考文献

- [1] Hallpike, C.S. and Cairns, H. (1938) Observations on the Pathology of Ménière's Syndrome. *The Journal of Laryngology*

- & *Otology*, **53**, 625-655. <https://doi.org/10.1017/s0022215100003947>
- [2] Zou, J., Pyykkö, I., Sutinen, P. and Toppila, E. (2005) Vibration Induced Hearing Loss in Guinea Pig Cochlea: Expression of TNF- α and VEGF. *Hearing Research*, **202**, 13-20. <https://doi.org/10.1016/j.heares.2004.10.008>
- [3] Gibson MD, W.P.R. and Kaufman Arenberg, I. (1997) Pathophysiologic Theories in the Etiology of Meniere's Disease. *Otolaryngologic Clinics of North America*, **30**, 961-967. [https://doi.org/10.1016/s0030-6665\(20\)30139-0](https://doi.org/10.1016/s0030-6665(20)30139-0)
- [4] Yuan, V.G., Xia, A. and Santa Maria, P.L. (2025) Immunological Mechanisms in Meniere's Disease. *Frontiers in Immunology*, **16**, Article 1639916. <https://doi.org/10.3389/fimmu.2025.1639916>
- [5] Oberman, B.S., Patel, V.A., Cureoglu, S. and Isildak, H. (2017) The Aetiopathologies of Ménière's Disease: A Contemporary Review. *Acta Otorhinolaryngologica Italica*, **37**, 250-263. <https://doi.org/10.14639/0392-100x-793>
- [6] 赵梦龙, 刘壮, 沙炎, 等. 高分辨率三维真实重建反转恢复序列和三维液体衰减反转恢复序列评估内淋巴积水的对比研究[C]//中国中西医结合学会. 中国中西医结合学会眩晕病专业委员会第二次学术大会暨河南省中西医结合学会眩晕病专业委员会第三次学术大会暨眩晕高峰论坛论文汇编. 2017: 80-85.
- [7] Wang, F., Lyu, H., Zhao, M., Sha, Y., Zhang, F., Cheng, Y., *et al.* (2017) Assessment of Cochlea Endolymphatic Hydrops Using 3-D FLAIR and 3-D Real IR Sequence in Guinea Pigs via 3T MRI after Intratympanic Gadolinium: A Histopathological Comparison. *Otology & Neurotology*, **38**, 585-590. <https://doi.org/10.1097/mao.0000000000001331>
- [8] Weinreb, J.C., Rodby, R.A., Yee, J., Wang, C.L., Fine, D., McDonald, R.J., *et al.* (2021) Use of Intravenous Gadolinium-Based Contrast Media in Patients with Kidney Disease: Consensus Statements from the American College of Radiology and the National Kidney Foundation. *Radiology*, **298**, 28-35. <https://doi.org/10.1148/radiol.2020202903>
- [9] 李进叶, 孙立新, 李龙, 等. 经鼓室和静脉途径给药后内耳 3D-FLAIRMRI 观察梅尼埃病迷路变化[J]. 中国医学影像技术, 2020, 36(1): 46-49.
- [10] Li, Y., Sha, Y., Wang, F., Lu, P., Liu, X., Sheng, Y., *et al.* (2019) Comprehensive Comparison of MR Image Quality between Intratympanic and Intravenous Gadolinium Injection Using 3D Real IR Sequences. *Acta Oto-Laryngologica*, **139**, 659-664. <https://doi.org/10.1080/00016489.2019.1600719>
- [11] Bernaerts, A. and De Foer, B. (2019) Imaging of Ménière Disease. *Neuroimaging Clinics of North America*, **29**, 19-28. <https://doi.org/10.1016/j.nic.2018.09.002>
- [12] Nakashima, T., Naganawa, S., Sugiura, M., Teranishi, M., Sone, M., Hayashi, H., *et al.* (2007) Visualization of Endolymphatic Hydrops in Patients with Meniere's Disease. *The Laryngoscope*, **117**, 415-420. <https://doi.org/10.1097/mlg.0b013e31802c300c>
- [13] 方哲明, 陈曦, 刘颖, 等. 外淋巴间隙钆造影 MRI 评分及其对梅尼埃病的诊断价值[C]//中华医学会, 中华医学会放射学分会. 中华医学会第十八次全国放射学学术会议论文汇编. 福州: 福建医科大学附属第一医院, 2011: 448.
- [14] Uno, A., Horii, A., Imai, T., Osaki, Y., Kamakura, T., Kitahara, T., *et al.* (2013) Endolymphatic Hydrops Detected with Inner Ear Gd Contrast-Enhanced MRI; Comparison between Administration Routes or with ECochG or Glycerol Test. *Nippon Jibiinkoka Gakkai Kaiho*, **116**, 960-968. <https://doi.org/10.3950/jibiinkoka.116.960>
- [15] 李忆楠, 冯艳梅. 耳蜗电图在梅尼埃病诊断中的作用[J]. 听力学及言语疾病杂志, 2018, 26(6): 672-675.
- [16] Kahn, L., Hautefort, C., Guichard, J., Toupet, M., Jourdaine, C., Vitaux, H., *et al.* (2020) Relationship between Video Head Impulse Test, Ocular and Cervical Vestibular Evoked Myogenic Potentials, and Compartmental Magnetic Resonance Imaging Classification in Ménière's Disease. *The Laryngoscope*, **130**, E444-E452. <https://doi.org/10.1002/lary.28362>
- [17] Ziylan, F., Smeeing, D.P.J., Stegeman, I. and Thomeer, H.G.X.M. (2016) Click Stimulus Electrocochleography versus MRI with Intratympanic Contrast in Ménière's Disease: A Systematic Review. *Otology & Neurotology*, **37**, 421-427. <https://doi.org/10.1097/mao.0000000000001021>
- [18] Murofushi, T. (2016) Clinical Application of Vestibular Evoked Myogenic Potential (VEMP). *Auris Nasus Larynx*, **43**, 367-376. <https://doi.org/10.1016/j.anl.2015.12.006>
- [19] Zhang, W., Hui, L., Zhang, B., Ren, L., Zhu, J., Wang, F., *et al.* (2021) The Correlation between Endolymphatic Hydrops and Clinical Features of Meniere Disease. *The Laryngoscope*, **131**, E144-E150. <https://doi.org/10.1002/lary.28576>
- [20] Loureiro, R.M., Sumi, D.V., Tames, H.L.D.V.C., Soares, C.R., Salmito, M.C., Gomes, R.L.E., *et al.* (2020) Endolymphatic Hydrops Evaluation on MRI: Practical Considerations. *American Journal of Otolaryngology*, **41**, Article ID: 102361. <https://doi.org/10.1016/j.amjoto.2019.102361>
- [21] Kamei, T. (2002) Delayed Endolymphatic Hydrops as a Clinical Entity. *The International Tinnitus Journal*, **10**, 137-143.
- [22] Schuknecht, H.F., Suzuka, Y. and Zimmermann, C. (1990) Delayed Endolymphatic Hydrops and Its Relationship to Meniere's Disease. *Annals of Otology, Rhinology & Laryngology*, **99**, 843-853. <https://doi.org/10.1177/000348949009901101>
- [23] Chen, B., Luo, W., Zhao, W., Qian, X., Wang, Y., Zheng, Y., *et al.* (2021) The Transcriptome Characteristics of

-
- Vestibular Organs from Delayed Endolymphatic Hydrops Patients (Meniere's Disease). *Clinical Otolaryngology*, **46**, 823-833. <https://doi.org/10.1111/coa.13748>
- [24] Fukushima, M., Oya, R., Akazawa, H., Tsuruta, Y. and Inohara, H. (2016) Gadolinium-Enhanced Inner Ear Magnetic Resonance Imaging for Evaluation of Delayed Endolymphatic Hydrops, Including a Bilateral Case. *Acta Oto-Laryngologica*, **136**, 451-455. <https://doi.org/10.3109/00016489.2015.1129554>
- [25] 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.
- [26] Nageris, B., Adams, J.C. and Merchant, S.N. (1996) A Human Temporal Bone Study of Changes in the Basilar Membrane of the Apical Turn in Endolymphatic Hydrops. *American Journal of Otolaryngology*, **17**, 245-252.
- [27] Shimono, M., Teranishi, M., Yoshida, T., Kato, M., Sano, R., Otake, H., *et al.* (2013) Endolymphatic Hydrops Revealed by Magnetic Resonance Imaging in Patients with Acute Low-Tone Sensorineural Hearing Loss. *Otology & Neurotology*, **34**, 1241-1246. <https://doi.org/10.1097/mao.0b013e3182990e81>