

宽频声导抗测试在听力学中的临床研究进展

曹 瑞¹, 林 颖², 查定军^{2*}

¹西安医学院研究生工作部, 陕西 西安

²空军军医大学第一附属医院耳鼻咽喉头颈外科, 陕西 西安

收稿日期: 2025年9月23日; 录用日期: 2025年10月16日; 发布日期: 2025年10月24日

摘 要

宽频声导抗测试作为临床诊断的一种工具, 主要用于测量中耳的机械声学特性以及导致中耳负压或中耳炎存在的变化。采用226~8000 Hz的混合短声作为刺激信号, 以量化中耳声能反射和吸收的特性, 并通过其曲线变化检测中耳功能变化。对于正常人和中耳及内耳病变人群, 宽频声导抗测试的声能吸收率都有着不同的变化特征。与传统的声导抗相比, 宽频声导抗对中耳功能评估具有更好的敏感性。随着国内外研究的进展, 宽频声导抗具有更多的临床应用空间。

关键词

宽频声导抗, 声能吸收率, 声能反射率

Advances in Clinical Research on Broadband Acoustic Conductance Impedance Testing in Audiology

Rui Cao¹, Ying Lin², Dingjun Zha^{2*}

¹Graduate Student Affairs Office, Xi'an Medical University, Xi'an Shaanxi

²Otorhinolaryngology-Head and Neck Surgery, The First Affiliated Hospital of AFMU, Xi'an Shaanxi

Received: September 23, 2025; accepted: October 16, 2025; published: October 24, 2025

Abstract

Broadband acoustic conductance testing is used as a clinical diagnostic tool to measure the mechanical acoustic properties of the middle ear and the changes that lead to the presence of negative

*通讯作者。

文章引用: 曹瑞, 林颖, 查定军. 宽频声导抗测试在听力学中的临床研究进展[J]. 临床医学进展, 2025, 15(10): 2370-2377. DOI: 10.12677/acm.2025.15103023

middle ear pressure or otitis media. A mixture of short bursts of sound at 226~8000 Hz is used as a stimulus signal to quantify the properties of middle ear acoustic energy reflection and absorption and to detect changes in middle ear function through changes in its curve. The acoustic energy absorption rate of broadband acoustic impedance testing has different characteristics of change for both normal and middle ear and inner ear pathology populations. Compared with traditional acoustic impedance, broadband acoustic impedance has better sensitivity for middle ear function assessment. With the progress of domestic and international research, broadband acoustic impedance has more clinical applications.

Keywords

Broadband Acoustic Impedance, Acoustic Energy Absorption Rate, Acoustic Energy Reflection Rate

Copyright © 2025 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

中耳是位于颞骨中的不规则含气空腔，结构复杂，包括鼓室、咽鼓管、鼓窦及乳突四部分，由于中耳疾病的复杂性，不同疾病相互作用时，增加或减少的声顺值相互抵消，传统单频声导抗仅能反映各种影响因素下中耳的整体状态，不能单独反映个别影响因素，因此可能造成疾病的误诊。宽频声导抗(Wideband absorbance tympanometry, WBT)能够提供更详细的中耳评估，在 0 da 的模式下，就能够预测传导性听力损失的程度。其原理是使用宽频短声作为刺激信号，刺激信号经外耳道到达鼓膜，其中一部分经中耳传入内耳，称为吸收声能(Absorbance energy, AE)，另一部分被鼓膜反射回外耳道被耳机接收，称为反射声能(Reflectance energy, RE)。反射声能占总声能的比率称为声能反射率(Energy reflectance, ER)，吸收声能占总声能的比率称为声能吸收率(Energy absorbance, EA)，范围为 0~1。其中 0 表示耳机输出声能完全被鼓膜反射回外耳道，1 表示耳机输出声能完全被中耳吸收[1]。WBT 使用 Titan IMP 440 测试系统，分别在外耳道压力为峰压和 0 daPa 时测试，其刺激声频率为 226~8000 Hz，测试起始压力为+200 daPa，终止压力为-400 daPa，方向由正向负，主要的观测指标为声能吸收率和中耳共振频率。WBT 的测量在 226 Hz 和 8000 Hz 之间的频率下进行。获得了每个频率的共振频率、峰值压力和和环境压力和峰值鼓室压力下的吸光度。在测试前要确保探头通畅。不同年龄耳塞选择、不同刺激声速率、不同的压力扫描方向，都会对结果有影响。测试过程中观察 Titan 专用探头指示灯的提示，显示为“绿色”时为正常测试状态；“红色”(或“蓝色”)表示探头放置在脱落或未放置在耳内；“黄色”表示探头在耳内但有堵塞、漏气或噪声太大情况。不同结构病变会对不同频率的探测音产生影响，使记录到相应的反射声能产生差异，从而可反映外耳道与中耳内复杂病变的情况。本文主要回顾了近年来国内外宽频声导抗在听力学中的研究进展。

2. 正常人群研究现状

目前，国内外研究发现中耳功能正常的儿童和成年人都有可参考的 EA 正常值，为中耳相关疾病的诊断提供参考。

2.1. 正常新生儿与儿童

Keefe 等[1]研究发现婴儿在 6 月龄以后与成人有着越来越相似的 EA 值，然而在 1.5~6 kHz 处仍有明显区别。Aithal 等人[2]对 66 名婴儿进行了 WBT 测试，结果显示频率间的反射率变化显著，在 1~2 kHz

时, 中值反射率达到最小值, 而在其他频率均升高。孙靖等人[3]评估 0~24 月龄婴幼儿的宽频能量吸收率, 发现 0~6 月龄, 7~12 月龄和 13~24 月龄的各个频率下均有差异, WBA 曲线呈不对称 M 型。彭珊等人[4]通过对 1~5 月龄双侧中耳功能正常的婴儿宽频声导抗值特征进行分析发现每个月龄组儿童的声能吸收率均随着频率的升高而增加, 在 2000 Hz 附近达到最大, 随后频率的升高反而降低; 与耳侧别无关。各年龄组之间的 WBA 存在显著差异。

2.2. 正常成年人

Mazlan 等人[5]分析了 40 名年轻人、31 名中年人和 30 名老年人 EA 数据, 发现青年组的 EA 在 400~560 Hz 时显著低于中年组, 中年组在 2240~5040 Hz 显著低于青年组。老年人组的 EA 在 2520~5040 Hz 显著低于年轻人组。黄孟捷等人[6]通过对听力正常成年人进行宽频声导抗测试, 发现 ER 值在低频区较大, 随着频率增加 ER 值逐渐减小并在 2.5~3.0 kHz 达最小值之后随频率继续增加而增加, 8.0 kHz 后再次下降。ER 值随频率变化的规律从形态特征上分三类: 对称“W”型、不对称“W”型和“U”型。王伟星等人[7]评估 78 例成年人 ER 值, 发现 ER 值在 1095 Hz 达到峰值之后逐渐降低, 在 1848~2290 Hz 范围内, ER 值逐渐增加达到第二个峰值, 频率大于 2290 Hz 时, 随着频率的增加 EA 逐渐下降。声能吸收率在所有频率趋势下呈两峰一谷的“M”型。

3. 宽频声导抗临床应用

3.1. 中耳相关疾病临床应用

3.1.1. 分泌性中耳炎中的应用

分泌性中耳炎是儿童常见的非化脓性中耳炎, 同时慢性中耳病变和相关的传导性听力损失可能会破坏正常的言语、语言和认知发育。而且传统的 226 Hz 鼓室导抗法不能检测中耳炎后中耳力学的后遗症和细微变化。Merchant 等人[8]研究了具有不同积液水平的中耳炎儿童的 WBA, 发现随着积液量的增加, WBA 曲线趋于平坦。S Terzi 等人[9]则比较了三组儿童患者的中耳宽带声吸收率, 在 0.375~2 kHz 平均吸收率处, 渗出性中耳炎组的宽带声吸收率显著低于中耳炎组和健康组。Aithal 等人[10]将患有中耳炎儿童与健康儿童进行对比, 发现所有中耳炎组的 WBA 在 0.25-5 kHz 之间显著降低。对照组和中耳炎组在 1~4 kHz 下的 WBA 差异随气鼓导差增加而增加。赵哲劭炜等人[11]比较健康成年人与分泌性中耳炎组分别在外耳道压力为 0 da Pa 和峰压时声能吸收率, 发现无论外耳道压力为 0 da Pa 还是峰压, 分泌性中耳炎组 500 Hz 以上 EA 均低于正常组, 尤其在 600~2000 Hz 处更为显著。宽频声导抗通过分析不同频率声能吸收率的变化来诊断和鉴别分泌性中耳炎, 是一种方便快速的检查方法。

3.1.2. 耳硬化症中的应用

耳硬化症常表现为进行性听力损伤, 可伴有耳鸣, 眩晕等症状。传统声导抗对诊断缺乏特异性, Jerger 等人[12]对 60 例耳硬化患者进行传统声导抗, 发现 95% 的患者均显示为 A 型鼓室图。近年来发现宽频声导抗测试为其诊断提供了新的可能。Shahnaz 等人[13]将 28 例经手术确认为耳硬化症的患者与 62 例正常人的宽频声导抗测试结果进行比较, 发现在低于 1 kHz 的频率以下, 耳硬化症组的声能反射率显著高于正常听力组, 在这项研究中测得的声能反射率对耳硬化症的诊断率达到 82%。Nakajima 等人[14]的研究发现, 与正常人相比耳硬化症患者声能吸收率在 0.4~1 kHz 处升高。Wegner 等人[15]对 8 例尸体颞骨进行镫骨底板开窗术, 发现术前在 1 kHz 以下吸收率降低, 而高频范围的吸收率无明显变化。行开窗术后, 0.25~1 kHz 范围下吸收率较正常的增加了 6%~36%。Karuppannan 等人[16]发现耳硬化组和正常组的 WBA 水平在 2000 Hz 以下随频率的增加而增加, 2000 Hz 以上随频率的增加而降低。在 250~2000 Hz 频率范围

内,耳硬化症组的平均 WBA 显著低于健康正常耳组。由于宽频声导抗对耳硬化患者的诊断具有比单一频率探测音声导抗更好的敏感性,因此在临床上可以对这类患者进行宽频声导抗测试,从而降低诊断的假阴性率。

3.1.3. 唐氏综合症中的应用

唐氏综合征(Down's syndrome, DS)儿童的中耳疾病和先天性耳畸形的发生率较高。Kaf [17]发现 63% 的具有正常中耳状态的 DS 个体显示出与对照组不同的声能反射率模式,中耳状态正常的 DS 儿童的宽频吸收率在 5700~8000 Hz 较低。Soares 等人[18]根据儿童的鼓室图检查结果,比较 DS 患儿和健康儿童的宽频声导抗,发现鼓室导抗图异常患者的 WBA 低于鼓室导抗图正常患者,揭示了不同的能量反射率的曲线模式。Durante 等人[19]分析唐氏综合征患儿的声吸收指标,发现 DS 患儿在鼓室导抗图正常的情况下出现低能量吸收可能提示中耳畸形。宽带声导抗比鼓室压力测量法对 DS 儿童具有更实用的价值,对大量唐氏综合症儿童的进一步研究将阐明宽频声导抗在诊断唐氏综合症儿童中耳疾病方面的潜力。

此外,宽频声导抗还被应用于听骨链中断、鼓膜穿孔等[20][21]引起中耳功能障碍的研究中,发现其可以辅助临床医生进行鉴别诊断。

3.2. 宽频声导抗应用于内耳疾病的研究进展

3.2.1. 梅尼埃病

梅尼埃病(Meniere Disease, MD)是以膜迷路积水为基本病理改变,反复发作的旋转性眩晕、波动性听力下降、耳鸣和耳胀满感为临床特征的特发性内耳疾病。有关 MD 的听力和放射学检查已经开始应用于临床,其中耳蜗电图、前庭诱发肌源性电位、耳声发射、磁共振成像测试与钆已被报道有诊断的好处,但特异性不高[22][23]。Demir 等人[24]通过对 21 例单侧 MD 病患者进行宽频声导抗测试,并于对侧正常耳进行对照,发现在患侧组在 0.25~1 kHz 处的特异性 EA 值显著降低。Tanno 等人[25]通过对比正常人和 MD 患者在环境压力和峰值压力下的宽带鼓室导抗测试结果,发现在低频下有症状组和无症状组的耳朵与对照组相比发现不同的 EA 值。潘慧等人[26]分析单侧梅尼埃病患者和健康人宽频声导抗测试,MD 症状组及非症状组在峰压下 EA 峰值均显著低于对照组,单侧 MD 患者患耳的多个 EA 相关参数与正常人或健耳比较均存在差异,提示其可能与内淋巴积水导致的中耳机械功能改变有关。综上所述,可以将宽频声导抗视为诊断梅尼埃病的补充检测,但 WBT 各参数在该疾病中的临床意义仍需深入探讨。

3.2.2. 大前庭导水管综合征

大前庭导水管综合征(LVAS)是一种重要的内耳先天性异常,可导致儿童早发性感音神经性听力损失。Jiang 等人[27]发现 LVAS 组的 WBA 在中频(1259~2000 Hz)下显著低于对照组,但在高频(4000~6349 Hz)下高于对照组。张丽芳等人[28]还发现,在 LVAS 儿童中,环境压力条件下的平均 WBA 在特定频率(1000、1189、1296、2000 和 4000 Hz)下显著低于正常值。Li 等人[29]指出,与对照组相比, LVAS 组在中低频率(343~1124 Hz 及 1943~2448 Hz)下的 WBA 较高,而在高频(3886~6727 Hz)下较低。丁璐等人[30]观察到,在低频(226~1000 Hz)下, LVAS 组的 WBA 显著超过非 LVAS 组。大前庭水管综合征(LVAS)患儿中耳功能的特殊性提示 WBT 是一种敏感、无创的间接评价内耳压力的方法。

3.2.3. 内耳畸形

近几年国内外有研究将宽带声导抗应用到人工耳蜗(CI)的耳朵。同时描述 CI 耳朵随时间的变化,以此了解中耳硬度增加的反射率模式。对于探索耳蜗植入后可能发生的传导机制的各种变化是潜在有用的。然而,目前尚不清楚传导机制如何以及在多大程度上受到 CI 手术的影响。Scheperle 等人[31]通过比较人工耳蜗植入者和非人工耳蜗植入且中耳功能正常的成年人的宽频声导抗,发现人工耳蜗植入组在 250~891

Hz 和 4238~4490 Hz 范围内的个体平均反射率显著升高,这可能与中耳僵硬度增加有关。Merchant 等人[32]通过评估人工耳蜗植入耳和听力正常对照耳的宽带声导抗来研究外周机械变化,发现人工耳蜗植入组 500~1200 Hz 范围内 EA 值降低。研究表明人工耳蜗植入可导致外周机械变化,至少在某些耳朵中可能导致出现气骨间隙。Racca 等人[33]研究人工耳蜗植入后植入耳声吸收变化的时间过程,发现手术后植入耳的声吸收率在 1.5 kHz 以下降低,并持续到至少 6 个月后升高。植入耳中声吸收率降低的光谱范围随着术后时间的延长而降低。植入耳和非植入耳之间的声吸收差异发生在激活时间点的光谱范围内,并持续到激活后至少 3 个月。Saki 等人[34]纳入了 35 例颞骨解剖结构正常的单侧植入儿童,术前和术后声能吸收率比较表明植入耳的中频(1260~3175 Hz)和低频(5040~8000 Hz)吸收率显著降低。这些研究表明人工耳蜗植入会降低植入耳声吸收,但由于样本量较少,后续仍需进一步研究。

4. 影响宽频声导抗的因素

4.1. 年龄

在年龄方面,成人与婴幼儿,不同年龄段的成人之间 EA 值都存在着显著的差异。Keefe D [1]将 1 至 6 个月龄婴儿的外耳和中耳 EA 值与成人进行比较,结果提示具有显著差异。其中耳蜗的发育完成度是两者间差异的主要因素。Mazlan 等人[5]通过比较不同年龄段成年人的 EA 值,发现青年组在低频区 EA 值低于中年组,在高频区显著高于老年组。Carpenter 等人[35]报告了声能吸收率在 1007~5039 Hz 的显著年龄效应,其中年轻人显著低于老年人,他们认为激素的影响可能声能吸收率是随年龄变化的原因。Wali 等人[36]对 44 例足月健康新生儿进行一项纵向研究,在 0~6 个月中每个月均进行宽频测试,发现不同年龄组之间的 WBA 模式存在显著差异。WBA 在低频(<0.4 kHz)下随年龄增加而降低,在高频(2~5 kHz 和 8 kHz)时随年龄增加而升高。这些研究表明了建立人群年龄特异性 EA 规范的重要性。

4.2. 人种

大量研究表明不同种族之间宽频声导抗存在差异,可能与外耳,中耳甚至体型发育上的差异有关。Beers 等人[37]发现高加索人与中国人频率之间存在显著的相互作用,而且中国儿童在中频范围内的 ER 值较低。Habibi 等人[38]通过对 101 例伊朗年轻成人进行宽频声导抗测试,发现伊朗人在 1 kHz 和 2 kHz 时 EA 值最显著。在 2519 Hz 时,EA 开始下降,在 8 kHz 时,略有增加。Young-Soo 等人[39]将韩国婴儿与高加索婴儿的宽带 EA 值进行对比,WBA 值的中值除了在 1600 Hz、3150 Hz 和 4000 Hz 之外,存在显著差异。因此建立 WBA 正常值参考范围时应考虑种族特异性。

4.3. 性别

目前并没有足够的证据表明性别对宽频声导抗结果产生影响。Feeney 等人[40]发现年轻成人组的 ER 存在显著的性别效应,女性在低频至中频的 ER 较高,但在 4 kHz 时的 ER 低于男性。在老年人组中没有表现出显著的性别效应。Mazlan 等人[5]发现各年龄组间存在性别差异,男性在较低频率下的 EA 值显著高于女性,而女性在较高频率下的宽频 EA 值显著高于男性。他们认为与性别之间中耳声学机械特性的差异有关。Habibi 等人[38]发现性别与 385 Hz、500 Hz 和 2000 Hz 的 EA 水平之间存在显著相关性。但 Beers, Hunter, 郝文洋等人[37] [41] [42]的研究并没有发现性别与频率之间的显著关系。

5. 总结与展望

宽频声导抗是一种新的评估中耳甚至内耳功能的临床手段,其不同的声能吸收率曲线可以特异性地反映不同疾病的特点,特别是对于传导性听力损伤的患者。不同的年龄,人种甚至鼓室压力都会影响 EA

值,构建不同人群的 WBA 参考值愈发重要。近几年国内外有学者将 WBT 应用于内耳相关疾病和人工耳蜗植入患者的研究中,并对疾病诊断有潜在的指导意义,未来宽频声导抗有望成为简便快捷的辅助手段运用于更多的临床疾病。目前由于国内缺少大样本,多中心的 WBA 数据为临床诊断提供依据。因此,后续我们需进一步扩大样本量,建立不同年龄、不同疾病的 WBA 参考值。进一步探究性别是否会对宽频声导抗结果产生影响。同时扩大 WBT 在内耳相关性疾病中的研究,探究 WBT 是否能为疾病的诊断提供更好的诊断依据。目前国内关于宽频声导抗在人工耳蜗植入患者中的应用很少,对于宽频声导抗的研究主要集中在中耳疾病及少部分内耳疾病,且多为散在的、小样本的研究。同时先前关于耳蜗植入后声吸收变化的研究仅在单个时间点评估了声吸收,对于人工耳蜗植入后植入耳和非植入耳声吸收变化的时间过程也没有相关报道,接下来计划在这方面进行了进一步讨论分析。

参考文献

- [1] Keefe, D.H., Bulen, J.C., Arehart, K.H. and Burns, E.M. (1993) Ear-Canal Impedance and Reflection Coefficient in Human Infants and Adults. *The Journal of the Acoustical Society of America*, **94**, 2617-2638. <https://doi.org/10.1121/1.407347>
- [2] Aithal, S., Kei, J., Driscoll, C. and Khan, A. (2013) Normative Wideband Reflectance Measures in Healthy Neonates. *International Journal of Pediatric Otorhinolaryngology*, **77**, 29-35. <https://doi.org/10.1016/j.ijporl.2012.09.024>
- [3] 孙靖, 付勇, 徐彬, 等. 宽频声导抗应用于评估 0-24 月龄婴幼儿中耳功能检查的临床研究[J]. 中华耳科学杂志, 2021, 19(2): 258-264.
- [4] 彭珊, 李刚, 尹慧琳, 等. 1-5 月龄双侧中耳功能正常婴儿的宽频声导抗值初探[J]. 临床耳鼻咽喉头颈外科杂志, 2023, 37(3): 231-234.
- [5] Mazlan, R., Kei, J., Ya, C.L., Yusof, W.N.H.M., Saim, L. and Zhao, F. (2015) Age and Gender Effects on Wideband Absorbance in Adults with Normal Outer and Middle Ear Function. *Journal of Speech, Language, and Hearing Research*, **58**, 1377-1386. https://doi.org/10.1044/2015_jslhr-h-14-0199
- [6] 黄孟捷, 郑芸, 王恺. 正常成人宽频声导抗能量反射的初步研究[J]. 听力学及言语疾病杂志, 2010, 18(5): 433-436.
- [7] 王伟星, 宋红芳. 宽频声导抗在听力正常成年人中的应用[J]. 中国医疗器械信息, 2021, 27(1): 46-49.
- [8] Merchant, G.R. and Neely, S.T. (2022) Conductive Hearing Loss Estimated from Wideband Acoustic Immittance Measurements in Ears with Otitis Media with Effusion. *Ear & Hearing*, **44**, 721-731. <https://doi.org/10.1097/aud.0000000000001317>
- [9] Terzi, S., Özgür, A., Erdivanli, Ö.Ç., Coşkun, Z.Ö., Ogurlu, M., Demirci, M., et al. (2015) Diagnostic Value of the Wideband Acoustic Absorbance Test in Middle-Ear Effusion. *The Journal of Laryngology & Otology*, **129**, 1078-1084. <https://doi.org/10.1017/s0022215115002339>
- [10] Aithal, S., Aithal, V. and Kei, J. (2023) Wideband Absorbance Predicts the Severity of Conductive Hearing Loss in Children with Otitis Media with Effusion. *Ear & Hearing*, **45**, 636-647. <https://doi.org/10.1097/aud.0000000000001455>
- [11] 赵哲励炜, 林颖, 任寸寸, 等. 分泌性中耳炎患儿的宽频声导抗特征研究[J]. 听力学及言语疾病杂志, 2021, 29(6): 635-638.
- [12] Jerger, J., Anthony, L., Jerger, S. and Mauldin, L. (1974) Studies in Impedance Audiometry: III. Middle Ear Disorders. *Archives of Otolaryngology—Head and Neck Surgery*, **99**, 165-171. <https://doi.org/10.1001/archotol.1974.00780030173003>
- [13] Shahnaz, N., Bork, K., Polka, L., Longridge, N., Bell, D. and Westerberg, B.D. (2009) Energy Reflectance and Tympanometry in Normal and Otosclerotic Ears. *Ear & Hearing*, **30**, 219-233. <https://doi.org/10.1097/aud.0b013e3181976a14>
- [14] Nakajima, H.H., Pisano, D.V., Roosli, C., Hamade, M.A., Merchant, G.R., Mahfoud, L., et al. (2012) Comparison of Ear-Canal Reflectance and Umbo Velocity in Patients with Conductive Hearing Loss: A Preliminary Study. *Ear & Hearing*, **33**, 35-43. <https://doi.org/10.1097/aud.0b013e31822ccba0>
- [15] Wegner, I., Shahnaz, N., Grolman, W. and Bance, M.L. (2016) Wideband Acoustic Immittance Measurements in Assessing Crimping Status Following Stapedotomy: A Temporal Bone Study. *International Journal of Audiology*, **56**, 1-7. <https://doi.org/10.1080/14992027.2016.1214759>
- [16] Karuppannan, A. and Barman, A. (2021) Wideband Absorbance Tympanometry: A Novel Method in Identifying Otosclerosis. *European Archives of Oto-Rhino-Laryngology*, **278**, 4305-4314. <https://doi.org/10.1007/s00405-020-06571-x>

- [17] Kaf, W.A. (2011) Wideband Energy Reflectance Findings in Presence of Normal Tympanogram in Children with Down's Syndrome. *International Journal of Pediatric Otorhinolaryngology*, **75**, 219-226. <https://doi.org/10.1016/j.ijporl.2010.11.004>
- [18] Soares, J.C., Urosas, J.G., Calarga, K.S., Pichelli, T.S., Limongi, S.C.O., Shahnaz, N., *et al.* (2016) Wideband Reflectance in Down Syndrome. *International Journal of Pediatric Otorhinolaryngology*, **87**, 164-171. <https://doi.org/10.1016/j.ijporl.2016.06.022>
- [19] Durante, A.S., Santos, M., Roque, N.M.C.D.F., Gameiro, M.S., Almeida, K.D. and Sousa Neto, O.M.D. (2019) Wideband Acoustic Absorbance in Children with down Syndrome. *Brazilian Journal of Otorhinolaryngology*, **85**, 193-198. <https://doi.org/10.1016/j.bjorl.2017.12.006>
- [20] Voss, S.E., Merchant, G.R. and Horton, N.J. (2012) Effects of Middle-Ear Disorders on Power Reflectance Measured in Cadaveric Ear Canals. *Ear & Hearing*, **33**, 195-208. <https://doi.org/10.1097/aud.0b013e31823235b5>
- [21] Turanoglu, F.S., Ozdemir, O., Ertugay, C.K., *et al.* (2022) Can Wideband Absorbance Be Used in the Detection of Ossicular Chain Defects? *Iranian Journal of Otorhinolaryngology*, **34**, 225-232.
- [22] Yucel, E., Ardic, F.N., Tumkaya, F., Kara, C.O. and Topuz, B. (2021) Detecting Intralabyrinthine Pressure Increase by Postural Manipulation with Wideband Tympanometry and Distortion Product Otoacoustic Emissions. *Turkish Archives of Otorhinolaryngology*, **58**, 203-207. <https://doi.org/10.5152/tao.2020.5530>
- [23] Hannigan, I.P., Welgampola, M.S. and Watson, S.R.D. (2019) Dissociation of Caloric and Head Impulse Tests: A Marker of Meniere's Disease. *Journal of Neurology*, **268**, 431-439. <https://doi.org/10.1007/s00415-019-09431-9>
- [24] Demir, E., Celiker, M., Aydogan, E., Balaban, G.A. and Dursun, E. (2019) Wideband Tympanometry in Meniere's Disease. *Indian Journal of Otolaryngology and Head & Neck Surgery*, **72**, 8-13. <https://doi.org/10.1007/s12070-019-01709-8>
- [25] Tanno, G.A.Y., Santos, M.A.D.O., Sanches, M.T.D., Durante, A.S., Almeida, K.D., Gameiro, M.S., *et al.* (2022) Analysis of Wideband Tympanometry in Ménière's Disease. *Brazilian Journal of Otorhinolaryngology*, **88**, 194-203. <https://doi.org/10.1016/j.bjorl.2020.05.029>
- [26] 潘慧, 谢敏, 刘波, 等. 单侧梅尼埃病患者宽频声导抗测试的参数分析[J]. 临床耳鼻咽喉头颈外科杂志, 2023, 37(10): 809-814.
- [27] Jiang, W., Li, X., Mu, Y., Zhang, H., Konduru, N., Qiao, Y., *et al.* (2024) Predictive Accuracy of Wideband Absorbance in Children with Large Vestibular Aqueduct Syndrome: A Single-Center Retrospective Study. *Heliyon*, **10**, e33776. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e33776>
- [28] Zhang, L., Wang, J., Zhao, F. and Li, Y. (2020) Inner Ear Pressure Evaluation Using Wideband Tympanometry in Children with Large Vestibular Aqueduct Syndrome (LVAS): A Pilot Study. *International Journal of Pediatric Otorhinolaryngology*, **128**, Article ID: 109690. <https://doi.org/10.1016/j.ijporl.2019.109690>
- [29] Li, A., Du, H., Gao, J., Xu, Y., Zhao, N., Gao, S., *et al.* (2023) Characteristics of Large Vestibular Aqueduct Syndrome in Wideband Acoustic Immittance. *Frontiers in Neuroscience*, **17**, Article 1185033. <https://doi.org/10.3389/fnins.2023.1185033>
- [30] 丁璐, 王晨露, 史文迪. 大前庭水管综合征患者鼓膜吸收率特征初探[J]. 中华耳科学杂志, 2021, 19(1): 16-20.
- [31] Scheperle, R.A. and Hajicek, J.J. (2019) Wideband Acoustic Immittance in Cochlear Implant Recipients: Reflectance and Stapedial Reflexes. *Ear & Hearing*, **41**, 883-895. <https://doi.org/10.1097/aud.0000000000000810>
- [32] Merchant, G.R., Schulz, K.M., Patterson, J.N., Fitzpatrick, D. and Janky, K.L. (2020) Effect of Cochlear Implantation on Vestibular Evoked Myogenic Potentials and Wideband Acoustic Immittance. *Ear & Hearing*, **41**, 1111-1124. <https://doi.org/10.1097/aud.0000000000000831>
- [33] Racca, J.M., Jones, L.L., Dwyer, R.T., Ferguson, M., Sunderhaus, L., Hood, L.J., *et al.* (2022) Changes in Acoustic Absorbance Pre- and Post-Cochlear Implantation. *American Journal of Audiology*, **31**, 380-391. https://doi.org/10.1044/2022_aja-21-00146
- [34] Saki, N., Shirani, M., Kardooni, M., Mirmoemeni, G. and Bayat, A. (2022) The Effects of Cochlear Implantation on Middle Ear Function: A Prospective Study. *International Journal of Pediatric Otorhinolaryngology*, **163**, Article ID: 111368. <https://doi.org/10.1016/j.ijporl.2022.111368>
- [35] Carpenter, M.S., Cacace, A.T. and Mahoney, M.J. (2012) Missing Links in Some Curious Auditory Phenomena: A Tale from the Middle Ear. *Journal of the American Academy of Audiology*, **23**, 106-114. <https://doi.org/10.3766/jaaa.23.2.5>
- [36] Wali, H.A., Mazlan, R. and Kei, J. (2019) A Longitudinal Analysis of Pressurized Wideband Absorbance Measures in Healthy Young Infants. *Ear and Hearing*, **40**, 1233-1241. <https://doi.org/10.1097/aud.0000000000000707>
- [37] Beers, A.N., Shahnaz, N., Westerberg, B.D. and Kozak, F.K. (2010) Wideband Reflectance in Normal Caucasian and Chinese School-Aged Children and in Children with Otitis Media with Effusion. *Ear & Hearing*, **31**, 221-233. <https://doi.org/10.1097/aud.0b013e3181c00eae>

-
- [38] Habibi, Z., Sepehrnejad, M., Rahimi Ghooradel, F. and Nilforoush, M.H. (2022) Wideband Tympanometry: Normative Data for Young Iranian Adults. *Audiology and Neurotology*, **28**, 22-31. <https://doi.org/10.1159/000526380>
- [39] Chang, Y., Ryu, G., Kim, K. and Cho, Y. (2019) Normative Wideband Absorbance Measures in Healthy Neonates in Korea: A Preliminary Study. *International Journal of Pediatric Otorhinolaryngology*, **117**, 6-11. <https://doi.org/10.1016/j.ijporl.2018.11.012>
- [40] Feeney, M.P., Stover, B., Keefe, D.H., Garinis, A.C., Day, J.E. and Seixas, N. (2014) Sources of Variability in Wideband Energy Reflectance Measurements in Adults. *Journal of the American Academy of Audiology*, **25**, 449-461. <https://doi.org/10.3766/jaaa.25.5.4>
- [41] Hunter, L.L., Tubaugh, L., Jackson, A. and Propes, S. (2008) Wideband Middle Ear Power Measurement in Infants and Children. *Journal of the American Academy of Audiology*, **19**, 309-324. <https://doi.org/10.3766/jaaa.19.4.4>
- [42] 郝文洋, 商莹莹, 倪道凤, 等. 正常新生儿宽频声导抗能量吸收率及其可重复性研究[J]. 听力学及言语疾病杂志, 2016, 24(1): 10-14.