

# 宽频声导抗在中耳胆脂瘤与慢性化脓性中耳炎鉴别诊断中的价值

徐继峰<sup>1</sup> 蒋雯<sup>2</sup> 刘洁<sup>3</sup> 王浩<sup>1</sup> 赵泽祺<sup>2</sup> 刘稳<sup>2</sup> 李巍<sup>2</sup>

**[摘要]** 目的:分析成人后天继发性中耳胆脂瘤和慢性化脓性中耳炎(CSOM)患者宽频声导抗的声能吸收率曲线,为二者的鉴别诊断提供依据。方法:以2020年9月—2021年12月徐州医科大学附属医院耳鼻喉科收治的38例后天继发性中耳胆脂瘤患者与40例CSOM患者为研究组,以30例(60耳)正常成人为对照组。选取16个频率点,以声能吸收率作为研究参数,比较三组在环境压下的宽频声能吸收率曲线特点,然后绘制研究组受试者工作特征曲线,计算曲线下面积及各频段下的诊断临界值与对应的灵敏度与特异度。结果:CSOM组在1100~5700 Hz、胆脂瘤组在560~5700 Hz间声能吸收率较对照组降低,部分频段差异有统计学意义;胆脂瘤组在226~7100 Hz频段吸收率低于CSOM组,在多个频段两者差异有统计学意义。研究组受试者工作特征曲线显示在560、710、890、4500 Hz频段曲线下面积 $>0.5$ ,其余频段曲线下面积 $>0.7$ , $P<0.05$ ;在2800 Hz频段曲线下面积最大,为0.78,此时的诊断临界值为0.31,对应的灵敏度为78.38%,特异度为73.33%。结论:宽频声导抗可作为成人后天继发性中耳胆脂瘤与CSOM鉴别诊断的辅助方法。

**[关键词]** 中耳胆脂瘤;中耳炎,化脓性;宽频声导抗;声能吸收率

DOI:10.13201/j.issn.2096-7993.2022.05.011

[中图分类号] R764.2 [文献标志码] A

## Characteristics and differential diagnosis of middle ear cholesteatoma and chronic suppurative otitis media with wideband acoustic immittance

XU Jifeng<sup>1</sup> JIANG Wen<sup>2</sup> LIU Jie<sup>3</sup> WANG Hao<sup>1</sup> ZHAO Zeqi<sup>2</sup> LIU Wen<sup>2</sup> LI Wei<sup>2</sup>

<sup>1</sup>First College of Clinical Medicine, Xuzhou Medical University, Xuzhou, 221000, China;

<sup>2</sup>Department of Otolaryngology, Affiliated Hospital of Xuzhou Medical University; <sup>3</sup>College of Medical Technology, Xuzhou Medical University)

Corresponding author: LI Wei, E-mail: lili78163@163.com

**Abstract Objective:** Through analysis of the sound energy absorbance of wideband acoustic immittance to provide a basis for differential diagnosis of adult acquired secondary cholesteatoma of the middle ear and patients with chronic suppurative otitis media(CSOM). **Methods:** 38 cases of cholesteatoma and 40 cases of CSOM admitted to the Department of Otolaryngology, Affiliated Hospital of Xuzhou Medical University from September 2020 to December 2021 were selected as the research group, and 30 cases (60 ears) of normal adults were selected as the control group. A total of 16 frequency points were selected, and the energy absorbance of wideband acoustic immittance was taken as the research parameter. The characteristics of energy absorbance under ambient pressure among the three are compared. Then the ROC in the cholesteatoma group was drawn, and by calculating the AUC, the Cut-off values and the corresponding sensitivity and specificity were found. **Results:** The energy absorbance in CSOM group at 1100—5700 Hz and the cholesteatoma group at 560—5700 Hz was lower than that in the control group, and the difference in some frequency bands was statistically significant. The energy absorbance in the cholesteatoma group at 226—7100 Hz was lower than that in the CSOM group, and the difference between the two groups in many frequency points was statistically significant. The ROC in the research group was drawn and it was found that the AUC in the 560, 710, 890, and 4500 bands was  $>0.5$ , and in the other bands was  $>0.7$  ( $P<0.05$ ). The AUC in the 2800 Hz was the largest (0.78), the Cut-off value was 0.31, the corresponding sensitivity was 78.38%, specificity was 73.33%. **Conclusion:** Wideband acoustic immittance can be used as an auxiliary method for the differential diagnosis of adult-acquired secondary cholesteatoma of the middle ear and chronic suppurative otitis media in adults.

**Key words** middle ear cholesteatoma; otitis media, suppurative; wideband acoustic immittance; energy absorbance

<sup>1</sup>徐州医科大学第一临床医学院(江苏徐州,221000)

<sup>2</sup>徐州医科大学附属医院耳鼻喉科

<sup>3</sup>徐州医科大学医学技术学院

通信作者:李巍,E-mail:lili78163@163.com

中耳胆脂瘤是位于中耳内的一种囊性结构,非真性肿瘤,囊内包含脱落上皮及胆固醇结晶,多为单侧发病。中耳胆脂瘤分为先天性与后天性,后天性中耳胆脂瘤又可分为原发性与继发性两类<sup>[1-2]</sup>,临床上以后天继发性中耳胆脂瘤常见。中耳胆脂瘤对中耳骨质有侵蚀破坏作用,造成传导性听力下降伴长期溢液,重者则有感音神经性聋及面瘫甚至颅内并发症的可能。后天原发性中耳胆脂瘤耳镜下多可见鼓膜内陷袋或鼓膜松弛部穿孔,体征相对典型;继发性中耳胆脂瘤多由慢性化脓性中耳炎(chronic suppurative otitis media, CSOM)进展而来<sup>[3]</sup>,多伴有鼓膜紧张部穿孔,这同样也是CSOM的体征,二者往往较难鉴别。宽频声导抗是一种新兴的中耳检测方法<sup>[4]</sup>,可以根据吸收与反射的声能测得环境压下的中耳状态,在反映中耳细微结构的病变如耳硬化症、大前庭导水管等方面要优于传统声导抗<sup>[5-8]</sup>。宽频声导抗的以上特征提供了本研究开展的基础,本研究旨在探讨成人后天继发性中耳胆脂瘤与CSOM的宽频声导抗声能吸收率曲线特点,以及宽频声导抗是否可以作为后天继发性中耳胆脂瘤的辅助诊断工具。

## 1 资料与方法

### 1.1 研究对象

从2020年9月—2021年12月徐州医科大学附属医院耳鼻喉科收治的成人中耳胆脂瘤患者(53例)和CSOM患者(63例)中,挑选出符合入组标准的后天继发性中耳胆脂瘤患者38例(38耳)和CSOM患者40例(40耳)作为研究组。38例中耳胆脂瘤患者中,男22例,女16例;左21耳,右17耳;年龄(42±6.2)岁。40例CSOM患者中,男22例,女18例;左21耳,右19耳;年龄(34±4.1)岁。纳入标准:鼓膜紧张部中穿孔;鼓膜穿孔3个月以上不愈合;干耳至少1周;年龄18~65岁;中耳胆脂瘤经过病理诊断。另选30例(60耳)正常成人作为对照组,其中男16例,女14例;年龄(23±2.5)岁。

### 1.2 研究方法

**1.2.1 鼓膜像检查** 所有患者均行鼓膜成像检查(图1a、1b),所使用的内镜设备为德国IXON公司的EndoSTROB内镜系统以及配套的IXON耳镜,检查前校准耳镜焦距。图片运用Image J软件处理,计算穿孔面积占比,以3 mm、5 mm为界分为小、中、大穿孔(对应的鼓膜穿孔面积约为10%、28%)<sup>[9-10]</sup>。

**1.2.2 听力学测试** 纯音测听:本研究采用的纯音测听仪器为丹麦尔听美公司所产Aurical Aud测试仪,在本底噪声≤30 dB(A)的隔声室中测试,测试频率范围为250~8000 Hz。声导抗测试:采用丹麦尔听美公司所产OToflex中耳分析仪,以226 Hz作为刺激声,在本底噪声≤30 dB(A)的隔声室中进行测试(图1c、1d)。宽频声导抗测试:采

用丹麦国际听力公司TitanIMP440设备(版本号3.2.0.3),以226~8000 Hz的混合短声为刺激声,给声强度为85 dB SPL,选用合适大小的探头,在环境压下进行宽频声导抗检测。记录受试者在226、280、350、450、560、710、890、1100、1400、1800、2200、2800、3600、4500、5700、7100 Hz共16个频段宽频声导抗的声能吸收率值并进行统计学分析(图1e、1f)。

### 1.3 统计学方法

采用SPSS 24.0统计分析所有数据。对吸收率数据进行正态性检验和方差齐性检验。对符合正态分布的频段采用独立样本 $t$ 检验及 $F$ 检验,对非正态分布计量资料采用Mann-Whitney  $U$ 及Kruskal-Wallis检验, $P<0.05$ 为差异有统计学意义。采用G. power 3.1软件选择事后分析计算Power值,Power值 $>0.8$ 认为具有检验效力。采用Graphpad prism 6绘制受试者工作特征曲线(ROC曲线),计算曲线下面积(AUC),以 $AUC>0.5$ 、 $P<0.05$ 认为具有诊断价值, $AUC>0.7$ 、 $P<0.05$ 认为诊断具有一定准确性,并计算各对应频段的诊断临界值(Cut-off值)以及此时的灵敏度与特异度。运用重复测量方差分析评估声能吸收率的影响因素,以 $P<0.05$ 认为对结果具有影响。

## 2 结果

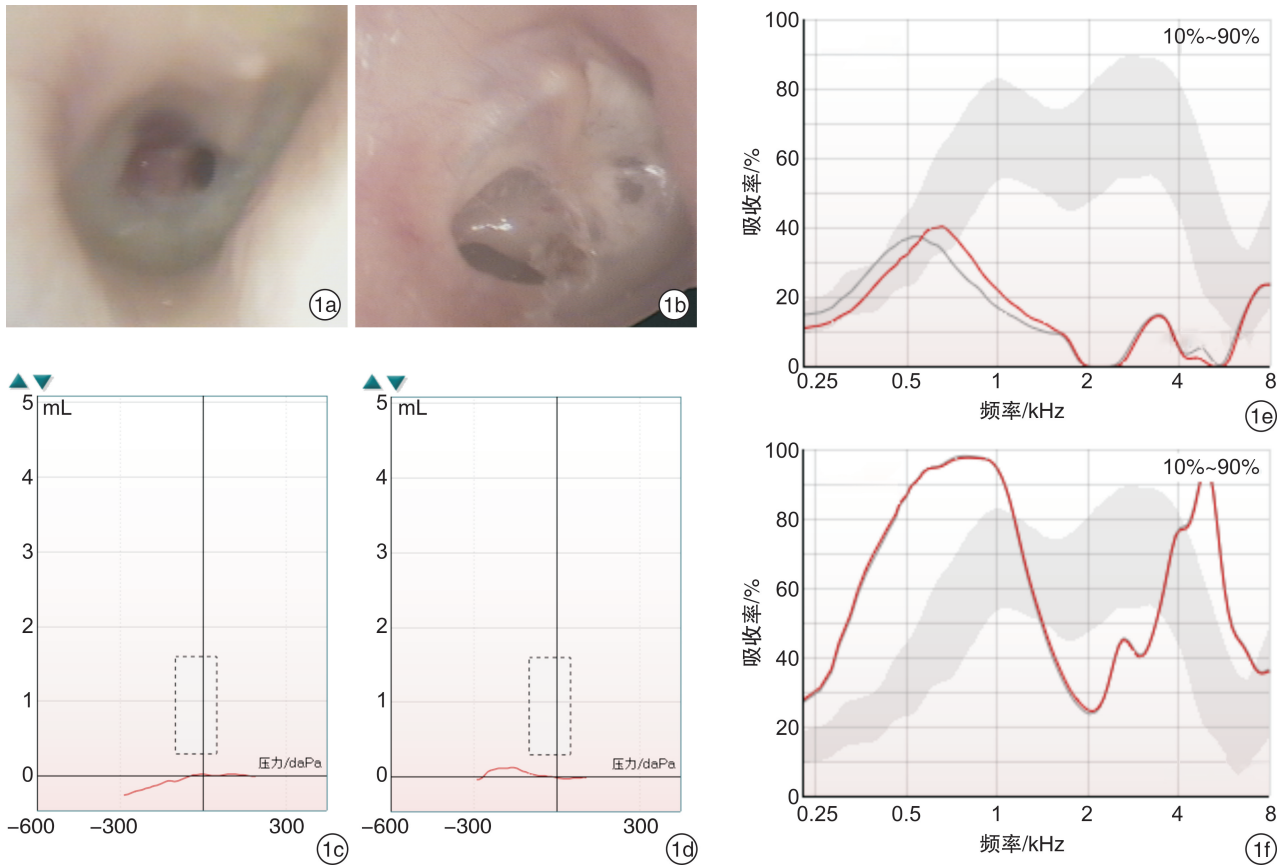
为了尽可能排除干扰因素对研究结果的影响,本研究运用重复性测量方差分析模型,以耳别、年龄、性别、组别为组间因素,以频率作为重复性测量因素,研究上述因素对声能吸收率的影响。由表1可以看出,对本研究声能吸收率有显著性影响的因素只有组别( $P<0.01$ )一项,性别、年龄、耳别( $P>0.05$ )对本研究的影响可以忽略,保证了本研究尽可能不受混杂因素干扰,结果具有一定的真实性。

### 2.1 CSOM组与对照组声能吸收率曲线比较

CSOM组在1100 Hz以下以及5600~7100 Hz之间宽频声导抗的声能吸收率较对照组稍高(图2a),但在大致言语频段(1100~5700 Hz)较对照组降低,其吸收峰值在1100 Hz频段,此时吸收率为0.56,二者的吸收率差距峰值在3600 Hz频段。通过SPSS分析发现,CSOM组与对照组声能吸收率在226、280、350、450、2200、2800、3600、4500、7100 Hz频段的差异有统计学意义。

### 2.2 胆脂瘤组与对照组的声能吸收率曲线比较

胆脂瘤组在560 Hz频段以下以及7100 Hz频段声能吸收率高于对照组,其余频段均低于对照组(图2b)。其吸收峰值在710 Hz水平,吸收率为0.34,二者的差距峰值在3600 Hz频段。通过SPSS分析发现,胆脂瘤组与对照组声能吸收率在890、1100、1400、1800、2200、2800、3600、4500、5700、7100 Hz频段的差异有统计学意义。



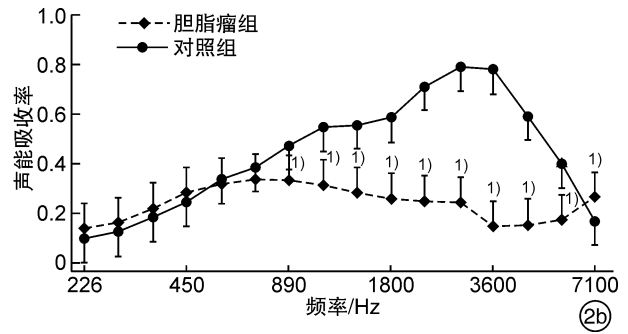
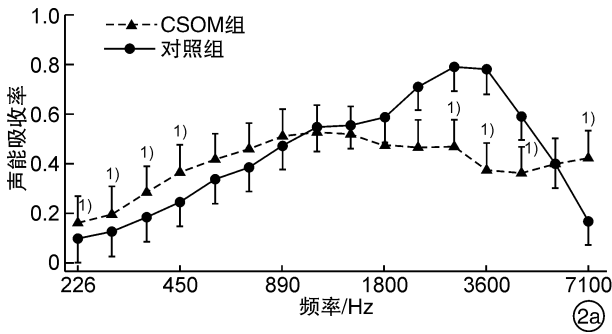
1a:1例胆脂瘤患者的鼓膜像;1b:1例CSOM患者的鼓膜像;1c、1d:为二者226 Hz声导抗图;1e、1f:为二者宽频声导抗图。可见鼓膜像及226 Hz声导抗无法区分二者,但二者宽频声导抗的吸收率曲线却有显著不同。

图1 胆脂瘤患者和CSOM患者的鼓膜像检查和听力学测试

表1 耳别、年龄、性别、组别对各频率声能吸收率的影响

	Ⅲ类平方和	自由度	均方	F	P 值	偏 Eta 平方
耳别	0.125	1	0.125	0.406	0.526	0.006
年龄	0.726	1	0.726	2.350	0.130	0.034
性别	0.376	1	0.376	1.216	0.274	0.018
组别	9.680	1	9.680	31.329	<0.001	0.322
耳别 * 年龄	0.045	1	0.045	0.146	0.704	0.002
耳别 * 性别	0.129	1	0.129	0.418	0.520	0.006
耳别 * 组别	0.137	1	0.137	0.443	0.508	0.007
年龄 * 性别	0.024	1	0.024	0.079	0.780	0.001
年龄 * 组别	0.546	1	0.546	1.768	0.188	0.026
性别 * 组别	0.807	1	0.807	2.611	0.111	0.038
耳别 * 年龄 * 性别	0.386	1	0.386	1.250	0.268	0.019
耳别 * 年龄 * 组别	0.420	1	0.420	1.358	0.248	0.020
耳别 * 性别 * 组别	0.025	1	0.025	0.081	0.776	0.001
年龄 * 性别 * 组别	0.398	1	0.398	1.288	0.261	0.019
耳别 * 年龄 * 性别 * 组别	0.123	1	0.123	0.400	0.529	0.006
误差	20.392	66	0.309			

注:耳别、年龄、性别、组别为主效应,\*代表各交互效应。

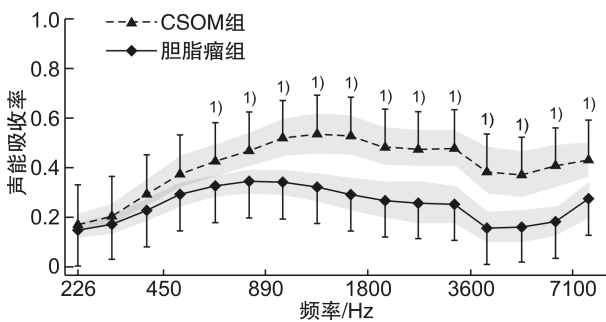


2a:CSOM 组与对照组比较;2b:胆脂瘤组与对照组比较。1)表示  $P < 0.05$ 。

图 2 研究组与对照组的声能吸收率曲线比较

### 2.3 胆脂瘤组与 CSOM 组的声能吸收率曲线比较

胆脂瘤组与 CSOM 组的声能吸收率曲线趋势大致相似,吸收率随频率增加而升高,达到峰值后逐渐下降,二者在 2800 Hz 频段都有一切迹,随后吸收率稍回升,但胆脂瘤组声能吸收率在全频段均低于 CSOM 组,并且吸收率峰值不同,胆脂瘤组吸收率峰值在 710 Hz 频段,CMOS 组则在 1100 Hz 频段。统计学分析发现,二者在 560、710、890、1100、1400、1800、2200、2800、3600、4500、5700、7100 Hz 频段吸收率差异有统计学意义(图 3),进一步计算各频段下的 Power 值(表 2),结果显示  $P < 0.05$  的频段,Power 值均  $> 0.8$ ,说明统计学结果具有检验效力,即胆脂瘤组与 CSOM 组的宽频声导吸收率在上述频段的差异有统计学意义。



胆脂瘤组与 CSOM 组在 560 Hz 及以上频段的差异有统计学意义。1)表示  $P < 0.05$ ,阴影部分为二者的 95% 置信区间。

图 3 胆脂瘤组与 CSOM 组的声能吸收率曲线比较

### 2.4 研究组受试者曲线及诊断临界值

以研究组数据为基础,使用 Graphpad prism 6 软件对二者具有统计学差异的 560、710、890、1100、1400、1800、2200、2800、3600、4500、5700、7100 Hz 频段绘制 ROC 曲线,计算 AUC。发现以上频段 AUC 均大于 0.50 且  $P < 0.05$ ,其中,560、710、890、4500 Hz 四个频段下 AUC 为 0.50 ~ 0.70,其余频段下 AUC 为 0.70 ~ 0.90(其中 2800、

2200、1400 Hz 频段下  $AUC > 0.75$ ),代表诊断具有一定的准确性。进一步计算各频段的 Cut-off 值以及灵敏度与特异度(表 3),结果显示在 2800 Hz 频段 AUC 最大,为 0.78,此时的 Cut-off 值为 0.31,对应的诊断灵敏度为 78.38%,特异度为 73.33%(图 4)。

表 2 研究组平均声能吸收率与 P 值

频率/Hz	CSOM 组	胆脂瘤组	P 值	Power 值
226	0.180 ± 0.120	0.153 ± 0.108	>0.05	0.309
280	0.216 ± 0.144	0.177 ± 0.120	>0.05	0.673
350	0.300 ± 0.194	0.232 ± 0.136	>0.05	0.556
450	0.385 ± 0.222	0.294 ± 0.134	>0.05	0.704
560	0.432 ± 0.226	0.328 ± 0.129	0.034	0.801
770	0.475 ± 0.233	0.346 ± 0.130	0.009	0.915
890	0.525 ± 0.266	0.343 ± 0.150	0.004	0.981
1100	0.542 ± 0.280	0.324 ± 0.159	0.002	0.995
1400	0.537 ± 0.274	0.295 ± 0.188	0.000	0.998
1800	0.488 ± 0.262	0.271 ± 0.214	0.001	0.990
2200	0.482 ± 0.245	0.263 ± 0.250	<0.001	0.987
2800	0.485 ± 0.243	0.256 ± 0.213	<0.001	0.997
3600	0.391 ± 0.319	0.161 ± 0.169	0.005	0.989
4500	0.376 ± 0.313	0.168 ± 0.177	0.005	0.975
5700	0.412 ± 0.290	0.185 ± 0.168	0.001	0.995
7100	0.439 ± 0.232	0.277 ± 0.208	0.003	0.943

### 3 讨论

宽频声导抗是 Keefe 等(1993)首先提出的一种检测方法,它以 226 ~ 8000 Hz 的宽频短声作为刺激信号,声音经过外耳道传入中耳,一部分声能被中耳吸收,即吸收声能,所占总声能的比率即声能吸收率。声能吸收率的可能最小值为 0,此时声能全部被反射回来;声能吸收率可能产生的最大值为 1,此时声能全部被中耳吸收。宽频声导抗的提出引起各国学者的关注,Schairer 等<sup>[11-13]</sup>测定了正常成年人及儿童的宽频声导抗数据。傅新星等<sup>[14-15]</sup>完善了国内成人及儿童的宽频声导抗数据。目前认为,不同种族、年龄、性别、耳别是声能吸收

率可能的影响因素<sup>[12,14,16-17]</sup>。本研究运用重复性测量方差分析模型,评估上述因素对于研究结果的影响,结果显示组别是唯一的显著影响因素,这也保证了研究结果的真实性和可靠性。对于研究参数的选取目前尚未统一,较多学者选择声能吸收率作为研究

参数,其优势在于声能吸收率不受耳道容积因素的影响<sup>[4]</sup>,但也有部分学者认为声能反射率作为研究参数更有效<sup>[18]</sup>。在研究频段的选择上,以 16 个频段居多<sup>[19-20]</sup>。本研究以声能吸收率为研究参数,选取 16 个频段进行研究。

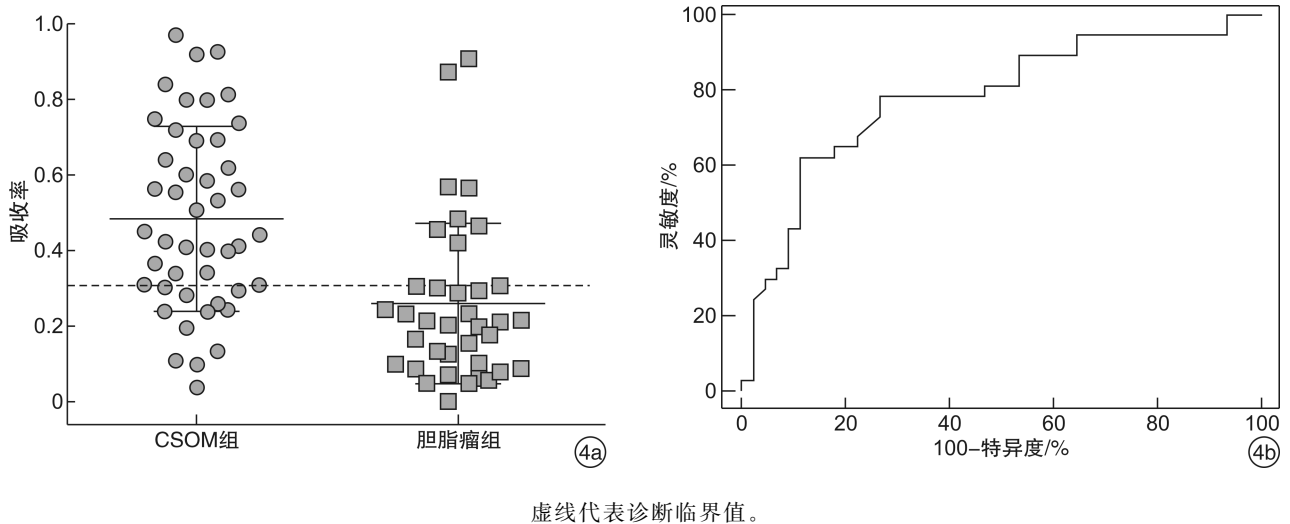


图 4 2800 Hz 频率下 CSOM 组和胆脂瘤组的声能吸收率分布(4a)及 ROC 曲线(4b)

表 3 各频率诊断的灵敏度与特异度

频率/Hz	AUC	P 值	临界值	灵敏度/%	特异度/%
560	0.65	0.02	0.38	70.27	55.56
710	0.68	<0.01	0.33	75.68	62.22
890	0.70	<0.01	0.51	94.59	48.89
1100	0.72	<0.01	0.48	86.49	62.22
1400	0.76	<0.01	0.47	83.78	62.22
1800	0.73	<0.01	0.38	78.38	66.67
2200	0.75	<0.01	0.25	66.16	82.22
2800	0.78	<0.01	0.31	78.38	73.33
3600	0.70	<0.01	0.37	98.19	51.11
4500	0.70	<0.01	0.42	86.19	46.67
5700	0.72	<0.01	0.43	91.89	53.33
7100	0.71	<0.01	0.33	72.97	62.22

由于中耳内不同结构病变对不同频率的探测音产生的影响不同,因此记录到的声能吸收率也有差异,由此可以反映中耳内的细微或复杂的病变。Shahnaz 等(2009)发现耳硬化症患者的声能吸收率在 1100 Hz 以下的频率低于正常人,对耳硬化症的诊断率达到 82%;Sliwa 等<sup>[5]</sup>研究发现在 650 Hz 处,声能吸收率对于耳硬化症最具诊断价值。Nakajima 等<sup>[21]</sup>研究发现听骨链断裂患者的声能吸收率在 500~800 Hz 频率间出现一明显切迹;Voss 等<sup>[22]</sup>则发现切迹出现在 1000 Hz 频率附近;潘俊良等<sup>[23]</sup>则证明了宽频声导抗对儿童分泌性中耳炎的诊断更精确。目前认为,宽频声导抗的声能吸收率曲线在不同中耳疾患中均与正常人不同,且同种

病变有近似的曲线趋势,本研究胆脂瘤组和 CSOM 组声能吸收率曲线就具有一定的相似性。

对于鼓膜穿孔这一体征的宽频声导抗研究相对少见,较多集中在 CSOM 所致鼓膜穿孔或外伤性鼓膜穿孔,很少涉及中耳胆脂瘤患者。Kim 等<sup>[24]</sup>描述外伤性鼓膜穿孔患者的声能吸收率曲线走行,发现在大致言语频段声能吸收率值降低,Feeney 等(2003)则发现 CSOM 患者声能吸收率也与之类似,但二者纳入病例较少,并未进行深入研究。本研究结果与前人相似,并在统计学意义上证明了伴有鼓膜穿孔的 CSOM 与常人不同。Park 等<sup>[19]</sup>比较了 CSOM 鼓膜穿孔患者手术前后的声能吸收率,发现术后声能吸收率得到提升,但与正常人仍有差异。Voss 等<sup>[25]</sup>通过对尸耳制作不同鼓膜穿孔面积模型来探索鼓膜穿孔大小对于宽频声导抗声能吸收率的影响,发现宽频声导抗的声能吸收率随穿孔面积增大而下降。

本研究通过鼓膜紧张部穿孔这一重要体征,研究了成人 CSOM 与后天性中耳胆脂瘤的宽频声导抗声能吸收率曲线,发现 CSOM 组的声能吸收率在 1100~5700 Hz 较正常人降低,胆脂瘤组的声能吸收率在 560~5700 Hz 较正常人降低,在 226~7100 Hz 频段吸收率均低于 CSOM 组。造成这种结果的可能因素一是鼓膜穿孔本身对于声能吸收率的影响,Voss 等<sup>[22]</sup>认为鼓膜穿孔导致中耳容积增大及鼓膜两侧气压差改变,在较低频段,中耳容积对吸收率的影响较大,因此在部分低频段,研究组声能吸收率较正常人稍高,随着频率升高,中耳

气压差的改变对吸收率的影响逐渐增大,导致吸收率下降;二是与中耳的劲度与质量因素有关,中耳胆脂瘤患者往往伴有听骨链的侵蚀,同时胆脂瘤包绕听小骨,造成听小骨的假性桥接、听小骨链韧带的固定,增大了中耳的劲度与质量,使传入中耳的声能大多反射回去,因此声能吸收率进一步下降。

本文也有一定的局限因素,如胆脂瘤在中耳所处的位置、对听骨链的破坏程度等,都可能是影响其声能吸收率特点的因素;此外,鼓膜不同穿孔位置如松弛部与紧张部穿孔对比,声能吸收率是否有差异,这些均需要进一步的细化研究去证明。

本研究不仅论证了CSOM患者的宽频声导抗声能吸收率与常人不同,同时描述了后天继发性中耳胆脂瘤的声能吸收率曲线特点,如吸收率更低、吸收率峰值靠前、与前者在部分频段有统计学意义上的差别。更进一步通过分析受试者曲线、计算诊断临界值,量化了宽频声导抗在各频段的声能吸收率诊断临界值,证实宽频声导抗对成人继发性中耳胆脂瘤和CSOM的鉴别诊断具有一定的意义,值得深入研究。

**利益冲突** 所有作者均声明不存在利益冲突

#### 参考文献

- [1] Yung M, 刘志标. 欧洲耳科与神经耳科学会和日本耳科学会关于中耳胆脂瘤的定义、分类和分期的联合共识[J]. 听力学及言语疾病杂志, 2017, 25(6): 666-667.
- [2] 孙建军, 刘阳, 中耳炎临床分类和手术分型指南(2012)解读[J]. 中华耳鼻咽喉头颈外科杂志, 2013, 48(1): 6-10.
- [3] 黄选兆, 汪吉宝, 孔维佳. 实用耳鼻咽喉头颈外科学[M]. 2版. 北京: 人民卫生出版社, 2017: 862-863.
- [4] Keefe DH, Sanford CA, Ellison JC, et al. Wideband aural acoustic absorbance predicts conductive hearing loss in children[J]. Int J Audiol, 2012, 51(12): 880-891.
- [5] Śliwa L, Kochanek K, Jędrzejczak WW, et al. Measurement of Wideband Absorbance as a Test for Otosclerosis[J]. J Clin Med, 2020, 9(6): 1908.
- [6] 陈露静, 兰兰, 黄鑫, 等. 耳硬化症和中耳畸形患者的宽频声导抗研究[J]. 中华耳科学杂志, 2020, 18(1): 57-62.
- [7] 刘洁, 蒋雯, 林欢, 等. 梅尼埃病患者宽频声导抗测试特点初步研究[J]. 临床耳鼻咽喉头颈外科杂志, 2021, 35(12): 1068-1072.
- [8] Mieke J, Mogensen S, Lyhne N, et al. Wideband tympanometry as a diagnostic tool for Meniere's disease: a retrospective case-control study[J]. Eur Arch Otorhinolaryngol, 2022, 279(4): 1831-1841.
- [9] 孙秀珍, 李生, 刘迎曦, 人耳鼓膜穿孔对中耳传声影响的数值模拟[J]. 计算力学学报, 2010, 27(6): 1102-1106.
- [10] 辛文君, 张晓彤, 崔珑, 等. 外伤性鼓膜穿孔临床观察对比研究[J]. 临床耳鼻咽喉头颈外科杂志, 2015, 29(18): 1610-1614.
- [11] Schairer KS, Putterman DB, Keefe DH, et al. Automated Adaptive Wideband Acoustic Reflex Threshold Estimation in Normal-hearing Adults[J]. Ear Hear, 2021, 43(2): 370-378.
- [12] Downing C, Kei J, Driscoll C, et al. Wideband Tympanometry Findings in School-aged Children: Effects of Age, Gender, Ear Laterality, and Ethnicity[J]. Ear Hear, 2021.
- [13] Aithal S, Kei J, Aithal V, et al. Normative Study of Wideband Acoustic Immittance Measures in Newborn Infants[J]. J Speech Lang Hear Res, 2017, 60(5): 1417-1426.
- [14] 傅新星, 刘博, 林萌, 等. 听力正常青年人宽频声导抗研究[J]. 临床耳鼻咽喉头颈外科杂志, 2017, 31(18): 1402-1407.
- [15] 邢宇轩, 蒋雯, 仝悦, 等. 听力正常青年人宽频声导抗能量吸收率的初步研究[J]. 山东大学耳鼻喉眼学报, 2020, 34(1): 38-41.
- [16] Mazlan R, Kei J, Ya CL, et al. Age and Gender Effects on Wideband Absorbance in Adults With Normal Outer and Middle Ear Function[J]. J Speech Lang Hear Res, 2015, 58(4): 1377-1386.
- [17] Shahnaz N, Feeney MP, Schairer KS. Wideband acoustic immittance normative data: ethnicity, gender, aging, and instrumentation[J]. Ear Hear, 2013, 34 Suppl 1: 27S-35S.
- [18] Rosowski JJ, Stenfelt S, Lilly D. An overview of wideband immittance measurements techniques and terminology: you say absorbance, I say reflectance[J]. Ear Hear, 2013, 34 Suppl 1: 9S-16S.
- [19] Park HW, Ahn J, Kang MW, et al. Postoperative change in wideband absorbance after tympanoplasty in chronic suppurative otitis media[J]. Auris Nasus Larynx, 2020, 47(2): 215-219.
- [20] 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.
- [21] Nakajima HH, Pisano DV, Roosli C, et al. Comparison of ear-canal reflectance and umbo velocity in patients with conductive hearing loss: a preliminary study[J]. Ear Hear, 2012, 33(1): 35-43.
- [22] Voss SE, Merchant GR, Horton NJ. Effects of middle-ear disorders on power reflectance measured in cadaveric ear canals[J]. Ear Hear, 2012, 33(2): 195-208.
- [23] 潘骏良, 杨军. 宽频声导抗在分泌性中耳炎诊断中的临床应用价值[J]. 临床耳鼻咽喉头颈外科杂志, 2018, 32(17): 1309-1315.
- [24] Kim SY, Han JJ, Oh SH, et al. Differentiating among conductive hearing loss conditions with wideband tympanometry[J]. Auris Nasus Larynx, 2019, 46(1): 43-49.
- [25] Voss SE, Rosowski JJ, Merchant SN, et al. How do tympanic-membrane perforations affect human middle-ear sound transmission? [J]. Acta Otolaryngol, 2001, 121(2): 169-173.

(收稿日期: 2021-12-19)