

doi: 10.3969/j.issn.1672-4933.2025.01.010

职业性噪声聋患者听觉稳态反应阈值与纯音测听听阈的关系研究

Investigation of the Relationship between Auditory Steady-State Response Thresholds and Pure-Tone Audiometry Thresholds in Noise-Induced Hearing Loss Patients

陈韵 杨霞 陈月美 欧阳东海

CHEN Yun, YANG Xia, CHEN Yue-mei, OUYANG Dong-hai

【摘要】目的 分析职业性噪声聋患者听觉稳态反应(ASSR)预估阈值与纯音测听(PTA)听阈之间的相关性。**方法** 选择我所2022年1月~2024年4月诊断的70例职业性噪声聋患者为研究对象,其中15例为中重度聋,55例为轻度聋,并选择38例同期体检的健康者为对照组。通过对受试者进行ASSR、PTA检查,对比分析ASSR预估阈值与PTA听阈结果之间的相关性。**结果** 与对照组比较,观察组的ASSR和PTA阈值均较高,组间对比有统计学意义($P<0.05$),中重度聋组的ASSR和PTA阈值显著高于轻度聋组($P<0.05$)。相关性分析提示,PTA阈值与ASSR阈值之间存在正相关关系(0.5、1、2和4 kHz各频率相关系数 r 依次为0.70、0.84、0.92、0.94)。**结论** 在职业性噪声聋患者中,PTA与ASSR阈值之间存在相关性,通过及时检测相关指标,可以为疾病的诊断和治疗提供有效的参考依据。

【关键词】 听觉稳态诱发电位;纯音听阈测试;职业性噪声聋;相关性

【中图分类号】 R764.5

【文献标识码】 A

【文章编号】 1672-4933(2025)01-0039-04

【Abstract】 Objective To study and analyze the correlation between auditory steady-state response (ASSR) threshold and pure-tone audiometry (PTA) hearing threshold in patients with occupational noise hearing loss. **Methods** 70 patients with occupational noise hearing loss diagnosed in our institute from February 2022 to April 2023 were selected as the research subjects, of which 15 were moderate to severe loss and 55 were mildly loss. Healthy patients who came to the hospital for physical examination during the same period were then selected. 38 cases were used as the control group. ASSR and PTA were used for detection, and the ASSR response threshold detection results and PTA results were compared and analyzed. **Results** Compared with the control group, the ASSR and PTA values of the observation group were higher, and the inter group comparison was statistically significant ($P<0.05$). Among them, the ASSR and PTA values of the moderate group were higher than those of the mild group ($P<0.05$). Meanwhile, through correlation analysis, it was found that the PTA threshold was positively correlated with ASSR (The frequency correlation coefficients r of 0.5 kHz, 1 kHz, 2 kHz and 4 kHz are 0.70, 0.84, 0.92 and 0.94, respectively). **Conclusion** There is a correlation between PTA and ASSR thresholds in patients with occupational noise induced hearing loss. Timely detection of various indicators can provide effective reference for the diagnosis and treatment of diseases.

【Key words】 Auditory steady-state response; Pure-Tone Audiometry; Occupational noise induced deafness; Correlational study

随着工业化进程的加快,职业性噪声聋的发病率逐年上升,给社会带来了巨大的经济负担,包括医疗费用和生产损失^[1]。目前,针对职业性噪声聋的诊疗手段主要集中在听力检测和耳鸣管理上,传统方法在早期诊断和个体化治疗方面存在局限性,因此亟需探索更有效的诊断和干预策略^[1,2]。

作为一种独立的客观听觉功能检查技术,听觉稳态反应(ASSR)能够精确反映人体听觉感知能力,其应用范

围广阔,通过使用实时同步(temporal synchrony)^[3],可以更好地评估人的听觉阈值。这种方法通过改变刺激声信号频率排列顺序,消除由于耳蜗特殊解剖结构而造成行波延迟问题^[4],从而准确地评估人类的听觉阈值^[5]。尽管如此,ASSR在职业性噪声聋患者中的应用仍不普遍,本研究通过结合ASSR与纯音测听(PTA)技术,对至少3年职业噪声暴露史的劳动者群体进行听觉障碍检查,并纳入对照的健康人群听力状况进行比较,旨在探究ASSR

基金项目:佛山市卫生健康局医学科研课题(20230022)

作者单位:佛山市职业病防治所(佛山市职业健康研究院) 佛山 528000

作者简介:陈韵 本科 副主任医师;研究方向:临床听力学及职业性噪声聋防治

通讯作者:陈韵, E-mail: 525580168@qq.com

阈值与PTA听阈之间的相关关系,为职业性噪声聋的早期诊断和干预提供科学依据,并为临床实践引入ASSR作为评估工具奠定基础。通过研究ASSR与PTA的相关性,希望推动这一领域的研究进展,提高对职业性噪声聋的认识,为制订有效的预防和干预策略提供支持^[1]。

1 资料与方法

1.1 研究对象

1.1.1 本研究所有研究对象均为接触职业性噪声3年以上的作业人员,接触噪声水平平均超过85 dB(A)。研究纳入职业性噪声聋患者70名,年龄 48.9 ± 8.05 岁,测试总耳数140,男性耳数126,女性耳数14。根据《职业性噪声聋的诊断》(GBZ 49-2014)^[6]标准,诊断为职业性轻度噪声聋的患者有55人(110耳),职业性中度噪声聋患者有13人(26耳),职业性重度噪声聋患者2人(4耳)。受检者被分为轻度噪声聋组和中重度噪声聋组。轻度噪声聋组平均年龄为 49.78 ± 7.95 岁,中重度噪声聋组平均年龄为 45.47 ± 7.72 岁。同时,选择同期体检的听力健康者38例为对照组,年龄 29.6 ± 6.32 岁,测试耳数76,男性耳数30,女性耳数46。

1.1.2 纳入标准 3组受检者均能够准确地理解和遵守测试规则,没有精神疾病,神智和意识良好,情绪稳定,交流无障碍。接受测试前,所有受检者的外耳道状况均通过电耳镜详细评估,有耵聍者清理耳道。

1.1.3 排除标准 由于本次纳入的研究对象均被诊断为职业性噪声聋,其听力曲线均符合以高频听力损失为主的感音神经性听力损失特点。每位受检者在测试前均进行全面评估,以排除对ASSR测试的其他影响,排除项包括有炎症症状、服药后出现听力异常、先天性耳聋等,中耳病变,蜗后占位性病变、中枢神经系统病变及听神经病等^[7]。

1.2 方法

1.2.1 为了确保测量的准确性,由1名耳鼻咽喉头颈外科学专业临床医生执行检查并作出结论,保证检查环境背景噪声不超过30 dB(A);所有职业性噪声聋的诊断均由3名具备职业性耳鼻喉口腔疾病诊断医师资质的医师进行,确保诊断结论的可靠性。为进一步评估受检者的听力状况,每位受检者都接受声导抗测试、纯音测听(PTA)以及听觉稳态反应(ASSR)测试。

1.2.2 本研究采用经过校准的PIANO PLUS临床听力计,配备型号为TDH-39的标准耳机,对受检者的纯音听阈进行评估。依据《声学 纯音气导听阈测定 听力保护用》(GB/T 7583-1987)^[8]和《声学 测听方法 第1部分:纯音气导和骨导测听法》(GB/T 16296.1-2018)^[9]相关要求,

在符合国标的测听室采用上升法测试气导和骨导听阈,气骨导听阈差值 ≤ 10 dB,测试频率0.5、1、2、3、4、6 kHz,确定出至少2次可信响应的最低强度作为听觉阈值。

1.2.3 ASSR采用Neuro-Audio脑干听觉诱发电位仪,DD45头戴式耳机给声,刺激声为频率特异性Chirp声,带宽 $\pm 1/2$ 倍频程,刺激方式拥有耳蜗延迟补偿技术,双耳同时给声,每耳同时测试0.5、1、2和4 kHz 4个频率。测试前,受试者平卧于标准隔音室内检查床上,使用砂膏为其需放置电极的皮肤脱脂,将记录电极放置在前额正中靠近发际处,参考放置在左右耳乳突处,地极置于眉间,极间阻抗不超过3000 Ω 。测试时,采用4个频段(86~94/s)的Chirp声,每次记录时间设定为6分钟,每种刺激声的初始声强设定为50 dB,随后以10 dB的幅度逐步降低声强,直至测试结束或受试者无任何反应,并在此基础上增加5 dB的声强以确定反应预估阈值。

1.3 统计学方法

采用SPSS 26.0统计软件,计量资料以 $\bar{x} \pm s$ 表示,对被试ASSR反应预估阈值以PTA听觉阈值行pearson相关系数分析,比较各组内ASSR反应预估阈值与PTA听阈的相关性,使用线性回归方程进行检验, $P < 0.05$ 视为具有统计学意义。

2 结果

参照职业性噪声聋诊断标准^[6]中“耳科正常人随年龄增长的听阈阈值偏差中值”年龄分组方式,对各诊断组进行了年龄分层分析,不同年龄层中诊断组和对照组的听觉稳态反应(ASSR)反应预估阈值、纯音测听(PTA)听阈结果及相关系数分析见表1~3。

通过双变量相关分析和回归分析(见表4~6),笔者发现0.5~4 kHz的ASSR阈值及PTA听阈之间存在显著相关性。

140耳职业性噪声聋受试者中,2.9%为重度,18.6%为中度,78.6%为轻度,职业性噪声聋的听力损失在0.5~4 kHz的ASSR反应预估阈值明显高于听力正常受试者,这种差异在纯音听阈方面更为显著。表5显示,噪声聋患者测试中,2 kHz频率上的ASSR阈值与PTA测试阈值具有较高的相关性。

本研究共收集216耳数据(如表6),笔者发现0.5~4 kHz ASSR阈值与PTA听阈之间存在高度相关性,二者可以相互验证并补充,而随着载波频率的提高,相关性变得更加显著。

根据表6的回归方程,笔者对对照组和噪声聋组的实测值进行回归评估(见表7)。结果显示,噪声聋患者的ASSR阈值与PTA听阈之间的相关性高于听力正常者。

表1 不同年龄层各研究组 ASSR 反应预估阈与 PTA 听阈结果($\bar{x}\pm s$)(dB HL)

年龄层(岁)	分组	耳数(n)	0.5 kHz		1 kHz		2 kHz		4 kHz	
			ASSR	PTA	ASSR	PTA	ASSR	PTA	ASSR	PTA
<30	对照组	42	13.79±8.0	12.62±4.45	15.93±8.92	10.0±4.41	13.86±8.65	7.62±5.21	12.64±7.36	9.17±6.14
30~39	轻度组	16	30.31±10.24	20.31±7.85	42.19±11.25	25.63±6.02	52.81±12.91	45.00±13.78	59.06±12.28	60.63±8.34
	中重度组	8	32.25±5.75	31.88±9.98	51.00±11.55	51.25±9.54	61.75±12.15	59.38±11.48	67.75±12.71	72.50±9.26
40~49	对照组	30	10.40±6.06	11.50±5.28	13.57±5.91	10.33±5.40	11.03±5.97	11.33±5.56	12.93±7.81	9.33±7.28
	轻度组	24	30.13±11.41	23.26±10.29	42.00±12.15	31.25±10.56	50.79±12.53	48.96±12.77	58.21±12.63	63.96±10.21
	中重度组	14	35.21±15.33	35.36±11.84	50.21±18.47	48.57±13.79	64.21±17.17	70.00±19.01	74.07±16.61	78.93±14.83
50~59	对照组	4	18.75±6.29	15.00±4.08	27.50±2.89	15.00±0.00	28.75±4.79	20.00±4.08	27.50±6.46	15.00±7.07
	轻度组	64	28.48±11.06	23.75±10.50	45.44±12.05	35.63±11.53	55.30±10.84	52.58±11.79	61.97±11.84	68.67±8.88
60+	中重度组	6	34.17±6.65	37.50±15.73	52.50±13.32	54.17±16.56	76.67±12.52	70.83±10.69	80.83±10.21	84.17±15.30
	轻度组	6	22.50±7.58	30.83±9.70	32.50±5.24	38.33±7.53	50.00±10.00	58.33±12.91	65.83±5.85	74.17±8.61
	中重度组	2	55.00±7.07	62.50±10.61	65.00±0.00	65.00±7.07	65.00±7.07	67.50±3.54	67.50±3.54	87.50±3.54
	F		80.35	79.79	176.10	223.11	379.77	413.48	515.45	1019.40
	P		<0.001*	<0.001*	<0.001*	<0.001*	<0.001*	<0.001*	<0.001*	<0.001*

*P<0.05, 下同

表2 不同年龄层 ASSR 反应预估阈值与 PTA 听阈相关系数分析

年龄层(岁)	耳数(n)	—	0.5 kHz	1 kHz	2 kHz	4 kHz
<30	42	r	0.45	0.54	0.53	0.34
		P	0.003*	<0.001*	<0.001*	0.028*
30~39	54	r	0.690	0.85	0.94	0.950
		P	<0.001*	<0.001*	<0.001*	<0.001*
40~49	42	r	0.74	0.75	0.81	0.85
		P	<0.001*	<0.001*	<0.001*	<0.001*
50~59	70	r	0.47	0.66	0.68	0.63
		P	<0.001*	<0.001*	<0.001*	<0.001*
60+	8	r	0.85	0.81	0.79	0.79
		P	0.007*	0.16	0.020*	0.02*

表3 不同诊断分组 ASSR 反应预估阈值与 PTA 听阈相关系数分析

分组	耳数(n)	—	0.5 kHz	1 kHz	2 kHz	4 kHz
轻度组	110	r	0.44	0.64	0.70	0.59
		P	<0.001*	<0.001*	<0.001*	<0.001*
中重度组	30	r	0.80	0.62	0.53	0.69
		P	<0.001*	<0.001*	0.02*	<0.001*

表4 对照组各频率 ASSR 反应预估阈值与 PTA 听阈的相关系数及回归方程

频率(kHz)	耳数(n)	r	回归方程	F	P
0.5	76	0.35	Y=0.22x+9.48	10.03	0.02
1.0	76	0.51	Y=0.3x+6.17	26.29	<0.001*
2.0	76	0.52	Y=0.35x+4.97	27.35	<0.001*
4.0	76	0.54	Y=0.45x+3.69	30.57	<0.001*

注: x 代表 ASSR 反应预估阈值, Y 代表纯音听阈, 下同; *P<0.05, 下同

3 讨论

职业性噪声聋是一种由长期暴露于高强度噪声引起的听力损失, 具有显著的社会和经济影响。噪声性耳聋被认为是常见的不可逆转的职业病之一, 尤其在制造业、建筑业和军事等高噪声环境中尤为突出^[1]。根据世界卫

表5 职业性噪声聋患者各频率 ASSR 反应预估阈值与 PTA 听阈的相关系数及回归方程

频率(kHz)	耳数(n)	r	回归方程	F	P
0.5	140	0.58	Y=0.61x+7.90	68.90	<0.001*
1.0	140	0.66	Y=0.69x+6.21	104.05	<0.001*
2.0	140	0.71	Y=0.79x+10.01	141.30	<0.001*
4.0	140	0.68	Y=0.59x+31.73	118.94	<0.001*

表6 各频率 ASSR 反应预估阈值与纯音听阈的相关系数及回归方程

频率(kHz)	耳数(n)	r	回归方程	F	P
0.5	216	0.70	Y=0.65x+5.89	204.55	<0.001*
1.0	216	0.84	Y=0.78x+0.75	523.39	<0.001*
2.0	216	0.92	Y=0.96x-0.94	1154.73	<0.001*
4.0	216	0.94	Y=1.07x-0.94	1663.42	<0.001*

生组织报告, 全球约有 10 亿人可能面临噪声引起的听力损失风险, 这一问题在发展中国家尤为严重, 缺乏系统的干预和预防措施^[10]。职业性噪声聋不仅影响个人的生活质量, 还给社会带来了巨大的经济负担, 包括医疗费用和生产力的损失^[11]。

本研究关注听觉稳态反应(ASSR)与纯音测听(PTA)

表7 所有受检者 ASSR 反应预估阈值(X)与PTA听阈值(Y)的回归方程评估结果($\bar{x}\pm s$, dB HL)

频率(kHz)	组别	耳数(n)	PTA 阈值 _{实测1}	PTA 阈值 _{评估1}	PTA 阈值 _{评估1} -PTA 阈值 _{实测1}	t	P
0.5	噪声聋	140	26.39±12.19	25.54±7.47	-0.85±9.96	1.014	0.312
	对照组	76	12.30±4.79	14.15±4.84	1.85±5.51	-2.93	0.005*
1	噪声聋	140	37.25±13.71	36.08±10.23	-1.17±10.42	1.323	0.188
	对照组	76	10.86±4.79	12.92±6.37	2.07±5.68	-3.17	0.002*
2	噪声聋	140	54.46±14.79	53.14±12.79	-1.33±10.64	1.478	0.142
	对照组	76	9.74±6.05	12.05±8.06	2.31±7.49	-2.69	0.009*
4	噪声聋	140	69.36±11.64	67.10±14.32	-2.26±10.67	2.508	0.133
	对照组	76	9.54±6.69	13.55±8.68	4.01±8.06	-4.34	<0.001*

的关系,旨在为职业性噪声聋的早期诊断和管理提供新视角。ASSR 可以作为一种客观的听力评估工具,能够在不同频率范围内准确反映听力损失的程度^[12]。通过对职业性噪声聋患者的 ASSR 和 PTA 结果进行分析,发现 ASSR 与 PTA 之间存在显著正相关(0.5、1、2 和 4 kHz 各频率相关系数 r 依次为 0.70、0.84、0.92、0.94),提示 ASSR 在评估噪声引起的听力损失中具有重要的临床应用潜力^[13]。这一发现为进一步研究 ASSR 作为职业性噪声聋的生物标志物提供了基础。

本研究探讨了职业性噪声聋患者的听觉稳态反应(ASSR)与纯音测听(PTA)之间的关系。研究创新点在于评估 ASSR^[14]在职业性噪声聋早期诊断和风险评估中的潜在价值。与先前研究相比,如 Wu 等^[12]在汽车制造工人中的研究,本研究不仅关注 ASSR 的生物标志物特性,还深入讨论了其与听力损失程度之间的相关性。职业性噪声聋的听力损失特征主要表现为早期高频段听力下降,随着接触噪声时间的延长,逐渐累及语频听力。研究发现,随着载波频率的增加,ASSR 与 PTA 之间的相关性显著增强,这对职业性噪声性听力损失早期高频听力下降的特点具有较高的适用性。此外,诊断为职业性噪声聋者在 2 kHz 频率上的 ASSR 阈值与 PTA 阈值之间有更显著的相关性,表明 2 kHz ASSR 测试在评估职业性噪声聋患者听力状况时,是一个客观、频率特异性和时间效率高的方法,现有文献也支持了这一结论。进一步研究可以探讨在不同职业群体中,高频 ASSR 的应用效果和可行性,为职业健康保护提供科学依据,为今后的临床实践提供重要参考。

本研究结果对临床实践和公共健康政策的制订具有重要影响。ASSR 能够有效地识别早期听力损失,并为制订个性化干预措施提供依据。与 Liu 等在地下矿工中发现的高频听力损失的相关性一致^[13]。采用 ASSR 作为生物标志物,能够帮助医生在临床环境更早地识别职业性噪声聋患者,从而实施及时的干预,改善患者的生活质量。此外,ASSR 与 PTA 的显著相关性为临床决策提供了数据支持,使得耳科医生能够更为精准地评估听力损失

程度,制订相应的治疗方案。这一发现还突显了在高噪声环境中工作的个体,在噪声暴露后需要定期进行听力评估,以便及时识别潜在的听力损失,并采取相应的干预措施。针对不同类型和程度的噪声聋患者,制订个性化的干预策略,有望显著改善患者的生活质量,降低社会的经济负担。

本研究存在局限性。首先,样本量较小和未能结合湿实验进行深入分析,可能对结果的普适性产生影响^[15]。此外,本研究的设计未能考虑其他潜在影响因素,如患者的职业背景和暴露历史,可能导致对结果的解释存在偏差。其次,本研究主要对职业性噪声聋患者的 ASSR 阈值与 PTA 听阈间的关系进行探讨,未涉及其他可能的听力评估指标,如听觉诱发电位等^[16]。未来的研究应扩大样本量,并在不同的临床环境中进行验证,以进一步确认 ASSR 在职业性噪声聋患者中的应用价值^[17,18]。为职业性噪声聋的预防、治疗和健康管理等提供更科学基础^[19]。

本研究通过系统地评估职业性噪声聋患者的听觉稳态反应(ASSR)与纯音测听(PTA)之间的关系,证实了 ASSR 作为生物标志物的潜力,进而为噪声引起的听力损失提供了新理解。在实际应用中,可以根据患者的具体情况选择合适的测试频率和测试方法,以提高测试的准确性和效率。未来研究需注重样本量的扩大及临床验证,优化职业性噪声聋的早期识别与干预策略。

参考文献

- [1] Johnson TA, Cooper S, Stamper GC, et al. Noise Exposure Questionnaire: A Tool for Quantifying Annual Noise Exposure[J]. J Am Acad Audiol, 2017,28(1):14-35.
- [2] Blair M, Slagley J, Schaal NC. Effect of noise and ototoxicants on developing standard threshold shifts at a U.S. Air Force depot level maintenance facility[J]. J Occup Environ Hyg, 2021,18(7):323-333.
- [3] Dau T, Wagner O, Mellert V, et al. Auditory steady-state responses with optimized chirp signals compensating basilar membrane dispersion [J]. J Acoust Soc Am, 2000,107(3): 1530-1540.
- [4] 雷艳,刘绮明,黄伟洛. Chirp 声刺激信号发展过程及其应用进展[J]. 中华耳科学杂志, 2021, 19(5): 860-865.

(下转 74 页)