

听觉稳态反应阈在职业性噪声聋诊断中的应用

王建^{1,2}, 杨爱初², 肖明慧², 梁晓阳², 黄伟欣², 郭集军²

(1. 山西医科大学公共卫生学院, 山西 太原 030001; 2. 广东省职业病防治院, 广东省职业病防治重点实验室, 广东 广州 510300)

摘要: **目的** 研究职业性噪声聋患者的听觉稳态反应 (ASSR) 阈值及纯音测试 (PTA) 听阈的关系, 为提高诊断职业性噪声聋的准确性以及鉴别伪聋提供科学依据。 **方法** 选取 117 例诊断为职业性噪声聋的患者, 分别对其进行 ASSR 与 PTA 两种检查, 测试不同频率的阈值。 **结果** PTA 与 ASSR 阈值之差在 0.5 kHz、1 kHz、2 kHz、4 kHz 的中位数依次为 6、1、-2、4 dB HL, 差异有统计学意义 ($P < 0.01$); ASSR 与 PTA 阈值在 0.5 kHz、1 kHz、2 kHz、4 kHz 相关系数依次为 0.46、0.75、0.82、0.83, 可以认为二者有较好的直线相关关系 ($P < 0.05$)。 **结论** 听觉稳态反应阈与纯音听阈有良好的相关性, 且阈值比较接近, 可以作为职业性噪声聋患者客观听力评估的方法之一。

关键词: 听觉稳态反应 (ASSR); 纯音测听 (PTA); 职业性噪声聋

中图分类号: R135.8 文献标识码: A 文章编号: 1002-221X(2017)06-0415-04 DOI: 10.13631/j.cnki.zggyx.2017.06.002

Application of auditory steady-state response threshold in diagnosis of occupational noise-induced hearing loss

Wang Jian*, Yang Aichu, Xiao Minghui, Liang Xiaoyang, Huang Weixin, Guo Jijun

(* . School of Public Health, Shanxi Medical University, Taiyuan 030001, China)

Abstract: Objective To study the correlations between thresholds of auditory steady-state responses (ASSR) and pure tone audiometry (PTA) in patients with occupational noise-induced hearing loss, thereby provide a scientific basis for improving the accuracy of the diagnosis of occupational noise-induced deafness and the identification of pseudo deaf. **Methods** One hundred and seventeen patients diagnosed as occupational noise-induced hearing loss were selected and two examinations of ASSR and PTA were carried out, respectively, then, the thresholds at different frequencies were obtained. The PTA and ASSR thresholds for each frequency were obtained. **Results** The results showed that the median values of the differences between PTA and ASSR thresholds were 6 dB HL, 1 dB HL, -2 dB HL and 4 dB HL at 0.5 kHz, 1 kHz, 2 kHz and 4 kHz, respectively, the differences were obviously statistically significant ($P < 0.01$). The correlation coefficient of the thresholds from two tests at 0.5, 1, 2 and 4 kHz were 0.46, 0.75, 0.82 and 0.83, respectively, which showed good linear correlation relationship ($P < 0.05$). **Conclusion** The results suggested that the ASSR thresholds were well-correlated with that of PTA, ASSR could be used as one of the objective methods for hearing evaluation.

Key words: auditory steady-state response (ASSR); pure tone audiometry (PTA); occupational noise-induced hearing loss

噪声超标广泛存在^[1], 其危害逐渐被人熟知。2005—2014 年的 10 年间, 国内职业性噪声聋的诊断例数平均以每年 24.96% 的比例递增^[2,3]。现行的《职业性噪声的诊断》(GBZ 49—2014) 规定, 听力评定以纯音听阈测试结果为依据。然而, 纯音测听 (pure tone audiometry, PTA) 易为受检者的主观意识所影响, 导致测试结果的真实性存疑。因此, 引入客观测听检查, 科学、准确地评估劳动者的真实听阈势在必行。目前广泛应用的听性脑干反应 (auditory brainstem response, ABR) 虽然可以客观地反映受检

者的听力情况, 但因缺乏频率特异性而无法满足预测听阈的要求。听觉稳态反应 (auditory steady-state response, ASSR) 恰恰弥补了这方面的缺陷, 能够客观地给出受检者的各频率的听阈阈值。此外, ASSR 具有测试时间短、输出的刺激声强度高优点。国内外多数学者认为, ASSR 阈值与 PTA 阈值有一定的相关性^[4-7]。本实验在当前研究的基础上, 验证 PTA 与 ASSR 的阈值相关性, 旨在量化 ASSR 反应阈与纯音听阈的关系, 为指导诊断职业性噪声聋提供客观、具体的理论依据。

1 对象与方法

1.1 对象

2015 年 3 月至 2015 年 12 月来我院门诊就诊和住院的疑似职业性噪声聋患者共 117 例 (234 只耳), 年龄 21~59 岁, 平均 39.8 岁; 所有患者接噪工龄均

收稿日期: 2017-02-09; 修回日期: 2017-09-04

基金项目: 国家科技支撑计划项目 (2014BAI12B00)

作者简介: 王建 (1990—), 男, 硕士研究生, 主要从事职业病学临床研究。

通信作者: 杨爱初, 主任医师, 硕士研究生导师, E-mail: 13682237960@126.com。

大于 3 年。入选标准：（1）无心脏、肝肾、造血、神经系统功能损伤；（2）外耳道、鼓膜检查无异常；（3）无耳毒性药物史。

1.2 测试设备

临床听力计标准头戴式耳机（丹麦科丽纳 Astera），SMART EP 听觉诱发电位仪（Intellegent Hearing 公司），E-A-RLINK 3B 型插入式耳塞（3M 公司），片状湿凝胶电极片（Lead-LOK 公司），标准电屏蔽隔音室，标准隔音室。

1.3 方法

1.3.1 PTA 利用经校准的丹麦科丽纳 Astera 临床听力计，按照《声学 纯音气导听阈测定 听力保护用》(GB/T 7583—1987)和《声学 测听方法 纯音气导和骨导听阈基本测听法》（GB/T 16403—1996）的有关要求，由具有操作资质且经验丰富的专业人员在标准隔音室内采用 Hughson-Westlake 法（即上升法，降 10 升 5 法）测试气、骨导听阈。

1.3.2 ASSR 调制 SMART EP 听觉诱发电位仪频率为 75~110 Hz，载波频率（简称载频）分别为 0.5 kHz、1 kHz、2 kHz、4 kHz。测试 ASSR 时记录电极置于前额正中紧靠发际，两侧乳突为参考电极，鼻根电极接地。带通滤波器的设置为 30~300 Hz，6 dB/倍程，放大器增益为 105 倍，伪迹剔除设置为 31 μ V，极间电阻应<3 k Ω 。每次记录 1 024 个调制周期，8 个频率共计 8 192 个样本，分为 16 个部分，每个部分 512 个样本。每部分扫描时间为 754 ms，总计扫描时间 12.064 s。最后计算机将 16~64 次扫描结果的波形叠加后取平均值，按照 *F* 检验或 *t* 检验等统计学方法给出有无 ASSR 的判断。此项检查在标准电屏蔽隔音室内进行，受检者保持卧姿，测试前先用 95%的乙醇棉球予相应部位去脂，然后用砂皮轻擦皮肤表面，去除角质质后方可贴于相应位置。双耳通过 E-A-RLINK 3B 型插入式耳塞给声。测试频率为 0.5 kHz、1 kHz、2 kHz、4 kHz，记录双耳相应阈值。耳聋分级判定按照 GBZ 49—2014 进行。

1.4 统计学分析

数据采用 SPSS 22.0 软件进行统计分析。相关性分析采用 Spearman 秩相关，不符合正态分布的计量资料以中位数、四分位数间距描述，多组间差异比较及多重比较采用非参数 Kruskal-Wallis H 检验。检验水准 α = 0.05（双侧）。

2 结果

2.1 一般情况

本次研究入选的 117 例职业性噪声聋患者中男

101 例（202 耳）、女 16 例（32 耳），诊断为轻、中、重度职业性噪声聋患者分别有 90 例（180 耳）、21 例（42 耳）、6 例（12 耳），纯音测听各耳语频高频 4 kHz 听阈加权值的分布见表 1。

表 1 PTA 语频高频 4 kHz 听阈加权值的分布 dB HL

程度	部位	男性				女性			
		耳数	<i>P</i> ₂₅	<i>P</i> ₅₀	<i>P</i> ₇₅	耳数	<i>P</i> ₂₅	<i>P</i> ₅₀	<i>P</i> ₇₅
轻度	左耳	76	29	33	39	14	31	34	37
	右耳	76	29	31.5	35	14	27	32	34
中度	左耳	20	44	47	52	1		41*	
	右耳	20	42	45	52	1		41*	
重度	左耳	5	58	69	81	1		59*	
	右耳	5	61	64	78	1		60*	

注：* 为 PTA 语频高频听阈加权值

2.2 阈值的差异性分析

234 只耳的 PTA 与 ASSR 阈值之差呈偏态分布，在 0.5 kHz、1 kHz、2 kHz、4 kHz 的中位数依次为 6 dB HL、1 dB HL、-2 dB HL、4 dB HL，以上两种测听阈值之差在轻、中、重度组中的比较，差异无统计学意义（*P*>0.05），见表 2。

表 2 不同听力损失级别 PTA 与 ASSR 阈值差的比较 dB HL

分级	耳数	中位数			
		0.5 kHz	1 kHz	2 kHz	4 kHz
轻度	180	3.5	1	-2	4
中度	42	6	1	1	4
重度	12	-4	1	5.5	11.5
合计	234	6	1	-2	4
χ^2 值		2.98	2.66	0.40	0.19
<i>P</i> 值		0.23	0.27	0.82	0.90

2.3 阈值的相关性分析

234 只耳的 ASSR 阈值与 PTA 阈值在 0.5 kHz、1 kHz、2 kHz、4 kHz 的相关系数为 0.46、0.75、0.82、0.83，整体相关性良好，且随着频率的增加，相关性逐渐增强，差异均有统计学意义（*P*<0.05）。各频率内部随着听力损失程度的加深，相关系数亦呈逐渐增大趋势，差异均有统计学意义（*P*<0.05）。见表 3。

表 3 PTA 阈值与 ASSR 阈值相关性比较（*r*）

分级	耳数	0.5kHz	1 kHz	2 kHz	4 kHz
轻度	180	0.35	0.70	0.77	0.82
中度	42	0.69	0.78	0.80	0.87
重度	12	0.75	0.85	0.93	0.71
合计	234	0.46	0.75	0.82	0.83

2.4 阈值回归分析

如表 4 所示,在用 ASSR 预测 PTA 的回归方程中,0.5 kHz、1 kHz、2 kHz、4 kHz 的决定系数依次为 0.41、0.66、0.71、0.69,有逐渐增大的趋势,差异有统计学意义 ($P < 0.01$)。

表 4 ASSR 反映阈预测 PTA 阈值的回归分析

频率	回归系数(<i>b</i>)	标准化回归系数(<i>b'</i>)	常数项	决定系数(<i>R</i> ²)	<i>P</i> 值
0.5 kHz	0.77	0.64	3.24	0.41	<0.01
1 kHz	0.85	0.81	6.51	0.66	<0.01
2 kHz	0.91	0.84	4.70	0.71	<0.01
4 kHz	0.85	0.83	6.16	0.69	<0.01

3 讨论

按照 GBZ 49—2014 规定,职业性噪声聋的诊断分级要以纯音测听结果为依据,通过较好耳语频和高频 4 kHz 听阈加权值进行诊断分级,即涉及 0.5 kHz、1 kHz、2 kHz、4 kHz 共 4 个频率,目前 ASSR 设备的测试频率即为上述 4 个频率,故而本研究分析上述 4 个频率的阈值在 ASSR 与 PTA 之间的关系。

ASSR 是由周期性调幅、调频或既调频又调幅的持续性或刺激速率在 1~200 Hz 的短音或短纯音诱发的稳态脑电反应,反应的相位与刺激信号相位具有稳定的关系。将不同频率的声波作为载波,以不同的调制频率分别对载波频率进行调制,再将调制后的声波同时输入双耳,激活耳蜗基膜上相应部位的 ASSR^[4]。有研究指出^[5-7],在 ASSR 与 PTA 阈值的一致性方面,听力受损人员的一致性明显优于正常人。基于此,本研究深入讨论二者在职业性噪声聋患者的听阈评估上的应用关系。

牟鸿等研究报道^[8],5~10 岁正常儿童不同频率(0.5 kHz、1 kHz、2 kHz、4 kHz)PTA 与 ASSR 阈值之差均值为 11.23~16.50 dB HL。Lins 等指出^[9],正常成人 0.5 kHz、1 kHz、2 kHz、4 kHz 各频率的 ASSR 阈值高出纯音听阈值,依次为 11 dB HL、14 dB HL、9 dB HL、10 dB HL。本研究结果显示,职业性噪声聋患者两种测试方法的阈值之差均呈偏态分布,不同频率的中位数分布范围为-2~6 dB HL,差异明显小于文献报道的正常儿童及成人。分析原因主要与申请职业病诊断的劳动者,在进行主观纯音听力测试时,个别患者存在夸大性听力损失有关。

本研究发现,轻、中、重度患者 ASSR 与 PTA 的阈值之差并无统计学意义,异于王斐等^[10]指出的随着听力损失的加重,ASSR 反应阈愈接近纯音听阈的观点。其原因可能是中、重度噪声聋患者的例数较少,且纯音测听结果未必反映其真实听力水平。因此,严

格遵照 GBZ 49—2014 诊断步骤,即当听力损害程度达到中度以上时进行客观测听检查是非常必要的。

研究表明^[8,10-12],无论成人还是儿童,听力受损与否,ASSR 与 PTA 阈值在 0.5 kHz、1 kHz、2 kHz、4 kHz 都具有一定的相关性。本研究结果显示,针对职业性噪声聋患者所做的 ASSR 与 PTA 两种测试,其阈值整体具有良好的相关性,而且随着频率的增加,相关性逐渐增强。0.5 kHz 处的相关系数明显小于其他频率,其原因可能是低频测试更容易受环境噪声影响所致^[13],高频刺激声对低频声有抑制及掩蔽作用^[14];或者由于 0.5 kHz 声型号较其他载频变化速率慢,相应的神经元同步化程度较差^[15]而导致的结果。本研究显示,各频率内部随着听力损失的加重,相关系数呈逐渐增大趋势。各频率的决定系数随频率增加有逐渐增大的趋势,提示随着频率的增加,可以用 ASSR 反映阈解释 PTA 阈值变异的比列逐渐增加。尽管 ASSR 是近些年来发展起来的一种新的客观听力检测技术,因其测试结果频率特异性高,客观性强,而成为目前听力检测技术中研究的热点^[16-18]。理论上可以通过 ASSR 来评估受检者的真实听力水平,但是目前国内尚无 ASSR 和 PTA 正常人群各个年龄组的参考值,所以,尚不足以单独作为客观评估听力的方法,仍需结合其他的检测结果加以综合分析,客观地还原受检人员的真实听力水平,最终做出准确的判断。

参考文献:

- [1] 刘志硕,申金升,卫振林.我国职业噪声危害成因分析及总体控制对策[J].中国安全科学学报,2003,13(12):56-59
- [2] 中华人民共和国卫生部.卫生部等单位通报 2005 年我国职业病防治工作情况及今后重点工作[EB/OL].2006-04-24.http://www.nhfp.gov.cn.
- [3] 中华人民共和国国家卫生和计划生育委员会.关于 2014 年职业病防治工作情况的通报[EB/OL].2015-12-03.http://www.nhfp.gov.cn.
- [4] 李兴启.听觉诱发反应及应用[M].北京:人民军医出版社,2015:211.
- [5] Perez Abalo MC, Savio G, Torres A, et al. Steady state responses to multiple amplitude-modulated tones: an optimized method to test frequency-specific thresholds in hearing-impaired children and normal-hearing subjects[J]. Ear Hear, 2001, 22(3):200-211.
- [6] Rance G, Rickards FW, Cohen LT, et al. The automated prediction of hearing thresholds in sleeping subjects using auditory steady-state evoked potentials[J]. Ear Hear, 1995, 16(5):499-507.
- [7] Rance G, Dowell RC, Rickards FW, et al. Steady-state evoked potential and behavioral hearing thresholds in a group of children with absent click-evoked auditory brain stem response[J]. Ear Hear, 1998, 19(19):48-61.

(下转第 454 页)

出现率随着时间的推移而逐步上升,在 13~14 个月达到第一个高峰。根据不同体检的间隔时间,对异常人员 Hb 进行了单因素方差分析,6 个组的结果差异有统计学意义 ($F=6.12$, $P<0.01$)。13~14 个月为第一个高峰,19~36 个月出现了第二个高峰。见图 1。

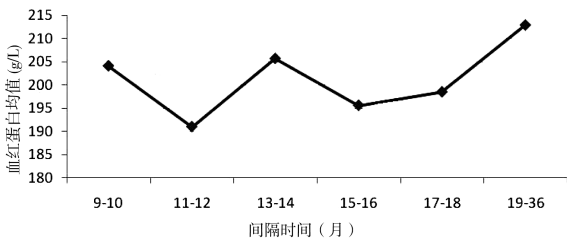


图 1 不同体检间隔时间 Hb 均值的变化趋势

经过单因素分析,年龄对心率、白细胞、血小板、碱性磷酸酶、总蛋白、球蛋白、总胆固醇、高低密度脂蛋白、平均血小板体积、尿素氮、肌酐的影响差异有统计学意义,对 RBC、Hb、HCT 等的影响差异无统计学意义。

116 例中吸烟 66 例、不吸烟 24 例、不详 26 例。吸烟和不吸烟组进行成组 t 检验,白细胞、平均红细胞体积、血小板、红细胞分布宽度、尿液 pH 和肌酐与吸烟有关,差异有统计学意义 ($P<0.05$, t 值分别为 -2.71 、 -3.85 、 3.57 、 -2.60 、 2.68 、 3.09)。

3 讨论

青藏铁路是世界上海拔最高、里程最长的高原铁路,投入运营 10 年,目前有 2 万余名职工工作于不同岗位。随着高原低氧环境暴露时间的延长,导致 Hb 过度增加,从而引起血流动力及心泵功能改变,以致发生慢性高原病,影响着高原移居者的生活、工作、学习,甚至威胁生命^[3]。

本次调查结果显示,吸烟对血红蛋白和血氧饱和度均无明显影响,与国内其他研究结果不同^[4],可能与本次分析数

据较少有关。杜治琴等研究认为高红症未发现与年龄有关联^[4]。本调查也发现年龄仅对白细胞、尿素氮、碱性磷酸酶等指标有一定影响,但对红细胞、血红蛋白和红细胞压积没有明显关系 ($P>0.05$)。

动态观察发现,疑似高红症者最早出现异常的指标是红细胞、红细胞压积和尿素氮 (9~10 个月),血红蛋白在 11~12 个月出现明显变化 ($P<0.05$),19~36 个月达到高峰 (212.86 g/L),超出了调离标准。其他体检指标异常的情况亦随着时间推移而增加,符合缺氧反应表现,进一步验证了人体在高原低氧环境中发生的红细胞增多是一种功能性适应,红细胞增多可以提高血液的携氧能力和增强对组织的氧供^[5]。

本研究发现红细胞、血红蛋白、红细胞压积、肌酐、尿素氮、总 (直接) 胆红素、空腹血糖等指标的动态变化较为敏感,与相关研究一致^[6]。故建议将与首次体检间隔 13~14 个月作为轮换周期,以防止高原红细胞增多症的发生,保证青藏铁路职工的身体健康。

参考文献:

- [1] 中华医学会第三次全国高原医学学术讨论会推荐稿. 我国高原病命名、分型及诊断标准 [J]. 高原医学杂志, 2010, 20 (1): 9-11.
- [2] 铁办劳卫 [2013] 23 号. 铁道部办公厅关于印发《高原铁路卫生保障工作指南》的通知 [Z].
- [3] 崔建华, 王引虎, 郭玉新, 等. 高原移居者出现高原病症状时的血生化改变 [J]. 中国临床康复, 2006, 10 (36): 14-15.
- [4] 杜治琴, 高钰珙, 李维民, 等. 高原卫生保健指南 [M]. 北京: 人民军医出版社, 2014: 91-121.
- [5] 潘允军, 彭化安. 青藏铁路部分施工人员体检结果分析 [J]. 预防医学文献信息, 2003, 9 (6): 656-657.
- [6] 施红生, 邱永祥, 赵亚林, 等. 青藏列车乘务人员间断性低氧作业对健康的影响 [J]. 职业与健康, 2010, 26 (14): 1561-1567.

(上接第 417 页)

- [8] 牟鸿, 刘俊杰, 李晓梅, 等. 正常儿童多频稳态诱发电位与纯音测听测试的相关性 [J]. 山东大学耳鼻喉眼学报, 2007, 21 (2): 133-135.
- [9] Lins OG, Picton TW, Boucher BL, *et al.* Frequency specific audiometry using steady-state responses [J]. Ear Hear, 1996, 17 (2): 81-96.
- [10] 王斐, 王洪明, 姜学钧. 成人感音神经性聋的听觉稳态反应反应阈与纯音听阈 [J]. 中国耳鼻咽喉头颈外科, 2010, 17 (12): 650-652.
- [11] 罗建芬. 多频稳态诱发电位与行为测听联合应用在人工耳蜗植入儿童听力学评估中的应用价值 [A]. 中华医学会、中华医学会耳鼻咽喉头颈外科分会. 全国耳鼻咽喉头颈外科中青年学术会议论文汇编 [C]. 中华医学会、中华医学会耳鼻咽喉头颈外科分会, 2012: 2.
- [12] 江文博. 正常青年人多频稳态听觉诱发电位阈值的测试 [D]. 安徽医科大学, 2010.
- [13] Picton TW, Dimitrijevic A, Perez AM. Estimating audiometric

thresholds using auditory steady-state responses [J]. J Am Acad Audiol, 2005, 16 (3): 140-156.

- [14] Swanepoel D, Steyn K. Establishing normal hearing for infants with the auditory steady-state response [J]. S Afr J Commun Disord, 2005, 52 (3): 36-39.
- [15] 胡旭君, 金冬冬. 极重度聋儿童多频听觉稳态反应阈值与纯音听阈相关性研究 [J]. 临床耳鼻咽喉科杂志, 2006, 20 (7): 329-330.
- [16] Dimitrijevic A, John MS, Van Roon P, *et al.* Estimating the audiogram using multiple auditory steady-state evoked responses [J]. J Am Acad Audiol, 2002, 13 (4): 205-224.
- [17] Roberson JB, Rourke C, Stidham KR. Auditory steady-state response testing in children: evaluation of new technology [J]. J Curr Opin Otolaryngol Head&Neck Surg, 2003, 129 (1): 378-382.
- [18] John MS, Purcell DW, Dimitrijevic A, *et al.* Advantages and caveats when recording steady-state responses to multiple stimuli [J]. J Am Acad Audiol, 2002, 13 (5): 246-259.