DOI:10.16016/j.2097-0927.202401124

正常听阈单侧耳鸣者电生理特征及临床意义

吴文静,姜振东,兰发璋,何 亚,钟 诚 400038 重庆,陆军军医大学(第三军医大学)第一附属医院耳鼻咽喉头颈外科

[**摘要**] **目的** 探究正常听阈单侧耳鸣患者电生理特征及临床意义。**方法** 选取2022年5月至2023年2月陆军军医大学第一附属医院耳鼻咽喉头颈外科收治的34例听力正常主诉单侧耳鸣患者作为研究对象,以患侧组与健侧组检测数据进行对比。对患者双侧分别进行纯音听阈检测、畸变产物耳声发射(distortion product otoacoustic emissions,DPOAE)、听性脑干反应(auditory brainstem response,ABR)检测及扩展高频测听。**结果** ABR的波Ⅰ潜伏期患侧组较健侧组明显缩短,且差异具有统计学意义(1.60 *vs* 1.73 ms,$P=0.018$)。ABR的波Ⅰ幅值患侧组较健侧组明显下降(0.19 *vs* 0.23 μV,$P=0.003$)。患侧组34耳中波Ⅲ波幅大于波Ⅴ波幅有18耳(52.94%),健侧组未发现波Ⅲ波幅大于波Ⅴ波幅,2组比较差异具有统计学意义($\chi^2=24.480$,$P<0.001$)。在12.5、14.0、16.0、18.0、20.0 kHz患侧组34耳扩展高频测听平均听阈值均高于健侧组,差异具有统计学意义($P<0.05$)。**结论** 正常听阈主观性耳鸣者进行ABR检查可有助于初步判断听觉通路是否出现隐性功能改变,波Ⅰ幅值下降、波Ⅰ潜伏期缩短、波Ⅲ波幅大于波Ⅴ波幅等可作为客观参考指标。

[**关键词**] 听阈正常;单侧耳鸣;隐性听力损失;听性脑干反应
[**中图法分类号**] R338.8; R339.16; R764.45 [**文献标志码**] A

Electrophysiological characteristics and clinical significance of unilateral tinnitus with normal hearing threshold

WU Wenjing, JIANG Zhendong, LAN Fazhang, HE Ya, ZHONG Cheng Department of Otolaryngology, Head and Neck Surgery, First Affiliated Hospital, Army Medical University (Third Military Medical University), Chongqing, 400038, China

[**Abstract**] **Objective** To investigate the electrophysiological characteristics and clinical significance of unilateral tinnitus with normal hearing threshold. **Methods** A total of 34 patients with normal hearing but unilateral tinnitus admitted to our department from May 2022 to February 2023 were recruited as the study subjects. Pure tone hearing threshold detection, distortion product otoacoustic emission (DPOAE), auditory brainstem response (ABR) detection and extended high-frequency pure tone audiometry were performed on both ears (affected side and healthy side) of every patient. The data of the affected side group and those of healthy side group were compared. **Results** The Ⅰ-wave latency of ABR was significantly shorter (1.60 *vs* 1.73 ms, $P=0.018$), and its amplitude was obviously decreased (0.19 *vs* 0.23 μV, $P=0.003$) in the affected side group when compared with the healthy side group. In the affected group (34 ears), there were 18 ears (52.94%) having amplitude of wave Ⅲ greater than that of wave Ⅴ, while in the healthy group, no such difference in the amplitude between wave Ⅲ and wave Ⅴ was observed. There was statistical significance between the 2 groups (*Chi*-square = 24.480, $P<0.001$). In the 12.5, 14.0, 16.0, 18.0 and 20.0 kHz conditions, the average hearing threshold of extended high-frequency audiometry was all significantly higher in the affected side group than the healthy group ($P<0.05$). **Conclusion** For subjective tinnitus patients with normal hearing threshold, ABR examination is helpful in preliminarily determining whether there are hidden

[**通信作者**] 钟 诚,E-mail:agm95zc@163.com

2097-0927/Copyright © 2024, 陆军军医大学(第三军医大学)。这篇开放获取文章遵循 CC BY 许可协议(https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/)

functional changes in the auditory pathway. Decreased Ⅰ-wave amplitude, shortened Ⅰ-wave latency, and wave Ⅲ amplitude greater than wave Ⅴ amplitude can be used as objective reference indicators.

[**Key words**] normal hearing threshold; unilateral tinnitus; hidden hearing loss; auditory brainstem response

Corresponding author: ZHONG Cheng, E-mail: agm95zc@163.com

耳鸣是指在无外界声音、电刺激干扰下耳内或伴颅内存在主观异常声音感觉的情况,由于耳鸣机制尚未阐明,其治疗常以指导性咨询或声治疗等为主。随着环境噪声增多、生活压力、工作压力等影响,年轻群体罹患耳鸣概率亦逐渐增加[1]。耳鸣临床诊断以患者自述、纯音测听、耳鸣心理声学等方式为主,存在一定的主观性。常规临床检测较难观察到主观性耳鸣异常表现,给耳鸣诊断和治疗带来巨大挑战,寻找客观的耳鸣诊断指标指导临床治疗具有重要意义。听性脑干反应(auditory brainstem response,ABR)目前在神经科、耳科领域广泛应用于评估客观听力和病变部位[2]。现有研究发现耳鸣者 ABR 数据与非耳鸣者具有一定的差异性,推测耳蜗与大脑听觉神经系统之间的传导通路存在异常,是反应耳蜗、听神经、脑干等功能的客观功能指标之一[3-4]。据此,本研究拟通过纯音听阈检测、畸变产物耳声发射(distortion product otoacoustic emissions,DPOAE)幅值、ABR 检测各波波幅幅值、潜伏期、间期及振幅比,以及扩展高频测听等数据,以正常听阈健侧组作为对照,探讨单侧耳鸣患者电生理特征,以期为耳鸣的精细化诊疗提供客观参考证据。

1 资料与方法

1.1 一般资料

选取 2022 年 5 月至 2023 年 2 月陆军军医大学第一附属医院就诊的 34 例听力正常主诉单侧耳鸣患者作为研究对象,其中男性 14 例、女性 20 例,年龄 20~50 岁(27.50±3.22)岁。以患者非耳鸣侧为健侧组,耳鸣侧为患侧组,探讨正常听阈单侧耳鸣患者 ABR 特征。纳入标准:①外耳道由耳镜检查通畅,鼓膜正常;②纯音测听听阈正常;③声导抗提示 A 型;④既往无外耳、中耳疾病;⑤无感音神经性耳聋、眩晕等;⑥既往无神经系统疾病。排除标准:①他觉性耳鸣;②搏动性耳鸣;③全身性疾病(如高血压、糖尿病);④长期在噪音环境中工作;⑤头部肿瘤;⑥听神经相关疾病。本研究经医院伦理委员会批准[(A)KY202288]。

1.2 方法

1.2.1 纯音听阈测试 由纯音测听仪行 250~8 000 Hz 常规听力测试,每个频率听阈值≤25 dBHL 为通过。

1.2.2 声导抗检查及 DPOAE 测试 采用 Interacoustics Titan 耳声发射仪对受试者进行测试,A 型鼓室图、声反射阈值均属于正常范围,无中耳病变;畸变产物耳声发射确认引出表示高于本底噪声 6 dB 为反应。

1.2.3 ABR 检测 取平卧位,放松四肢,涂抹磨砂膏行脱脂处理,粘贴一次性心电电极,在发际线处记录,参考同侧乳突电极,眉心处为地级,测试电阻 5 kΩ 及以下,插入式耳机给声行短声刺激,19.3 次/s,平均叠加次数 2 048 次,100~3 000 Hz 滤波,刺激强度为 80 dBnHL,待波形稳定清晰后记录 ABR 波形,包括波Ⅰ、波Ⅲ、波Ⅴ的潜伏期、幅度及其比值,ABR 幅值测量方式选择从波峰到随后的一个波谷。隔声电磁屏蔽室环境噪声 30 dB 以下,所用仪器校按国家标准校正后开始测试。

1.2.4 扩展高频检测 在符合标准的隔声室内测试,扩展高频测听从 9.0 kHz 开始逐渐测试听阈至 20.0 kHz(9.0、10.0、11.2、12.5、14.0、16.0、18.0、20.0 kHz)。扩展高频平均听阈采用 9.0~20.0 kHz 所测频率的平均听阈值计算。

1.3 观察指标

记录纯音听阈测试,DPOAE 幅值、ABR 各波幅值、潜伏期、间期及振幅比、扩展高频平均听阈。

1.4 统计学分析

采用 SPSS 24.0 软件进行统计分析。计量资料以 $\bar{x}\pm s$ 表示,比较行 t 检验,计数资料采用百分数表示,采用配对下 χ^2-test(校正)检验。$P<0.05$ 表示差异具有统计学意义。

2 结果

2.1 2 组纯音听阈及声导抗测试比较

2 组在 250、500、1 000、2 000、4 000、8 000 Hz 各频率阈值均在 20 dBHL 左右,均在正常范围内。2 组各频率阈值比较差异无统计学意义($P>0.05$),见表 1。声导抗检查全部患者双耳鼓室图呈 A 型曲线。

2.2 2 组 DPOAE 幅值比较

2 组在 500、1 000、2 000、4 000、8 000Hz 各频率的 DPOAE 幅值比较差异无统计学意义,见表 2。

2.3 2 组 ABR 潜伏期及间期比较

ABR 的波Ⅰ潜伏期患侧组较健侧组明显缩短,且

差异具有统计学意义($P<0.05$),而波Ⅲ、波Ⅴ潜伏期及Ⅰ-Ⅲ、Ⅲ-Ⅴ、Ⅰ-Ⅴ间期比较差异无统计学意义,见表3。

2.4 2组ABR幅度及其比值比较

ABR的波Ⅰ幅值患侧组较健侧组明显下降,差异具有统计学意义($P<0.05$),2组波Ⅲ、波Ⅴ幅值及Ⅴ/Ⅰ、Ⅴ/Ⅲ、Ⅲ/Ⅰ幅度比值比较差异无统计学意义,见表4。

2.5 ABR波幅的比率比较

患侧组34耳中波Ⅲ波幅大于波Ⅴ波幅共有18耳,占比52.94%,健侧组未发现波Ⅲ波幅大于波Ⅴ波幅的情况,2组比较差异有统计学意义($\chi^2=24.480$,$P<0.001$)。

2.6 2组扩展高频测听平均听阈比较

在9.0、10.0、11.2 kHz,2组扩展高频测听平均听阈差异无统计学意义($P>0.05$),见表5。在12.5、14.0、16.0、18.0、20.0 kHz,患侧组34耳扩展高频测听平均听阈值均高于健侧组,差异具有统计学意义($P<0.05$),见表6。

表1 2组纯音听阈测试(dBHL,$n=34$,$\bar{x}\pm s$)

组别	250 Hz	500 Hz	1 000 Hz	2 000 Hz	4 000 Hz	8 000 Hz
患侧组	13.71±3.14	12.92±3.31	11.42±3.12	13.44±3.63	15.65±3.63	16.42±3.92
健侧组	12.78±3.17	11.58±3.39	11.75±3.28	12.78±3.75	15.11±3.72	15.42±4.09
t	1.215	1.649	0.425	0.737	0.605	1.029
P	0.228	0.103	0.672	0.463	0.546	0.307

表2 2组DPOAE幅值(dB,$n=34$,$\bar{x}\pm s$)

组别	500 Hz	1 000 Hz	2 000 Hz	4 000 Hz	8 000 Hz
患侧组	13.21±2.07	9.46±2.61	11.43±2.68	14.69±1.72	15.89±2.79
健侧组	12.98±2.31	10.23±2.73	11.61±2.85	14.36±1.45	14.98±2.21
t	0.432	1.188	0.268	0.855	1.490
P	0.667	0.239	0.789	0.395	0.140

表3 2组ABR潜伏期及间期(ms,$n=34$,$\bar{x}\pm s$)

组别	Ⅰ	Ⅲ	Ⅴ	Ⅰ-Ⅲ	Ⅲ-Ⅴ	Ⅰ-Ⅴ
患侧组	1.60±0.21	3.87±1.07	5.64±1.44	2.27±0.36	1.77±0.13	4.04±1.31
健侧组	1.73±0.23	3.81±1.05	5.58±1.41	2.08±0.46	1.77±0.15	3.85±1.22
t	2.433	0.233	0.173	1.896	0.000	0.618
P	0.018	0.816	0.862	0.062	1.000	0.538

表4 2组ABR幅度及其比值(μV,$n=34$,$\bar{x}\pm s$)

组别	Ⅰ	Ⅲ	Ⅴ	Ⅴ/Ⅰ	Ⅴ/Ⅲ	Ⅲ/Ⅰ
患侧组	0.19±0.05	0.31±0.07	0.30±0.06	1.58±0.33	0.97±0.15	1.63±0.58
健侧组	0.23±0.06	0.32±0.08	0.33±0.08	1.44±0.27	1.03±0.19	1.39±0.43
t	2.986	0.548	1.749	1.914	1.445	1.938
P	0.003	0.585	0.084	0.059	0.153	0.056

表5 9.0~11.2 kHz 2组扩展高频测听平均听阈比较(dBHL,$n=34$,$\bar{x}\pm s$)

组别	9.0 kHz	10.0 kHz	11.2 kHz
患侧组	13.34±3.75	15.38±5.52	16.46±6.61
健侧组	13.45±4.33	15.37±3.19	16.11±3.57
t	0.112	0.009	0.271
P	0.911	0.992	0.786

表6 12.5~20.0 kHz 2组扩展高频测听平均听阈比较(dBHL,$n=34$,$\bar{x}\pm s$)

组别	12.5 kHz	14.0 kHz	16.0 kHz	18.0 kHz	20.0 kHz
患侧组	19.23±5.17	25.71±7.89	34.92±10.77	40.27±10.33	60.38±20.14
健侧组	16.27±4.88	19.32±5.51	25.38±8.73	24.78±7.11	38.11±7.89
t	2.427	3.871	4.012	7.202	6.003
P	0.017	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001

3 讨论

耳鸣是一种临床发病率极高,且患者常伴有不同程度不适(包括生理或心理不适)的现象,年龄范围广,罹患人群基数大;且由于病因与机理不明,故而受到愈来愈多的临床关注与研究探索[5]。既往普遍认为耳鸣与听力下降密切相关,随着研究的进展,不伴有传统意义上听力损失的耳鸣越来越受到关注[6]。因耳鸣患者的主观感受难以建立测试标准,耳鸣的临床诊断尚未得到一致性的客观依据。本研究拟通过选取正常听阈单侧主观性耳鸣者作为研究对象,健侧组和患侧组作对照,以期可以避免较多混杂因素。研究发现,单侧耳鸣患者患侧 ABR 有相应特征性改变,表明即使耳鸣患者无听阈改变,仍可能存在听觉传导通路的器质性改变。近年来,随着对"隐匿性听力损失"研究的逐渐深入,这种不伴有阈值改变的耳鸣被认为可能是隐匿性听力损失的一种表现形式,因而也可能是阈上听觉功能改变的表现之一。通过常频纯音测听无法判断隐性听力损失,为进一步验证患侧耳是否确实存在隐性听力损失,进行了扩展高频平均听阈检测[7],发现患侧组在超高频平均听阈高于健侧组。

耳鸣病理机制可能与耳蜗受损后传入信号减弱,从耳蜗核到听觉中枢兴奋性补偿加强,神经放电及同步化水平增高相关[8]。本研究中,选择听阈正常单侧耳鸣患者入组,对其进行 DPOAE 等相关检查,排除听觉外周系统功能障碍及耳蜗外毛细胞功能异常,推测患侧出现耳鸣的原因可能在于神经传递通路上[9-10]。本研究结果显示,患侧组与健侧组 ABR 波Ⅰ幅值和潜伏期比较差异有统计学意义,证实了听阈正常耳鸣者在耳蜗毛细胞的初级传入神经有损伤,可能是导致耳鸣的原因。有研究报道,无 ABR 反应阈改变条件下,波Ⅰ幅值降低反映带状突触功能损伤[11],与本研究结论相似。我们认为波Ⅰ幅值变化是由于听神经纤维连接内毛细胞存在不同兴奋阈值导致,常规条件下,所有神经纤维同时参与动作电位,波Ⅰ幅值正常[12];一旦耳蜗受损,少数阈值较高神经纤维和内毛细胞间出现传递障碍,无法作出反应,导致波Ⅰ幅值下降[13],此时听力仍可维持阈值。高频声波主要在耳蜗底回传递,如果存在隐性听力损失,则高频听力会出现一定程度的下降[14]。本研究中扩展高频测听平均听阈检测,患侧组 34 耳在 12.5、14.0、16.0、18.0、20.0 kHz 扩展高频测听平均听阈值均高于健侧组,表明可能已经存在隐性听力损失。患侧组 ABR 波Ⅰ潜伏期缩短则可能与神经递质在释放过程中出现过度释放,导致出现神经自发性放电,加快了传输速度有关。有研究表明,兴奋性神经递质谷氨酰胺在外周性耳鸣、噪声等刺激作用下,会出现过度释放,导致突触区域大量钙离子内流,引起功能异常,使传入神经纤维放电率增加,提高神经传导速率[15-16],出现波Ⅰ潜伏期缩短。

本研究发现,仅存在波Ⅰ波幅降低,却并未发现波Ⅲ、波Ⅴ幅值出现明显改变,主要原因是本研究患者听阈目前正常,听力损失相对较小,未能引起神经中枢的特征性表现。本结果推测可能与患者耳蜗传入神经仅为轻度损伤有关,其中枢调节能力仍保持在一个高水平基础上,所以并未出现明显变化。本研究结果显示,患侧组波Ⅲ波幅大于波Ⅴ波幅占比为 52.94%,明显高于健侧,主要原因是波Ⅴ位于下丘,下丘神经元兴奋数量变化导致波Ⅲ波幅大于波Ⅴ波幅现象[17-19]。声损伤会导致波Ⅲ、波Ⅴ波幅出现下降,而前文提到的补偿机制波Ⅲ会在球形丛细胞途径中得到补偿,而波Ⅴ却未能得到补偿。

当然,本研究尚存在一些不足,如纳入病例数尽管符合统计学分析要求,且得出了一定的有意义结果,但更大样本量将有助于发现更多潜在的变化;此外,关于神经电生理等方面的机制探索还需进一步拓展,这些将在今后的研究中作为新的切入点予以深入分析探讨。

综上所述,正常听阈主观性耳鸣者进行 ABR 检查可有助于发现听觉通路的隐性功能改变,ABR 可为耳鸣诊断提供客观参考依据。

参考文献:

[1] DOMARECKA E, OLZE H, SZCZEPEK A J. Auditory brainstem responses (ABR) of rats during experimentally induced tinnitus: literature review[J]. Brain Sci, 2020, 10(12): 901. DOI: 10.3390/brainsci10120901.

[2] 蒋佳琪, 赖媛, 陈杰荣, 等. 学龄前儿童言语诱发听性脑干反应的性别差异[J]. 听力学及言语疾病杂志, 2023, 31(1): 31-34. DOI: 10.3969/j.issn.1006-7299.2023.01.007.
JIANG J Q, LAI Y, CHEN J R, *et al*. The gender differences of speech-evoked auditory brainstem response in preschoolers[J]. J Audiol Speech Pathol, 2023, 31(1): 31-34. DOI: 10.3969/j.issn.1006-7299.2023.01.007.

[3] CHEN F F, ZHAO F, MAHAFZA N, *et al*. Detecting noise-induced cochlear synaptopathy by auditory brainstem response in tinnitus patients with normal hearing thresholds: a meta-analysis[J]. Front Neurosci, 2021, 15: 778197. DOI: 10.3389/fnins.2021.778197.

[4] 宋勇莉, 齐柳, 陈阳, 等. 慢性耳鸣患者合并焦虑和抑郁影响因素的分析[J]. 听力学及言语疾病杂志, 2021, 29

(4):398-402. DOI:10.3969/j.issn.1006-7299.2021.04.009.
SONG Y L, QI L, CHEN Y, *et al*. Influencing factors of anxiety and depression in patients with chronic tinnitus[J]. J Audiol Speech Pathol, 2021, 29(4): 398-402. DOI: 10.3969/j.issn.1006-7299.2021.04.009.

[5] JIMOH Z, MAROUF A, ZENKE J, *et al*. Functional brain regions linked to tinnitus pathology and compensation during task performance: a systematic review[J]. Otolaryngol Head Neck Surg, 2023, 169(6): 1409-1423. DOI: 10.1002/ohn.459.

[6] LIBERMAN M C, KUJAWA S G. Cochlear synaptopathy in acquired sensorineural hearing loss: Manifestations and mechanisms[J]. Hear Res, 2017, 349: 138-147. DOI: 10.1016/j.heares.2017.01.003.

[7] MA X Y, SHEN W D, YANG S M, *et al*. The significance of extended high-frequency audiometry in tinnitus patients with normal hearing as evaluated *via* conventional pure tone audiometry[J]. J Laryngol Otol, 2024, 138(4): 381-387. DOI: 10.1017/S0022215123000920.

[8] JACXSENS L, PAUW J D, CARDON E, *et al*. Brainstem evoked auditory potentials in tinnitus: a best-evidence synthesis and meta-analysis[J]. Front Neurol, 2022, 13: 941876. DOI: 10.3389/fneur.2022.941876.

[9] 范博雅, 王刚, 陈绍奇, 等. 脉冲噪声所致爆震性听力损失人员中耳聋基因的突变谱研究[J]. 陆军军医大学学报, 2023, 45(16): 1748-1754. DOI: 10.16016/j.2097-0927.202303066.
FAN B Y, WANG G, CHEN S Q, *et al*. Mutations profiles of deafness genes in explosion-induced hearing loss caused by impulse noise[J]. J Army Med Univ, 2023, 45(16): 1748-1754. DOI: 10.16016/j.2097-0927.202303066.

[10] 王露露, 谢飞, 赵清远, 等. 人 Waardenburg 综合征点突变 SOX10 p.R106W 小鼠模型的构建及听力表型初步研究[J]. 陆军军医大学学报, 2023, 45(24): 2512-2520. DOI: 10.16016/j.2097-0927.202309001.
WANG L L, XIE F, ZHAO Q Y, *et al*. Construction and otological phenotypic characterization of a mouse model harboring orthologous human Waardenburg syndrome mutation SOX10 p.R106W[J]. J Army Med Univ, 2023, 45(24): 2512-2520. DOI: 10.16016/j.2097-0927.202309001.

[11] 李世昌, 王梓敬, 王文伦, 等. 生理状态下小鼠听阈及耳蜗内 IL-1β、IL-6、TNF-α、CCL-2 和 GR mRNA 水平昼夜变化的研究[J]. 中华耳科学杂志, 2022, 20(5): 778-783. DOI: 10.3969/j.issn.1672-2922.2022.05.013.
LI S C, WANG Z J, WANG W L, *et al*. Patterns of physiological circadian changes of hearing thresholds and messenger RNA levels of IL-1β, IL-6, TNF-α, CCL-2 and GR in cochlea in mice[J]. Chin J Otol, 2022, 20(5): 778-783. DOI: 10.3969/j.issn.1672-2922.2022.05.013.

[12] HAN M S, JEONG Y J, IM G J, *et al*. Auditory brainstem response test results in normal hearing adolescents with subjective tinnitus[J]. Int J Pediatr Otorhinolaryngol, 2021, 146: 110775. DOI: 10.1016/j.ijporl.2021.110775.

[13] BRAMHALL N F, MCMILLAN G P, GALLUN F J, *et al*. Auditory brainstem response demonstrates that reduced peripheral auditory input is associated with self-report of tinnitus[J]. J Acoust Soc Am, 2019, 146(5): 3849. DOI: 10.1121/1.5132708.

[14] DING Z W, ZHANG C, WANG F Y, *et al*. Extended high-frequency audiometric analyses of tinnitus patients exhibiting normal hearing on conventional pure-tone audiometry[J]. Acta Otolaryngol, 2022, 142(7/8): 579-584. DOI: 10.1080/00016489.2022.2112972.

[15] TZIRIDIS K, FORSTER J, BUCHHEIDT-DÖRFLER I, *et al*. Tinnitus development is associated with synaptopathy of inner hair cells in Mongolian gerbils[J]. Eur J Neurosci, 2021, 54(3): 4768-4780. DOI: 10.1111/ejn.15334.

[16] ISHIBASHI K, AKAMA T, YOSHIDA H, *et al*. Effects of transient cerebral hypoperfusion on human auditory brainstem responses[J]. FASEB J, 2021, 35(S1): fasebj.2021.35.S1.04900. DOI: 10.1096/fasebj.2021.35.s1.04900.

[17] BRAMHALL N F, KONRAD-MARTIN D, MCMILLAN G P. Tinnitus and auditory perception after a history of noise exposure: relationship to auditory brainstem response measures[J]. Ear Hear, 2018, 39(5): 881-894. DOI: 10.1097/AUD.0000000000000544.

[18] 段新艳, 宋忠义, 王宁, 等. DPOAE 与高刺激率 ABR 在听力正常耳鸣患者中的应用价值[J]. 山东大学耳鼻喉眼学报, 2022, 36(5): 6-10, 17. DOI: 10.6040/j.issn.1673-3770.0.2021.404.
DUAN X Y, SONG Z Y, WANG N, *et al*. Application value of distortion product otoacoustic emission and high stimulation rate auditory brainstem response in patients with normal hearing tinnitus[J]. J Otolaryngol Ophthalmol Shandong Univ, 2022, 36(5): 6-10, 17. DOI: 10.6040/j.issn.1673-3770.0.2021.404.

[19] LUQUE C G, ATKINS-LABELLE C, PAUWELS J, *et al*. Intranasal Dexmedetomidine increases the successful sedation of children with autism for out-patient auditory brainstem response hearing tests[J]. Int J Pediatr Otorhinolaryngol, 2021, 151: 110945. DOI: 10.1016/j.ijporl.2021.110945.

(**收稿**:2024-01-28;**修回**:2024-05-19)
(编辑 刘秋池)