Modern Practical Medicine, January 2025, Vol. 37, No. 1

·临床研究·

click-ABR 和频率特异性 chirp-ABR 在儿童传导性听力损失中的应用

丁璐，郑周数，王梅红，张英慧，唐鸣，杨一晖

【摘要】目的　比较 click 听性脑干反应（click-ABR）和频率特异性 chirp-ABR 评估传导性听力损失患儿听阈的价值。方法　选取 2021 年 9 月至 2022 年 6 月宁波大学附属妇女儿童医院收治的 3 ～ 6 周岁分泌性中耳炎患儿 21 例（33 耳），依次接受儿童行为测听、click-ABR 和频率特异性 chirp-ABR 测试。在 0.5、1、2 及 4 kHz 各频率或均值时，将 click-ABR、chirp-ABR 分别与行为听阈（PTA）行 Pearson 相关性分析。采用单因素方差分析比较 click-ABR、chirp-ABR 阈值潜伏期的差异。结果　在 0.5、1、2 及 4 kHz 各频率或均值时，click-ABR、chirp-ABR 与 PTA 均存在显著相关性（$r \geq 0.486$，均 $P < 0.05$）。0.5、1、2 及 4 kHz 频率时 chirp-ABR 的阈值潜伏期与 click-ABR 的阈值潜伏期差异均有统计学意义（均 $P < 0.05$）。结论　在传导性听力损失儿童中，click-ABR、频率特异性 chirp-ABR 与 PTA 均有较好的相关性。在低频（0.5 kHz）时，chirp-ABR 较 click-ABR 更有优势，但 click-ABR 测试效率更高。

【关键词】听性脑干反应；行为测听；传导性听力损失

doi:10.3969/j.issn.1671-0800.2025.01.004

【中图分类号】R764.21　【文献标志码】A　【文章编号】1671-0800(2025)01-0014-04

传导性听力损失在婴幼儿中多见，中耳积液、先天性外耳道闭锁或狭窄、听骨链畸形及先天性胆脂瘤等均是引起传导性听力损失的病因[1]。临床上对于低龄儿童的听阈评估，主张采用多项听力测试交叉验证的原则。主观测试会受婴幼儿认知水平、配合程度及听力师经验等限制，不能得到有价值的听阈评估结果。因此准确评估传导性听力损失婴幼儿的客观听力学测试显得尤为重要。click 刺激声诱发的听性脑干反应（click-ABR）是目前最常用的客观听力测试，但它只反应 2 ～ 4 kHz 的听力。chirp 刺激声是近些年的研究热点，特点为低频声音早发出，高频声音晚发出，能克服耳蜗行波延迟造成的能量分散，使更多的神经参与同步化反应[2]，且窄带 CE-chirp 具有频率特异性。目前，ABR 在传导性听力损失儿童中的研究多集中于潜伏期[3-6]，关于听阈评估的研究很少。因此，本研究分别比较传导性听力损失患儿的 click-ABR、频率特异性 chirp-ABR 与行为听阈（PTA）的差异，为评估传导性听力损失婴幼儿的真实听力提供参考，现报道如下。

基金项目：浙江省医药卫生科技计划项目（2023KY292）

作者单位：315012 宁波，宁波大学附属妇女儿童医院

通信作者：郑周数，Email：handing34@163.com

1　资料与方法

1.1　一般资料　选取 2021 年 9 月至 2022 年 6 月于宁波大学附属妇女儿童医院就诊的分泌性中耳炎患儿 21 例（33 耳）。其中男 17 例，女 4 例；年龄 3 ～ 6 岁，平均（4.8±1.0）岁。纳入标准：（1）外耳道通畅，无脓性分泌物、耵聍等异物。鼓膜可窥见，可见液平或未见明显液平。（2）声导抗 226 Hz 探测音所得鼓室图为 B/C 型。（3）可以配合儿童行为测听，且儿童行为测听的 0.5、1、2 及 4 kHz 频率的 PTA ≥ 20 dB HL，且 < 50 dB HL，骨导听力正常（0.5、1、2 及 4 kHz 四个频率的平均听阈 ≤ 15 dB HL），为传导性听力损失；（4）畸变产物耳声发射（DPOAE）未通过；（5）单耳或双耳发病；（6）患儿可在镇静或自然深睡眠状态下行 click-ABR 和 chirp-ABR 测试。排除标准：外耳道炎、外耳道囊肿、大疱性鼓膜炎、鼓膜穿孔、外中耳胆脂瘤、先天性外耳道闭锁或狭窄及颞骨外伤等耳部疾病患者。本研究获得宁波市妇女儿童医院医学伦理委员会批准（批准号：EC2021-036），所有研究对象均由法定代理人同意并签署书面知情同意书。

1.2　方法　依次完成电耳镜检查、DPOAE、声导抗

测试、儿童行为测听、click-ABR 和 chirp-ABR 测试。其中，click-ABR 和 chirp-ABR 测试在睡眠状态下进行。若患儿无法自主入睡，给予 10%水合氯醛溶液镇静。由于测试时间比较长，因此该两项测试选择在下午进行，在测试前告知家长尽量不要让患儿午睡。患儿入睡前先清洁皮肤，测试时让患儿躺于柔软的诊疗床上，隔声室关灯，营造舒适安静的睡眠环境。

1.2.1　儿童行为测听测试　于隔声室完成测试，环境噪音控制在 35 dB（A）以下，选用 Interacoustics AD229b 听力计。由于患儿年龄较小，在测试前告知患儿做“听声音，打地鼠”的游戏，仔细听耳机里的声音，声音很轻，只要听到声音均须按下手上的应答器，以示打死一只地鼠。以此累计，游戏完成后给予相应的物质奖励。

1.2.1.1　PTA　给患儿佩戴 HDA 300 耳罩式耳机，红色为右耳，蓝色为左耳。先测好耳或右耳，从 1 kHz 纯音阈上开始给声，每次给声持续 1 ～ 2 s，以 5 dB 为倍频程，采用“升五降十”的方法，直到测出该频率刚刚能听到的声音，即为 1 kHz 听阈。接着再做 2、4、0.5 kHz；另一耳重复进行。

1.2.1.2　骨导听阈测试　在测试耳佩戴 Radioear B71W 振子，拨开所有的头发，将骨导振子的凹面面向乳突，并置于相对平坦的位置，避免接触耳廓，骨导振子的另一端置于太阳穴。当测试耳的骨导阈值小于该耳气导听阈 10 dB 以上时，则对侧耳需给予掩蔽，初始掩蔽级为对侧耳气导听阈阈上 20 dB。测试方法同纯音气导听阈检测。

1.2.2　click-ABR 测试　于隔声屏蔽室完成（GB/T16403 标准）测试，采用丹麦国际听力的 Eclipse EP25 诱发电位仪。用酒精棉花、磨砂膏清洁前额、双侧乳突皮肤；记录电极置前额正中发际处，参考电极置同侧乳突，使鼻根接地，极间电阻≤3 kΩ。click 给声，佩戴插入式耳机，刺激速率为 21.1 次/s，交替极性，带通滤波范围 0.1 ～ 1.5 kHz，叠加次数 1 000 次。从 75 dB 开始给声，强度依次递减，以刚能引出重复波Ⅴ的刺激声强为反应阈，每个强度至少做 2 条以判断重复性。

1.2.3　chirp-ABR 测试　在 click-ABR 完成后，继续行频率特异性 CE-chirp 刺激声诱发的 ABR 测试。用 0.5、1、2 及 4 kHz 窄带 CE-chirp 刺激声依次给声，佩戴插入式耳机，刺激速率 27.1 次/s，交替极性，带通滤波范围 0.1 ～ 1.5 kHz，叠加次数 1000 次，开窗时间 18 ms。从 80/70 dB 开始给声，强度依次递减，以刚能引出重复波Ⅴ的刺激声强为反应阈。

1.3　统计方法　采用 SSPS 21.0 软件进行统计分析，计量资料以均数±标准差表示，采用单因素方差分析或 t 检验；相关性分析采用 Pearson 相关性分析。对 click-ABR 和 0.5、1、2 及 4 kHz 频率下 chirp-ABR 的阈值潜伏期进行单因素方差分析，多重比较采用 Dunnett-t 检验。$P < 0.05$ 表示差异有统计学意义。

2　结果

2.1　click-ABR、chirp-ABR 和行为听阈结果　click-ABR 反应阈为（38.03±9.01）dB nHL，chirp-ABR 在 0.5、1、2 及 4 kHz 时的反应阈分别为（53.64±13.78）dB nHL、（44.38±13.24）dB nHL、（33.06±12.82）dB nHL 及（33.23±11.15）dB nHL，均值为（41.91±11.55）dB nHL。行为测听在 0.5、1、2 及 4 kHz 时的 PTA 为（36.67±8.26）dB HL、（32.88±8.93）dB HL、（27.27±8.01）dB HL、（32.27±12.00）dB HL，PTA 均值为（32.27±7.76）dB HL。

2.2　相关性分析　click-ABR、chirp-ABR 均值与 PTA 均值均存在显著相关性（r=0.798、0.839，均 $P < 0.05$），chirp-ABR 优于 click-ABR，见图 1。click-ABR 与各频率时的 PTA 均相关，4 kHz 时呈强相关，0.5 kHz 时相关性较差。chirp-ABR 与各频率时的 PTA 整体相关性较好，见表 1。

2.3　chirp-ABR、click-ABR 的阈值潜伏期比较　0.5、1、2 及 4 kHz 时，chirp-ABR 的阈值潜伏期分别为（9.46±1.19）ms、（9.12±0.82）ms、（9.09±0.79）ms、

表 1　click-ABR、chirp-ABR 与 PTA 的相关性分析

组别	0.5 kHz		1 kHz		2 kHz		4 kHz	
	r 值	P 值	r 值	P 值	r 值	P 值	r 值	P 值
click-ABR	0.486	＜0.05	0.685	＜0.05	0.594	＜0.05	0.824	＜0.05
chirp-ABR	0.632	＜0.05	0.647	＜0.05	0.693	＜0.05	0.770	＜0.05

Modern Practical Medicine, January 2025, Vol. 37, No. 1

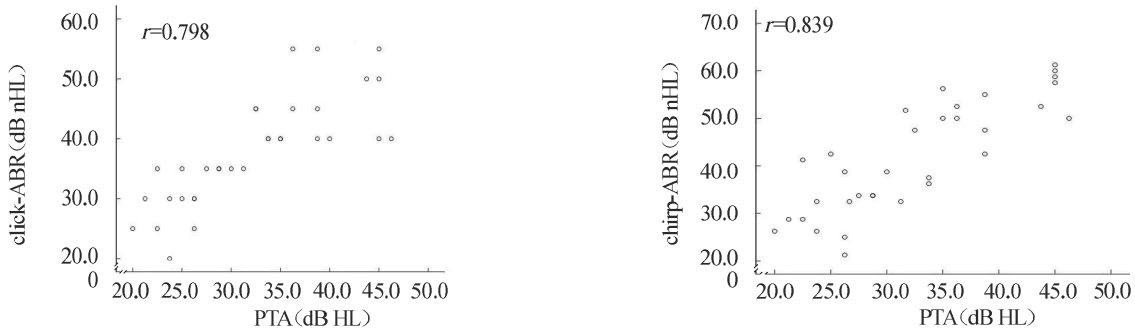


图 1　click-ABR 和 chirp-ABR 均值分别与 PTA 均值的相关系数

（9.12±0.63）ms，与 click-ABR 的阈值潜伏期[（8.21±0.58）ms]差异有统计学意义（F=10.44，P ＜ 0.05）。

3　讨论

分泌性中耳炎是最常见的儿童耳科疾病，多发生于学龄前儿童。其症状隐匿，不容易被家长发现，导致延误就诊。分泌性中耳炎常致轻中度传导性听力损失，早期因中耳负压多为低频听力下降，后期随着积液增多，低频和高频均可受累[7-8]。本研究结果显示，PTA 均值为（32.27±7.76）dB HL，听力结构表现为 2 kHz 较好，低频和高频较差，表现为峰型，与 Hunter 等[9]的研究相似。通过比较阈值，发现 chirp-ABR、click-ABR 均大于 PTA，尤其是低频，因此临床医生在预估真实听力时要注意，需得出各实验室的主客观校正值，避免高估听力损失的程度。

ABR 是客观的电生理测试，它在婴儿听力评估方面发挥了重要作用，特别是针对 6 月龄以下的婴儿[10]。以 click 作为刺激声的 click-ABR 具有瞬态性强、重复性好的特点，但它没有频率特异性。当婴幼儿存在听力损失，特别是外耳道闭锁或中耳畸形造成的先天性永久性传导性听力损失时，临床上需要具有频率特异性 ABR 来准确地预估听力图，以选配合适的助听器，并进行后续的康复。窄带 CE-chirp 刺激声具有频率特异性，能够克服耳蜗行波延迟的缺陷，使每个频率在同一时间内到达基底膜，产生更好的神经同步去极化，在临床上受到了很多关注[10]。本研究将 click-ABR、chirp-ABR 与 0.5、1、2 及 4 kHz 各频率下的 PTA 进行相关性比较，结果显示 click-ABR、chirp-ABR 分别与 PTA 都存在显著相关性，表明 click-ABR 和 chirp-ABR 都可以很好的评估传导性听力损失儿童的听力。chirp-ABR 略优于 click-ABR，可能是由于 click-ABR 只反应 2 ～ 4 kHz 的听力水平，而 chirp-ABR 取的是各个频率阈值的均值，数据更精细化。Maloff 等[11]研究显示，在轻至中度感音神经性耳聋组中，click-ABR 与 PTA 的相关系数为 0.666，chirp-ABR 与 PTA 的相关系数为 0.589；在轻至重度感音神经性耳聋组中，click-ABR 与 PTA 的相关系数为 0.807，chirp-ABR 与 PTA 的相关系数为 0.919。在正常人中，click-ABR 或 chirp-ABR 与 PTA 均没有相关性。本研究相关性分析结果显示各个频率之间数值差异较大，4 kHz 呈强相关，0.5 kHz 相关性较差。chirp-ABR 与 PTA 整体相关性较好，特别是低频（500 Hz），chirp-ABR 明显优于 click-ABR，这与 chirp 刺激声包含了更多的低频信息有关。

目前，关于 click-ABR 和 chirp-ABR 在传导性耳聋听阈评估的比较很少。Cho 等[12]报道在感音神经性耳聋成人中，0.5、1 及 2 kHz 频率时 chirp-ABR 与 PTA 存在显著相关性，相关系数分别为 0.43、0.48、0.74；在 1、2 及 4 kHz 频率时 click-ABR 与 PTA 存在显著相关性，相关系数分别为 0.45、0.70、0.56，与 click-ABR 相比，chirp-ABR 在较低的频率下，与 PTA 的相关性似乎更大。

在正常人中，高强度刺激时，chirp-ABR 的Ⅴ波潜伏期短于 click-ABR；在低强度或接近听阈刺激时，chirp-ABR 的Ⅴ波潜伏期长于 click-ABR[12-13]。本研究也得到 chirp-ABR 的阈值潜伏期长于 click-ABR 的结果，与徐亚雄等[14]报道一致。分泌性中耳炎常引起中、低频听力损失，而 chirp 刺激声包含了较多的低频信息，因此这个病因是否会导致 chirp-

ABR 的阈值潜伏期延长，与正常人的阈值潜伏期存在差异，值得进一步的研究。

综上所述，click 和 chirp 诱发的 ABR 与 PTA 均具有显著相关性，可以用来评估传导性听力损失儿童的听力。click-ABR 与 PTA 均值相关性好，测试时间较分频 chirp-ABR 短，因此测试效率比较高。而 chirp-ABR 具有频率特异性，特别是对于低频的听力评估，较 click-ABR 更有优势。临床上，两项测试可以相互结合或者根据测试目的进行选择。

利益冲突　所有作者声明无利益冲突

作者贡献声明　丁璐：实验操作、论文撰写；王梅红、张英慧：数据整理、统计学分析；郑周数、唐鸣、杨一晖：研究指导、论文修改、经费支持

参　考　文　献

[1] DOUGHERTY W, KESSER B W. Management of conductive hearing loss in children[J]. Otolaryngol Clin North Am, 2015, 48(6): 955-974.

[2] 郑周数，丁璐，杨锡儿，等. 窄带 CE-chirp 和短纯音听性脑干反应(ABR)在早产儿听力评估中的应用比较[J].中华耳科学杂志，2020，18(2):5.

[3] 郑燕青，范有武，林海鹏，等.分泌性中耳炎婴儿听力检测结果分析[J].听力学及言语疾病杂志，2018，26(1):90-92.

[4] 张鸿雁，黄顺祥.听性脑干反应在婴幼儿分泌性中耳炎中的诊断价值[J].癫痫与神经电生理学杂志，2021，30(2):80-86.

[5] BORGES L R, DONADON C, SANFINS M D, et al. The effects of otitis media with effusion on the measurement of auditory evoked potentials[J]. Int J Pediatr Otorhinolaryngol, 2020, 133: 109978.

[6] 陈倩，罗仁忠，黄振云，等.分泌性中耳炎患儿听性脑干反应的应用及特征[J].听力学及言语疾病杂志，2009，17(2):118-120.

[7] 中华耳鼻咽喉头颈外科杂志编辑委员会，中华医学会耳鼻咽喉头颈外科学分会小儿学组. 儿童分泌性中耳炎诊断和治疗指南(2021)[J].中华耳鼻咽喉头颈外科杂志，2021，56(6):556-567.

[8] 刘娅，孙建军.儿童分泌性中耳炎多国指南研读与解析[J].临床耳鼻咽喉头颈外科杂志，2020，34(12):1065-1069.

[9] HUNTER L L. Auditory sequelae of recurrent and persistent otitis media with effusion in children [D]. Minneapolis: University of Minnesota, 1993.

[10] ORMUNDO D D S, LEWIS D R. Auditory brainstem response with click and CE-Chirp® Level Specific stimuli in hearing infants[J]. Int J Pediatr Otorhinolaryngol, 2021, 147: 110819.

[11] MALOFF E S, HOOD L J. A comparison of auditory brain stem responses elicited by click and chirp stimuli in adults with normal hearing and sensory hearing loss[J]. Ear Hear, 2014, 35(2): 271-282.

[12] CHO S W, HAN K H, JANG H K, et al. Auditory brainstem responses to CE-Chirp® stimuli for normal ears and those with sensorineural hearing loss[J]. Int J Audiol, 2015, 54(10): 700-704.

[13] ELBERLING C, DON M. Auditory brainstem responses to a chirp stimulus designed from derived-band latencies in normal-hearing subjects[J]. J Acoust Soc Am, 2008, 124(5): 3022-3037.

[14] 徐亚雄，龙孝斌，谭淑娟，等.分泌性中耳炎儿童 Chirp 声与短声诱发听性脑干反应的对比研究[J].听力学及言语疾病杂志，2020，28(3):328-330.

收稿日期：2024-03-22

（本文编辑：吴迪汉）