

doi: 10.3969/j.issn.1672-4933.2026.01.001

听觉诱发电位在人工耳蜗植入 全流程中的应用

Application of Auditory Evoked Potential to The Whole Process of Cochlear Implantation

刘军^{1,2}

LIU Jun

【摘要】人工耳蜗植入(CI)是重度—极重度感音神经性聋且助听器配戴效果不佳患者有效的干预方法之一,听觉诱发电位(auditory evoked potential, AEP)贯穿CI术前评估、术中监测、术后疗效评估与康复管理的全流程。术前通过耳声发射(otoacoustic emission, OAE)、耳蜗电图(electrocochleography, ECochG)、听性脑干反应(auditory brainstem response, ABR)、分频听性脑干反应(tone-burst auditory brainstem response, TB-ABR)、听觉稳态反应(auditory steady-state evoked potential, ASSR)和40 Hz听觉相关电位(40 Hz auditory event-related potentials, 40 Hz AERP)等检测,评估听力损失程度与性质、病变部位及听觉通路完整性与发育成熟度。术中依托ECochG、电诱发复合动作电位(electrically compound action potential, ECAP)、电诱发听性脑干反应(electrically evoked auditory brainstem response, EABR)和电诱发镫骨肌反射(electrically evoked stapedius reflex, ESR)的实时反馈,实现电极精准植入、残余听力保护与预测术后效果。术后通过ECAP、EABR和皮层听觉诱发电位(cortical auditory evoked potentials, CAEP)共同构建客观调机与疗效评估体系。AEP结合影像学、效果问卷和行为测听的多模态评估策略,可实现CI个体化精准诊疗。

【关键词】听觉诱发电位;人工耳蜗植入;术前评估;术中监测;术后调机;疗效评估

【中图分类号】R764.35

【文献标识码】A

【文章编号】1672-4933(2026)01-0001-06

【Abstract】 Cochlear implantation (CI) are one of the most effective interventions for patients with severe-to-profound sensorineural hearing loss and insufficient hearing aid benefit. Auditory evoked potential (AEP) underpins the whole CI workflow—preoperative assessment, intraoperative monitoring, postoperative efficacy evaluation, and rehabilitation management. Preoperatively, acoustic AEPs, including otoacoustic emission (OAE), electrocochleography (ECochG), auditory brainstem response (ABR), tone-burst ABR (TB-ABR), auditory steady-state response (ASSR), and 40Hz auditory event-related potential (40Hz AERP), are used to assess hearing loss severity/ nature, lesion location, as well as the integrity and maturity of the auditory pathway. Intraoperatively, real-time feedbacks from ECochG, electrically evoked compound action potential (ECAP), electrically



刘军,解放军总医院国家耳鼻咽喉疾病临床医学研究中心主任医师、解放军总医院耳鼻咽喉头颈外科医学部派驻第七医学中心耳鼻咽喉头颈外科主任。医学博士、赴美博士后、研究生导师、耳显微外科、耳神经外科和人工听觉植入知名专家。中国听力医学发展基金会科普专家委员会副主委、中华老年医学会耳科分会常委、医促会耳鼻咽喉头颈外科分会委员、医促会听觉植入分会委员。《中国听力语言康复科学杂志》副总编,《医学参考报》耳鼻喉科频道副总编,《中华耳科学杂志》《听力学及言语疾病杂志》《中国耳鼻咽喉头颈外科颅底外科杂志》等杂志编委,《中华耳鼻咽喉头颈外科杂志》《临床耳鼻咽喉头颈外科杂志》等杂志审稿专家。发表论文90余篇,主译或参编专著11部,主持或参与国家、省部级课题12项。

基金项目:北京市科技计划首都市民健康项目培育基金(Z131100004013019);解放军总医院临床科研扶持基金课题(2012FC-TSYS-4017);解放军总医院科技创新基金项目(06ZY13)

作者单位:1 解放军总医院第六医学中心耳鼻咽喉头颈外科医学部/听觉与平衡觉国家重点实验室/国家耳鼻咽喉疾病临床医学研究中心/聋病教育部重点实验室/聋病防治北京市重点实验室 北京 100048

2 解放军总医院第七医学中心耳鼻咽喉头颈外科 北京 100700

作者简介:刘军 博士 主任医师;研究方向:耳显微外科、耳神经外科和人工听觉植入

通讯作者:刘军, E-mail:liujunent@126.com

evoked ABR (EABR), and electrically evoked stapedius reflex (ESR) facilitate precise electrode insertion, residual hearing preservation, and postoperative outcome prediction. Postoperatively, ECAP, EABR, and cortical auditory evoked potentials (CAEP) form an objective framework for CI fitting and efficacy evaluation. A multimodal assessment strategy centered on AEPs, integrated with imaging, patient-reported outcomes, and behavioral audiometry, enables individualized precision diagnosis and treatment for CI patients.

【Key words】 Auditory evoked potentials; Cochlear implantation; Preoperative evaluation; Intraoperative monitoring; Postoperative programming; Outcome assessment

1 引言

人工耳蜗植入(CI)是重度-极重度感音神经性聋且助听器配戴效果不佳患者的主要干预方法之一^[1,2],目前全球CI量已超过100万例^[3],随着国家集采政策的推动,我国CI需求仍在持续增长,目前已完成十几万例。听觉诱发电位(auditory evoked potential, AEP)作为客观评估听觉功能的主要电生理技术,能够无创记录听觉神经通路对声刺激信号的神经反应活动,其发展历程已近百年。1930年,Wever等^[4]首次在动物实验中记录到耳蜗微音电位(cochlear microphonic, CM),揭开了听觉电生理研究的序幕。此后,听性脑干反应(auditory brainstem response, ABR)、耳声发射(otoacoustic emission, OAE)、40 Hz听觉相关电位(auditory event-related potentials, AERP)、听觉稳态反应(auditory steady-state evoked potential, ASSR)、分频听性脑干反应(tone-burst auditory brainstem response, TB-ABR)和皮层听觉诱发电位(cortical auditory evoked potentials, CAEP)等关键技术陆续涌现,形成了覆盖听觉通路从毛细胞到听觉皮层全层级的评估体系。1961年William House^[5]报道全球首例CI手术,并首次尝试记录电刺激诱发的听觉神经反应。1986年,Miyamoto^[6]首次报道了电诱发听性脑干反应(electrically evoked auditory brainstem response, EABR)在CI患者中的应用。1999年,Shalloo^[7]首次报道采用神经反应遥测(neural response telemetry, NRT)技术从多通道CI电极记录电诱发复合动作电位(electrically compound action potential, ECAP),成为术中及术后评估神经存活与电极功能的主要工具。迄今,AEP已全面融入CI术前评估、术中监测、术后疗效评估及康复指导的全流程,构建起从耳蜗到听觉皮层整个听觉通路的客观评估体系。随着CI技术普及和适应证拓展^[8,9],单一听力学评估手段已难以满足个体化精准诊疗需求,需结合影像学、听觉行为学、遗传学以及各种CI疗效问卷综合评定^[10,11]。本文旨在梳理AEP在CI临床各阶段的具体应用,深入分析其工作原理、临床意义和局限性,探讨多模态综合评估的必要性及未来发展方向。

2 CI术前评估

CI术前需完善听力学评估,以判断耳聋性质、程度、导致耳聋的病变部位及听觉通路完整性^[11],AEP因其客观、无创、无需受试者主观配合的优势,成为评估的关键工具,各项听力检查侧重点不同、优势互补,无法相互替代,需通过结果交叉验证。

2.1 耳聋程度及性质判定

纯音测听是评估听力损失的基础方法,但对于婴幼儿、认知障碍者等无法配合的人群,需依赖ASSR、40 Hz AERP及TB-ABR等客观检查评估。

2.1.1 ASSR 该方法使用经幅度和/或频率调制的持续纯音作为刺激声,激活耳蜗基底膜上相应的部位产生稳态反应,可实现频率特异性客观听阈检测。ASSR阈值与行为听阈具有良好的相关性,尤其在重度听力损失患者中^[12]。但其缺点与纯音测听一样,无法定位病变部位,难以区分耳蜗性与蜗后性病变,需结合OAE、CM及ABR等检查综合判定。

2.1.2 40 Hz AERP 其本质是一种特殊的听觉稳态反应,通过每秒40次重复呈现的短音或短纯音刺激,诱发大脑皮层产生准正弦波形的稳态电位,主要反映低频区域(0.5~1 kHz)的听觉功能^[13]。40 Hz AERP在低频听力评估中具有独特优势,反应阈值与行为听阈相关性良好,适用于ABR无法引出的情况,但易受睡眠和麻醉状态影响。

2.1.3 TB-ABR 传统短声ABR主要反映高频区间(2~4 kHz)的听力状况,分频ABR采用具有特定频谱能量的短纯音作为刺激声,可分别评估0.5、1、2、4 kHz等关键频段的听阈,弥补了传统ABR在频率特异性上的局限,可显著提升中低频听力评估的敏感度与准确性,清晰呈现全频段听力损失图谱,但测试时长较传统ABR更长,对受试者的安静状态要求更高^[14]。

2.1.4 ABR气导、骨导阈值 ABR是通过头皮电极记录声刺激后听神经至中脑下丘通路的短潜伏期电活动,典型波形包括波I(听神经)、波III(耳蜗核)、波V(下丘),波V作为阈值的判断指标分为骨导和气导阈值,通过气骨导阈值结果可明确耳聋程度和耳聋性质。

2.2 病变部位定位

耳聋病变部位定位需联合 ECochG、ABR 与 OAE 等多项检查综合判断^[15]。

2.2.1 OAE 记录耳蜗外毛细胞主动耗能运动产生的微弱声信号,该信号经中耳传导至外耳道后被检测到。根据是否由外界刺激声诱发分为自发性耳声发射(spontaneous otoacoustic emission, SOAE)和诱发性耳声发射(evoked otoacoustic emission, EOAE),临床常用瞬态诱发耳声发射(transient-evoked otoacoustic emissions, TEOAE)与畸变产物耳声发射(distortion product otoacoustic emissions, DPOAE),前者检测快速便捷,后者频率特异性更强^[16]。OAE 存在与否直接反映外毛细胞功能状态,是评估外周听觉通路完整性的重要指标,OAE 引出提示外毛细胞功能基本正常,主要用于蜗性与蜗后性病变的鉴别诊断,当 OAE 或 CM 正常而 ABR 严重异常时,是诊断听神经病谱系障碍(auditory neuropathy spectrum disorder, ANSD)的关键电生理标志^[17]。

2.2.2 ECochG 其是通过放置于鼓膜表面或鼓岬的电极,记录耳蜗和听神经因声刺激诱发的反应,包括 CM、总和电位(summating potential, SP)及听神经复合动作电位(compound action potentials, CAP)等^[18]。CAP 是数千根传入神经纤维动作电位的空间总和,其波幅与神经纤维兴奋数目呈正比^[19]。当 CM 正常而 CAP 消失或潜伏期延长时,提示 ANSD 或听神经同步化障碍的可能性。CAP 阈值与术后 CI 言语识别率存在相关性,术前 CAP 可引出的患者,术后听觉感知能力恢复更优。CM 也可用于 CI 术中监测残余听力。

2.2.3 ABR 潜伏期 ABR 各波的潜伏期、振幅及波间期是评估通路功能的核心指标,是 CI 术前评估听觉通路完整性和确定 CI 适应证的核心工具,当 ABR 无反应可能提示严重听觉通路病变,需结合影像学检查进一步确认。ABR 与 ECochG 和 OAE 的联合应用已成为鉴别蜗性与蜗后病变的常规有效策略。

2.3 听觉通路成熟度评估

对于婴幼儿 CI 候选者,中枢听觉通路的成熟度直接影响术后康复效果与康复周期,CAEP 可用于听觉通路成熟度评估。CAEP 可记录声刺激后 50~500 ms 初级及次级听觉皮层产生的长潜伏期电位,核心成分包括外源性 P1-N1-P2 复合波与内源性失匹配负波(mismatched negative wave, MMN)、P300 等。P1-N1-P2 复合波是 CAEP 的核心外源性成分,P1 反映初级听觉皮层成熟,N1、P2 反映高阶听觉皮层发育^[20]。P1 波源于初级听觉皮层与丘脑投射纤维,其潜伏期是评估儿童中枢听觉通路成熟度的可靠指标。正常儿童 P1 潜伏期随年龄增长逐渐

缩短,先天性聋患儿植入人工耳蜗后,P1 波潜伏期逐渐缩短,提示听觉经验可显著促进中枢听觉通路成熟^[21]。关键期(<3.5 岁)内植入可促进高阶听觉皮层发育,表现为 N1 振幅更大^[22]。

以上检查需根据受试者年龄、认知状态及临床情况选择,相互验证,当听力损失达到重度-极重度感音神经性聋且助听器配戴效果不佳时,需结合主观听力检查、影像学评估及遗传学结果,综合判定听觉通路的完整性,明确 CI 的手术适应证与禁忌证,同时为手术侧别和电极型号的选择,预测植入后的言语康复效果提供依据。

3 CI 术中监测

随着微创人工耳蜗植入(minimally invasive cochlear implantation, MICI)理念^[23]和残余听力保留技术^[24]的普及,术中 AEP 监测已成为 CI 手术的必要环节,AEP 结合术中影像学及电极阻抗测试,验证设备状态,实时监测耳蜗功能,指导手术操作、优化电极位置、保护残余听力并可预测术后康复效果。

3.1 神经存活与听觉通路验证

通过直接电刺激螺旋神经节或听神经评估听觉通路的完整性,是 CI 术中监测的主要目标。ECAP、EABR 和电诱发中潜伏期反应(electrical evoked middle latency response, EMLR)分别从听神经外周、脑干和丘脑-听皮层层面,验证神经存活状态及通路完整。

3.1.1 ECAP 该方法是利用植入体内部电路评估听神经对电刺激的反应,与残存螺旋神经元数量及状态直接相关。成功引出 ECAP 表明听神经能够对电刺激产生有效的同步放电,提示植入体电路完整、电极与听神经形成有效耦合。在电极植入过程中,ECAP 阈值显著升高或波幅急剧下降,提示电极可能对耳蜗或听神经造成压迫或损伤,需调整电极插入路径、深度或速度^[25]。内耳畸形、耳蜗神经发育不良(cochlear nerve deficiency, CND)患者,ECAP 引出与否直接证实听神经通路的功能完整性,为术中判断植入可行性提供参考,也为术后康复效果提供预测^[18]。ECAP 参数可作为术后初次开机时主观行为阈值(T 值)和最大舒适强度(C 值)设定的基线数据^[26]。

3.1.2 EABR 其通过植入体发放电脉冲,经头皮电极记录听神经至中脑下丘通路的短潜伏期电活动,与 ECAP 相比,其侧重于评估脑干水平的信号处理能力。术中 EABR 的成功引出,表明电信号可从听神经传导至脑干,是中枢听觉通路功能正常的直接证据。在听神经瘤切除术后和 CND 患者中,EABR 可有效评估听觉通路功能、预测术后效果,为手术决策提供参考,避免无效植入^[27]。

3.1.3 EMLR EABR 仅能评估脑干水平听觉通路,

ECAP仅反映螺旋神经节功能,缺乏对丘脑-听觉皮层等中枢听觉功能的客观评估。EMLR以Pa波为核心观察指标,最小可检测Pa波的刺激强度为EMLR阈值,与术后T/C值高度相关,可为术后设备调试提供参考,且能有效预测术后听力康复效果,是EABR和ECAP的重要补充方法^[28]。

3.2 反射弧完整性与安全阈值预判

电诱发镫骨肌反射(electrically evoked stapedius reflex, ESR)通过CI植入体发放一个足够强度的电脉冲,模拟强声刺激诱发同侧镫骨肌收缩,评估听觉-运动反射弧功能,涉及听神经、耳蜗核、上橄榄核、面神经核及镫骨肌,其引出与否直接反映脑干水平反射通路的功能完整性,与ECAP、EABR联合应用,可作为判断听神经通路功能的补充指标^[29]。ESR阈值与C值呈高度正相关,术中记录的ESR阈值可作为术后初次开机C值的上限预估,避免因刺激过强导致的耳痛、面部抽搐等不适,显著提升初次调试的安全性及耐受性^[30]。

3.3 残余听力保护及电极位置

残余听力保护是MICI手术的核心目标之一,需术中监测耳蜗功能以减少创伤。通过动态植入监测(active insertion monitoring, AIM)实时监测电极植入过程中的CM波形变化,指导电极植入,若CM振幅持续下降或骤降,提示耳蜗微结构如外毛细胞可能受到机械挤压或损伤^[31],振幅总下降量与术后低频听力损失程度和言语识别呈显著正相关,可用于预判术后听力保留情况^[32]。CM潜伏期与电极插入深度呈显著正相关,可作为术中实时追踪电极位置的客观指标^[33]。ECAP的阈值、振幅、斜率等特性与耳蜗内刺激位点显著相关,也能可靠反映耳蜗内电极位置,辅助术中电极位置的实时监测,但目前不同耳蜗位点的ECAP参考值尚未明确^[34]。

4 术后调机、疗效评估和康复指导

CI术后需进行精细的编程调机、准确的疗效评估和个性化的康复指导^[35],通过AEP客观的电生理信号,可为言语处理器编程提供量化依据,同时动态追踪听觉中枢的可塑性变化,主要用于设备调试、疗效评估及康复指导。

4.1 客观编程调试

CI编程调试多依赖主观反馈测试,通过心理物理测试获取T值和C值,对于低龄、认知水平较低或初次调试的患者,难以准确判断,需结合客观电刺激测试方法。既往研究证实,ECAP、EABR和ESR等电生理阈值与T/C值有较好的相关性,可以作为客观电刺激测试方法指导术后调试,且适用于大部分CI品牌^[26,36,37]。应用NRT软件

通过体外言语处理器和耳蜗内的植入电极系统记录ECAP目前使用广泛,其阈值与T值相关性佳^[37]。EABR可作为ECAP的补充,在ECAP信号受干扰时提供更稳定的阈值估计,且与T值存在显著相关性^[38]。ESR利用CI电极通道发送电刺激诱发出镫骨肌反射,可测得CI患者所需要的最大舒适电刺激阈值,与C值高度相关^[39]。但ECAP、EABR和ESR仅反应特定听觉传导通路的功能,并不能完全替代主观心理物理测试。

4.2 皮层可塑性及高级听觉认知功能评估

CI术后听觉中枢将发生持续的可塑性改变,尤其对于先天性耳聋儿童,皮层功能重组的速度与程度直接决定康复效果^[40,41]。CAEP是监测听觉通路的可塑性变化、评估听觉皮层水平功能重塑的重要工具。N1、P2潜伏期与CI使用频率呈负相关,反映皮层加工速度提升;N1-P2振幅与使用时长呈正相关,反映皮层激活强度增强^[42]。MMN是无需主动注意力的长潜伏期听觉诱发电位,可评估听觉辨别、短时记忆功能。CI术后MMN的引出与言语感知能力的提高相关,其波幅与噪声环境下言语识别率呈正相关,可作为言语康复效果评估的敏感指标^[43]。P300与注意、记忆、决策等认知加工过程相关,其潜伏期缩短与振幅升高提示听觉认知功能的代偿与重组,与CI术后长期康复效果密切相关^[44]。对于术后效果不佳的患者,若ECAP、EABR波形正常但P300无法引出或潜伏期显著延长,提示问题可能源于高级认知处理环节,需联合认知训练,如注意力训练、工作记忆训练,优化康复方案。

5 小结

AEP贯穿于CI术前评估、术中监测、术后调机与康复指导的全流程,临床应用中需根据患者年龄、认知状态、病变类型等针对性组合检测项目。但AEP检测结果易受患者状态、镇静麻醉深度、测试环境噪声的影响,与复杂声场下的真实言语感知、日常交流能力存在差距,因此AEP必须与影像学检查、遗传学、行为测听、主观心理物理测试、标准化CI疗效问卷等相结合,构建多模态的评估体系。

参考文献

- [1] 刘军. 什么类型的耳聋患者需要植入人工耳蜗[J]. 中国听力语言康复科学杂志, 2016, (zk): 10-12.
- [2] 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, 中国残疾人康复协会听力语言康复专业委员会. 人工耳蜗植入工作指南(2013)[J]. 中华耳鼻咽喉头颈外科杂志, 2014, 49(2): 89-95.
- [3] Zeng FG. Celebrating the one millionth cochlear implant[J]. JASA Express Letters, 2022, 2(7): 077201.
- [4] Curthoys I, Grant JW, Pastras C, et al. Similarities and differences

- between vestibular and cochlear systems-a review of clinical and physiological evidence[J]. *Frontiers in Neuroscience*,2021,15:695179.
- [5] Wilson BS, Dorman MF. Cochlear implants: a remarkable past and a brilliant future[J]. *Hearing Research*,2008,242(1-2):3-21.
- [6] Miyamoto RT. Neural response telemetry with the nucleus CI24M cochlear implant[J]. *Laryngoscope*,2010,96(2):178-185.
- [7] Shallop JK, Facer GW, Peterson A. Neural response telemetry with the nucleus CI24M cochlear implant[J]. *Laryngoscope*,1999,109(11):1755-1759.
- [8] 刘军,杨仕明.人工耳蜗及相关技术的进展[J]. *中国耳鼻咽喉颅底外科杂志*,2019,25(5):449-455.
- [9] 刘军,冀飞,李万鑫.重度-极重度感音性聋老年人人工耳蜗植入的初步探讨[J]. *山东大学耳鼻喉眼学报*,2017,31(5):10-15.
- [10] 刘军,李万鑫.遗传性耳聋的人工耳蜗植入康复[J]. *中国听力语言康复科学杂志*,2016,14(1):1-6.
- [11] 唐菲,杨崇灵,刘军等.人工耳蜗植入术前筛查的注意事项[J]. *中国听力语言康复科学杂志*,2023,21(1):97-100.
- [12] Lee MY, Ahn SY, Lee HJ, et al. Narrow band CE-Chirp auditory steady-state response is more reliable than the conventional ASSR in predicting the behavioral hearing threshold[J]. *Auris Nasus Larynx*, 2016,43(3):259-268.
- [13] Galambos R, Makeig S, Talmachoff PJ. A 40-Hz auditory potential recorded from the human scalp[J]. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*,1981,78(4):2643-2647.
- [14] 中华医学会耳鼻咽喉头颈外科学分会听力学组.中国听性脑干反应临床操作规范专家共识(2020)[J]. *中华耳鼻咽喉头颈外科杂志*, 2020, 55(4): 326-331.
- [15] 刘军.人工耳蜗植入术前耳蜗神经及后通路功能评估[J]. *中国听力语言康复科学杂志*,2023,21(5):449-455.
- [16] Probst, Rudolf. A review of otoacoustic emissions[J]. *The Journal of the Acoustical Society of America*,1999,89(5):2027-2067.
- [17] 中国听神经病临床诊断与干预多中心研究协作组,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,等.中国听神经病临床实践指南(2022版)[J]. *中华耳鼻咽喉头颈外科杂志*,2022,57(3):241-262.
- [18] Trecca EMC, Riggs WJ, Mattingly JK, et al. Electrocochleography and cochlear implantation: a systematic review[J]. *Otology & Neurotology*, 2020,41(7):864-878.
- [19] Goldstein MH. Synchrony of neural activity in electric responses evoked by transient acoustic stimuli[J]. *The Journal of the Acoustical Society of America*,1958,30(2):107-114.
- [20] Boo SH, Jeong SW. Cortical auditory evoked potential in adults with cochlear implants: a comparison with adults with normal hearing[J]. *Journal of Audiology & Otology*,2022,26(1):43-49.
- [21] Jeong SW, Chung SH, Kim LS. P1 cortical auditory evoked potential in children with unilateral or bilateral cochlear implants; implication for the timing of second cochlear implantation[J]. *European Archives of Oto-Rhino-Laryngology*,2018,275(7):1759-1765.
- [22] Eggermont JJ, Ponton CW. Auditory-evoked potential studies of cortical maturation in normal hearing and implanted children: correlations with changes in structure and speech perception[J]. *Acta Oto-Laryngologica*,2003,123(2):249-252.
- [23] 刘军,李万鑫.浅析微创人工耳蜗植入[J]. *中国听力语言康复科学杂志*, 2019,17(5):321-326.
- [24] 刘军,李万鑫.人工耳蜗植入的残余听力保留技术[J]. *中国听力语言康复科学杂志*, 2017, 15(1):1-5.
- [25] Heyning PVD, Arauz SL, Atlas M, et al. Electrically evoked compound action potentials are different depending on the site of cochlear stimulation[J]. *Cochlear Implants International*,2016,17(6):1-12.
- [26] Franke-Triege A, Mattheus W, Seebacher J, et al. Stapedius reflex evoked in free sound field in cochlear implant users compared to normal-hearing listeners[J]. *International Journal of Audiology*, 2021, 60(9):695-703.
- [27] Wang B, Guo X, Cao K, et al. Evaluation of auditory pathway by EABR before cochlear implantation and the postoperative effect analysis[J]. *European Archives of Oto-Rhino-Laryngology*, 2023, 280(1):105-114.
- [28] Wang B, Cao K, Wei C, et al. Evaluating auditory pathway by electrical auditory middle latency response and postoperative hearing rehabilitation[J]. *Journal of Investigative Surgery*,2019,32(6):542-551.
- [29] Weiss NM, Attila vári, Oberhoffner T, et al. Automated detection of electrically evoked stapedius reflexes (eSR) during cochlear implantation[J]. *European Archives of Oto-Rhino-Laryngology*, 2021, 278(6):1773-1779.
- [30] De Andrade KCL, Muniz LF, Menezes PDL, et al. The value of electrically evoked stapedius reflex in determining the maximum comfort level of a cochlear implant[J]. *Journal of the American Academy of Audiology*,2018,29(4):292-299.
- [31] Mandala M, Colletti L, Tonoli G, et al. Electrocochleography during cochlear implantation for hearing preservation[J]. *Otolaryngology-Head and Neck Surgery*,2012,146(5):774-781.
- [32] O'Leary S, Mylanus E, Venail F, et al. Monitoring cochlear health with intracochlear electrocochleography during cochlear implantation: findings from an international clinical investigation[J]. *Ear and Hearing*,2023,44 (2):358-370.
- [33] Andonie RR, Wimmer W, Wildhaber RA, et al. Electrocochleography latency: correlation with electrode position during cochlear implantation[J]. *Ear and Hearing*,2025,46(5):1130-1140.
- [34] Weiss NM, Breitsprecher T, Vlter C, et al. Electrically evoked compound action potentials are associated with the site of intracochlear stimulation[J]. *European Archives of Oto-Rhino-Laryngology*, 2024, 281(8):4001-4007.
- [35] 刘军,戴朴,韩东一.人工耳蜗植入的效果评估[J]. *中华耳科学杂志*, 2007,5(1):21-25.
- [36] Alvarez I, Torre ADL, Sainz M, et al. Using evoked compound action potentials to assess activation of electrodes and predict C-levels in the Tempo+ cochlear implant speech processor[J]. *Ear and Hearing*,2010, 31(1):134-145.
- [37] Gordon KA, Papsin BC, Harrison RV. Toward a battery of behavioral and objective measures to achieve optimal cochlear implant stimulation levels in children[J]. *Ear and Hearing*,2004,25(5):447-463.
- [38] Guenser G, Laudanski J, Phillipon B, et al. The relationship between electrical auditory brainstem responses and perceptual thresholds in Digisonic® SP cochlear implant users[J]. *Cochlear Implants Int*,2015, 16(1):32-38.
- [39] Wolfe J, Gilbert M, Schafer E, et al. Optimizations for the electrically-evoked stapedial reflex threshold measurement in cochlear implant

- recipients[J]. Ear and Hearing, 2017, 38(2): 255-261.
- [40] 唐菲, 吕萍, 刘军, 等. 先天性聋听觉中枢发育及可塑性的研究进展[J]. 中华耳科学杂志, 2024, 22(3): 498-503.
- [41] 钟旻璇, 杨崇灵, 刘军, 等. 听皮层功能的神经电生理学评估方法研究进展[J]. 中国听力语言康复科学杂志, 2025, 23(1): 104-108.
- [42] Bogdanov C, Goulios H, Mulders WHAM, et al. Investigating the effect of cochlear implant usage metrics on cortical auditory-evoked potential responses in adult recipients post-implantation[J]. Frontiers in Neuroscience, 2024, 18: 1453274.
- [43] Fernandes NM, Gil D, Azevedo MF. Mismatch negativity in children with cochlear implant[J]. International Archives of Otorhinolaryngology, 2019, 23(3): e292-e298.
- [44] Mühler R, Ziese M, Kevanishvili Z, et al. Visualization of stimulation patterns in cochlear implants: application to event-related potentials (P300) in cochlear implant users[J]. Ear and Hearing, 2004, 25(2): 186-190.

收稿日期 2025-12-10

责任编辑 蒋 春

关于申办2025年继续教育学分及 报名参加2026年继续教育专栏学习的通知

《中国听力语言康复科学杂志》2025年继续教育学分申办工作现已展开。请学员于2026年2月20日前将2025年继续教育答题作业(共6期), 学分证书办理登记表及证书工本费5元/人寄至本刊, 本刊将根据学员学习情况向合格者授予全国残联系统继续教育学分(12分)。已有全国残联系统康复人员培训学分登记册的学员, 请将登记册与作业一并邮寄, 无需交纳费用。

《中国听力语言康复科学杂志》2026年继续教育专栏继续招生, 欢迎广大听力语言康复工作者报名参加。本刊将在“继续教育”专栏刊发听力语言康复教育理论知识和实践技能系列文章及测试题(答案顺延一期), 学员可通过网络答题或将答案邮寄至本刊的方式参与学习。报名者请填写《学员登记表》(可复印)寄至本刊。

联系地址:北京市朝阳区惠新里甲8号 **邮 编:** 100029

联系人: 赵倩

联系电话: 010-84639344

网 址: www.chsr.cn

Email: shjournal@163.com

学分办理登记表

序号	单位	姓名	身份证号	金额	联系电话	备注

学员报名登记表

姓 名		性 别		职 称	
身 份 证 号					
工 作 单 位				联 系 电 话	
联 系 地 址				传 真	
邮 编				手 机	
Email					

注: 单位集体报名请指定1名负责人

《中国听力语言康复科学杂志》社