

## · 姜泗长教授百年诞辰纪念专辑 ·

## 人工耳蜗相关的中文言语测听材料十年发展巡礼

郝昕

解放军总医院耳鼻咽喉头颈外科 (北京 100853)

【中图分类号】R318.18

【文献标识码】A

【文章编号】1672-2922(2013)03-05

语言是社会交际的工具,也是人类思维的载体。使用有声语言——言语进行交际是人类区别于其他动物的最重要的标志。接收并识别言语信号是人类听觉最重要的功能,临床上如果只能选择一种测试来评估听觉功能,那一定只能是言语测听<sup>[1]</sup>。可以说,受试者的言语识别能力是评判其听功能的金标准<sup>[2]</sup>。中文言语测听的工作始于上世纪五十年代,但由于我国人口、民族、方言众多,听力学的学科体系尚未完善,标准化的中文言语测听材料寥若晨星,言语测听的工作开展得尚不普及<sup>[3]</sup>。

人工耳蜗是目前惟一有效的能帮助重度/极重度耳聋患者恢复言语听、说能力的生物医学装置。上世纪90年代中期以来人工耳蜗植入在我国逐渐展开,中华医学会耳鼻咽喉科学会2003年在长沙制定《人工耳蜗植入工作指南》时已迫切地认识到,需要建立一套体现中文语言特征的、可与国际接轨的言语测听体系<sup>[4]</sup>。

十年来,越来越多的华人听力学家参照国际通行的言语测听体系,初步建立起面向中国成人<sup>[5]</sup>及儿童<sup>[6]</sup>耳蜗植入者的普通话言语识别评价体系,基本能满足术前病例筛选、术后康复长效评估的需要。十年间,新的听觉植入技术<sup>[7]</sup>(如骨锚式助听器、振动声桥、声电联合的人工耳蜗)不断涌现,新的植入理念(助听器+耳蜗植入双模式、双侧植入)不断更新,也促使华人听力学家围绕汉语编码策略的优化以及这些新技术、新理念的评价<sup>[8]</sup>,开发出一些几乎与世界同步的中文噪声下言语测听<sup>[9]</sup>材料,并围绕测试场地、声强、噪声类别与入射方位角、测试流程等评估细节,探索出适应临床科研需求的评估路径。本文

拟逐一报告面向儿童、成人及科研需求的中文言语测听材料的新进展。有关言语测听的基本方法,以及临床与科研实践中如何选用这些中文言语测听材料,可参见我以往的综述<sup>[2,5,6]</sup>。

## 1 儿童言语测听材料

随着新生儿听力筛查项目的实施,越来越多的语前聋儿童能够实现早期发现与早期干预,小儿患者始终是我国人工耳蜗植入的主体。近年来国家又加大了“七彩梦行动计划”小儿人工耳蜗捐助项目的实施力度。为了适应这一趋势,迫切需要一套小儿言语评估工具来评估幼儿的言语感知能力。一般来讲,伴随着聋儿的行为认知能力的发育及康复过程中听力言语水平的提升,应采用一个多层级的儿童言语测听体系<sup>[10]</sup>,并确保言语材料中的词汇和语法现象不能超出受试儿童的语言水平,同时测试的应答方式也应与儿童的认知、行为能力相适应。

中国聋儿康复研究中心孙喜斌早在1993年研发的聋儿听觉言语康复评估词表<sup>[11]</sup>是目前各级残联聋儿康复系统中使用较多的听觉-言语-语言评估材料,常用于听障儿童的听力训练及语音异常评估及矫治方案的制定,因而广为接受康复的聋儿及其家庭所熟悉,目前正在进行标准化修订工作。

为了能使中国人工耳蜗植入的成效更好地为国际同行所了解,十年来多名学者依据言语测听理论框架,结合普通话语音特点,参照国际上较为流行的小儿言语评估材料的编制原则,开发出若干与国际接轨的、适合我国儿童不同发育阶段的测试材料<sup>[6]</sup>。

郑芸等<sup>[12]</sup>仿照英文版ESP (Early Speech Perception)测试<sup>[13]</sup>研发了普通话版的早期言语感知测试(MESP)。英文版本ESP只包括四项亚测试:言语察觉、节律辨识、扬扬格词辨识、单音节词辨识,测试难

DOI:10.3969/j.issn.1672-2922.2013.03.017

基金项目:国家自然科学基金资助(61003094)

作者简介:郝昕,副研究员,研究方向为临床听力学

通讯作者:郝昕, E-mail:xxi@bbln.cn

度逐级增加。MESP 则有六项亚测试,前三项与 ESP 相同,后三项则将 ESP 第四项单音节辨识拆分成了汉语韵母辨识、声母辨识、声调辨识三项亚测试。严格地讲,它已超出了英文版 ESP 的难度,而更像是英文版 ESP 和 NU-CHIPS 的合成。NU-CHIPS<sup>[14]</sup>是由美国西北大学开发的单音节“四选一”儿童言语感知测试材料,4 个选项仅在辅音或元音上有差异。英文版 ESP 提供正式录音材料,但在临床中较少应用录音材料,而多用现场人声(live voice)进行测试。MESP 亦是如此,可用于 2~5 岁儿童,对于能力较差的儿童还提供简易版测试材料,其各测试亚项的种类与英文版 ESP 一致。

郑芸等还参照英文版 PSI(Pediatric Speech Intel-ligibility)测试的编制原则,结合普通话和中国儿童语言文化特点,开发了闭合式的中文儿童言语理解力(MPSI)测试<sup>[15-16]</sup>,可在安静条件和竞争语句下测试听障儿童对简单句子的感知能力,适用于听觉年龄为 3~6 岁的儿童。有别于英文版 PSI 所包含的单音节测试和语句测试,MPSI 只保留了儿童“听话指图”式的语句测试内容。

对于具备了一定言语表达能力的儿童,不必再借助于图片“多选一”这种闭合式测试形式,可直接要求孩子重复所听到的内容,称为开放式测试。国际上一度较为流行的开放式的幼儿音位平衡词表(PBK),共 4 张、每张 50 个单音节词组成,已逐渐被 Kirk 于上世纪 90 年代开发的词汇相邻性测试(Lexical Neighborhood Tests, LNT)<sup>[17]</sup>词表所取代。为阐明听觉能力、语言能力和认知过程等因素在聋儿言语识别中所起的作用,Kirk 等根据心理语言学领域中有关言语听辨的邻域激活模型,基于儿童口语语料库来计算入选词汇的邻域密度和词频,并将其划分为难易两个层次,开发出单音节 LNT 表(分为难词表和易词表)和多音节 Multi-LNT 词表(分为难词表和易词表)。张宁等<sup>[18-19]</sup>参照英文版 LNT,开发了普通话版的词汇相邻性单音节词表和多音节词表,可用于 5 岁以上听障儿童的开放式词汇辨识测试,有助于揭示听障儿童在长期康复进程中语言及认知能力对于言语感知的影响。

1979 年三位英国聋教育专家 Bench, Koval 和 Bamford<sup>[20]</sup>为听力损失儿童发展了一组大容量的语句库,以他们三位的英文姓氏首字母 BKB 命名。BKB 语句采样于 8~15 岁聋校在读学生对若干生活场景图片的描述,采用开放式测试,更能反映听力损失儿

童的自然语言运用,目前是十分常用的儿童及成人语句测试材料。郝昕等分析了英文 BKB 句表的句式难度和计分规则,充分考虑中英文在语音学上的差异,从北京 3~5 岁儿童的口语语料库中编选了 12 张普通话 BKB 短句识别表<sup>[21]</sup>,每表 10 句、50 个关键词,编成了符合汉语普通话特点的中国“BKB”词表。

英文版的儿童噪声下听力测试句表(HINT-C)<sup>[22]</sup>也是取材于 BKB 语句,其识别率-信噪比(Performance-SNR)函数的斜率大致为 10%/dB。但为了获得与英文 HINT 版本相近的斜率,黄丽娜等<sup>[23-24]</sup>在研发中文粤语版和普通话版 HINT 时,将汉语语句加长到 10 个字并提高了难度。之后又从中筛选出适应儿童生活经验的语句,选编成儿童版的 MHINT-C (Mandarin hearing in noise test- children)。

## 2 临床常规的成人言语测听材料

言语识别率和言语识别阈是考察患者言语识别能力的两个不同的视角。患者的识别能力,通常以言语中的关键词能被正确识别的百分率来表示,称为言语识别率。如果听力师有充分的时间,可在不同言语强度下测试患者的言语识别能力,并绘制出识别率-强度(Performance - Intensity, P-I)函数曲线。从 P-I 曲线上可以很容易查出某一言语强度所对应的识别率,也可以查出 50%识别率所对应的言语声级——即言语识别阈。但在临床测听时,往往没有足够的时间在多个言语声强下去测试患者的识别率并描画 P-I 函数,这就迫使听力学家发展出适应特定目的的、快捷的言语识别率和识别阈测试方法。

### 2.1 用于言语识别率测听的单音节表

为了适应临床快捷的要求,言语识别率测试往往采用单音节表。表内各测试项累计的元音、辅音的出现比例与其在日常生活出现的率一致(称为“音位平衡”),以保证测试结果确实能体现出患者日常的残障程度。张华等<sup>[25]</sup>近年来开发了 10 张 50 字的音位平衡表,其中 7 张具有良好的表间等价性,但考虑到 50 字表易使患者出现疲劳效应,又开发了每张 20 字的小词表<sup>[26]</sup>;郝昕、冀飞等则编撰<sup>[27]</sup>出版了 22 张 25 字的音位平衡单音节识别率 CD<sup>[28]</sup>,在正常人<sup>[29]</sup>、患者<sup>[30]</sup>及全国主要方言区人口<sup>[31]</sup>中进行了标准化验证,并给出了这 22 张表的信度指标,对于临床上正确理解治疗前后言语识别率得分的差异有重要价值。台湾阳明大学的蔡昆宪<sup>[32]</sup>采用基因算法实现了音位平衡的 6 张 50 字或 9 张 25 字表的编配。



## 2.2 用于言语识别阈测听的扬扬格词表

言语识别阈可与纯音听阈相互验证,为听神经病等蜗后病变的诊断提供鉴别依据,还可用于听觉中枢及语言处理中枢的功能评价。言语识别阈测试多以双重音的双音节词(扬扬格词)作为测试材料。

参照1987年美国言语语言听力学会(ASHA)推出的言语识别阈测试指南,李剑挥等<sup>[33]</sup>编撰了6张40词的扬扬格词表。所选的扬扬格词都经过心理声学验证,在可懂度上具有很好的同质性。解放军总医院推出的“心爱飞扬”中文言语测听软件<sup>[34]</sup>,以每播放5个扬扬词之后强度递减5dB的方式,将其编排成阶梯式下降的扬扬格词表用于言语接收阈的测试。

## 2.3 用于言语识别率测听的短句表

张华等<sup>[35]</sup>基于英文CID日常生活句表编制了30张普通话语句测听表。语句内容适合于成人,不追求严格的音位平衡,语法结构变化自由。对听力正常的年轻受试者的识别率结果进行聚类分析,分别有13张及16张表各自组成等价的两类等价句表。该句表的测试句长度富于变化:最长不超过12个字,最短仅为2个字。但临床实践中发现,长短不一的句式易使患者的测试心理状态发生波动。

House耳研所的华人学者付前杰<sup>[36]</sup>开发了一套安静下中文言语感知(Mandarin speech perception, MSP)测试语句表,共10张,每张10句,每句7个汉字音节。作者在句表编撰过程中强调了音位平衡原则,并在听力正常人群中以模拟4通道人工耳蜗编码的方式验证了这10张表的等价性,但在人工耳蜗植入者中进行的初步等价性分析<sup>[37]</sup>显示,需将10张表两两合成为5张表,方能呈现出等价性。

郝昕等基于英文BKB语句的编撰原则开发的中文BKB短句测试表,共12张,每张表10句、50个关键词,每句6-8个音节。同样可以适用于成人语句识别率的测试。经正常听力的成人受试者临床验证,12张表均等价<sup>[21]</sup>,并具有较高的信度和敏感度。

## 3 人工听觉装置及编码策略优化评价:声调测试及噪声下的言语测听

随着人工耳蜗技术的进步以及中文植入者数量的激增,围绕声音处理策略的研究已逐步转向音乐欣赏和提高日常噪声环境下的言语理解能力。常规的纯音测听及助听装置的验证技术,均在隔声室中进行,不足以预测或评价使用者在日常生活中的交流能力,因此近年来有关噪声下言语识别测试材料

和方法<sup>[9]</sup>的研究方兴未艾,国际上陆续推出了HINT(Herring in noise test)<sup>[22]</sup>QuickSIN(Quick speech-in-noise)<sup>[38]</sup>、BKB-SIN(BKB speech-in-noise)<sup>[39]</sup>等噪声下语句识别材料。

有关中文噪声下语句测听材料的开发也正逐步走向成熟。香港大学黄丽娜等<sup>[24]</sup>研发的普通话版HINT,是第一个标准化的中文语句识别率测试材料。它有24张表,每表10句,可供在特定信噪比下进行的语句识别率的测试;又可以将24张表两两合并成12张表,每表20句,以自适应的方式获得噪声下的言语识别阈,即50%的语句识别率所对应的信噪比。所谓“自适应”测听方法,类似于纯音听阈测试中的Békésy测听,依据患者对上一句的正确应答率而相应地增大或减小下一句播放的强度,使得语句的播放强度(或信噪比)总在患者的语句识别阈附近上下振荡,并最终由软件推算出语言识别阈。然而国内一些人工耳蜗中心在试用了MHINT之后发现,10字句长的对于儿童、甚至部分有经验的成人人工耳蜗使用者,都显得过难了<sup>[40]</sup>。为此元贝尔等<sup>[41]</sup>提出了针对人工耳蜗植入者的MHINT优化测试方案。

郝昕等开发的噪声下普通话儿童HOPE短句识别表<sup>[42]</sup>,采用4人交谈的混叠噪声,能较好地模拟日常环境中的嘈杂场景。能同时适用于儿童及成人人工耳蜗植入者、助听器使用者及听处理障碍人群的评估。正常成人使用该套句表所获得的言语识别阈(50%识别率所对应的SNR)为-6dB,标准差为0.44dB,有很好的敏感度,便于区分不同声学特性之间、不同受试者之间的差异。针对儿童配合时间短的特点,该套句表还具有很高的效率,能1.5分钟内获得可靠的结果。

在HOPE短句基础上开发的中文QuickSIN<sup>[43]</sup>、BKB-SIN(Mandarin BKB Sentences in noise test, MBKB-SIN)<sup>[44]</sup>也已初步得以确立。陈艾婷等<sup>[43]</sup>从4人嘈杂语噪声下的普通话儿童HOPE短句库中抽取90个句子,组成15张QuickSIN噪声下句表,每张表6句话,每句包含5个关键词,表中各句的信噪比依次为+15,+10,+5,0,-5,-10dB,可在1分钟内获得噪声下言语识别阈的数值,计分简便,临床易于操作,所选语句和噪声有很好的表面效度。

中文BKB-SIN测试<sup>[44]</sup>同样来自于HOPE短句库,只不过句中关键词做了重新划分。它共有10张等价的句表,每表含10句,首句含4个关键词,其余含3个关键词,播放时的信噪比从+21dB、+18dB、+15dB、+12dB、+9dB、+6dB、+3dB、0dB、-3dB、-6dB依

次降低,测试人员只需记录应答的正误即可,测试结束后套用公式即可很快判定植入者在噪声下的语句识别阈。2011 年 6 月,由美国听力学会(AAA),美国耳鼻喉头颈外科学会(AAO-HNS)和人工耳蜗厂商代表组成的委员会,重新修订了一套评估成人植入者言语识别能力的推荐材料 MSTB。除继续保留英文 CNC 词表外,建议采用更高难度的 AzBio 句表和 BKB-SIN<sup>[39]</sup>噪声下言语测试,以分别评估人工耳蜗成人植入者在安静及噪声环境下的表现。中文 BKB-SIN 测试正好顺应了这一趋势。

以汉语为代表的声调语言,因其声调与音乐旋律的内在联系,正在成为人工耳蜗语音编码策略<sup>[45]</sup>的研究热点。王硕等<sup>[46, 47]</sup>、亓贝尔等<sup>[48]</sup>结合自身科研需求,各自开发了不同形式的声调评估工具,用以评估新型编码策略对汉语声调识别及音乐欣赏的改进。但更便于临床推广的小儿声调及噪声下言语识别测试的工具,当属由中科院声学所、解放军总医院和香港教育学院新近修订的汉语儿童噪声下言语识别图(MANDarin Pediatric Picture IDentification test in Noise, MAPPID-N)软件<sup>[49]</sup>。它包含一组从 1 到 10 共十个阿拉伯数字的辨识测试、三组双音节词(分别对应日常物品、衣服\身体部位、动物,每组 8 个备选项)辨识测试、六组单音节声调辨识测试。由于普通话的声调分为“阴平、阳平、上声、去声”四种,故我们挑选那些易于用图片呈现、无歧义且四声齐全的音节,来构建出六组单音节声调辨识图片。每组图片中 4 个备选项均具有相同的声母和韵母,仅仅声调有差异。每组图片的摆放位置及播出顺序,言语及噪声的声强、方位及信噪比均可由软件控制,受试儿童只需点击触摸屏上的画片来应答,可自动计分并将测试过程记录在电脑中,以备日后的数据回溯。由于采用触摸屏应答方式,儿童的参与度很高。

#### 4 结 语

随着数字语音技术的发展和计算机多媒体技术的普及,计算机辅助的中文言语测听平台已开始应用于临床和科研工作,使得测试精度和信度大大提高。解放军总医院与清华大学合作开发的计算机辅助的“心爱飞扬”中文言语测听平台<sup>[34]</sup>,集受试者信息管理、声学校准、语音播放、测听流程自动化、测听报表生成、数据分析管理等功能为一体。可以辅助进行单音节识别率、扬扬格词识别率及识别阈、安静下语句识别率及识别阈、噪声下的语句识别率及识

别阈等测试,在一定程度上解决了“评估方法不规范”的弊端,为人工耳蜗临床及科研提供了一个了实用而有效的计算机辅助工具<sup>[50]</sup>。

发展中文言语测听材料是一项奉献性的工作,需要极大的勇气和耐心,任重而道远。相信在国家人工耳蜗捐助项目“七彩梦行动计划”及人工听觉植入装置国产化趋势的带动下,在中华医学会耳鼻咽喉头颈外科学会的推动下,包括港澳台地区的全国同行分工协作、群策群力,定会使形成一套适应临床及科研需求的、规范化的中文言语评估体系。

#### 参 考 文 献

- Hall JW., Mueller HG. Speech Audiometry Audiologist's Desk Reference. San Diego: Singular Publishing Group, 1997: 115-174.
- 郗昕. 当前中文言语测听的几个误区. 听力学及言语疾病杂志. 2012, 20(6): 509-511.
- 卜行宽, 倪道凤. 推进中文言语测听材料的标准化和临床应用. 中华耳科学杂志, 2008, 6(1): 9-10.
- 韩东一, 杨伟炎. 普及言语测听, 提高耳科学诊疗水平. 中华耳科学杂志, 2008, 6(1): 7-8.
- 郗昕. 成人言语测听的基本内容及其临床价值. 临床耳鼻咽喉头颈外科杂志. 2013, 27(7): 337-339.
- 刘莎, 郗昕. 我国儿童言语测听的现状与发展. 听力学及言语疾病杂志. 2013, 21(3): 213-216.
- 高志强, 沈鹏. 植入式听觉装置. 中华耳鼻咽喉头颈外科杂志, 2010, 45(10): 875-880.
- 迟放鲁. 我国听觉植入的现状和面临的问题. 中华耳鼻咽喉头颈外科杂志, 2010, 45(10): 796-797.
- 郗昕. 噪声下的言语测听——评价助听器效果的重要手段. 中国听力语言康复科学杂志, 2008, 6(6): 27-29.
- 郑芸, Soli SD, 李刚. 早期言语-语言发育的客观评估. 中国听力语言康复科学杂志. 2010, 10(4): 10-18.
- 孙喜斌, 高成华, 袁海军, 等. 聋儿听力语言康复评估. 吉林: 吉林教育音像出版社, 1993.
- Zheng Y, Meng Z.L, Wang K. Development of the Mandarin early speech perception test: children with normal hearing and the effects of dialect exposure. Ear Hear. 2009, 30(5): 600-612.
- Moog J.S. Geers A.E. Early speech perception test for profoundly hearing-impaired children. 1990. St. Louis: Central Institute for the Deaf.
- Elliott L.D. Katz. Development of a new children's test of speech discrimination. Technical Manual, 1980, St. Louis, MO: Auditec.
- Zheng Y, Soli S.D, Wang K, et al. Development of the Mandarin pediatric speech intelligibility (MPSI) test. Int J Audiol. 2009, 48(5): 718-728.
- 李刚, 郑芸, 王恺, 等. 普通话儿童言语理解力测试(MPSI). 中国听力语言康复科学杂志. 2011, 9(6): 29-34.
- Kirk KI, Pisoni DB, Osberger MJ. Lexical effects on spoken word recognition by pediatric cochlear implant users. Ear Hear. 1995, 16: 470-481.
- 张宁, 盛玉麒, 刘莎, 等. 普通话儿童词汇相邻性多音节词表编制研究. 中华耳科学杂志, 2008, 6(1): 30-34.
- 张宁, 盛玉麒, 刘莎, 等. 普通话儿童词汇相邻性单音节词表的编

- 制. 听力学及言语疾病杂志, 2009, 17(4): 313-317.
- 20 Bench J, Kowal A, Bamford JM. The BKB (Bamford- Kowal- Bench) sentence lists for partially hearing children. *British Journal of Audiology*, 1979, 13: 108-112.
  - 21 郑海昌, 王枫, 郝昕, 等. 安静条件下语句识别表的等价性研究. *中国听力语言康复科学杂志*, 2011, 9(5): 16-18.
  - 22 Nilsson M, Soli SD, Sullivan J. . Development of the hearing in noise test for the measurement of speech reception thresholds in quiet and in noise. *J. Acoust. , Soc. Am.* 1994, 95(2), 1085-1099.
  - 23 Wong LL , Soli SD. Development of the Cantonese Hearing in Noise Test (CHINT) *Ear Hear.* 2005, 26(3): 276-89.
  - 24 Wong LL, Soli SD, Liu S, et al. (2007) Development of the Mandarin Hearing in Noise Test (MHINT). *Ear Hear* 28(2 Suppl.): 70-74.
  - 25 张华, 王靓, 王硕, 等. 普通话言语测试单音节词表的编辑与初步等价性评估. *中华耳鼻咽喉头颈外科杂志*, 2006, 41: 341-345.
  - 26 张华, 曹文, 王硕, 等. 语音学理论在普通话单音节小词表编录中的应用. *听力学及言语疾病杂志*, 2009, 17(2): 100-106.
  - 27 郝昕, 冀飞, 陈艾婷, 等. 汉语普通话单音节测试表的建立与评估. *中华耳鼻咽喉头颈外科杂志*, 2010, 45(1): 7-13.
  - 28 郝昕, 冀飞. 普通话言语测试 CD: 单音节识别率测试. 解放军卫生音像出版社, 北京, 2009.
  - 29 郝昕, 赵乌兰, 冀飞等. 汉语单音节测试表在北京听力正常人群中的复测信度评估. *听力学及言语疾病杂志*, 2009, 17(2): 95-99.
  - 30 陈艾婷, 郝昕, 冀飞. 一组汉语普通话单音节等价表在听力损失人群中的复测信度研究. *听力学及言语疾病杂志*, 2009, 17(3): 201-204.
  - 31 冀飞, 郝昕, 韩东一, 等. 汉语普通话单音节测试表的多中心复测信度研究. *中华耳鼻咽喉头颈外科杂志*, 2010, 45(3): 200-205.
  - 32 Tsai K-S, Tseng L-H, Wu C-J, et al. Development of a Mandarin monosyllable recognition test. *Ear Hear.* 2009, 30(1): 90-99.
  - 33 李剑挥, 郝昕, 冀飞, 等. 一组汉语普通话双音节测试词表的等价性分析. *中华耳科学杂志*, 2010, 8(1): 75-77.
  - 34 郝昕, 黄高扬, 冀飞, 等. 计算机辅助的中文言语测试平台的建立. *中国听力语言康复科学杂志*, 2010, 7(4): 31-34.
  - 35 张华, 陈静, 王硕, 等. 汉语普通话语句测试句表的编辑与评估. *中华耳鼻咽喉头颈外科杂志*, 2005, 40(10): 774-778.
  - 36 Fu QJ, Zhu M, Wang X. Development and validation of the Mandarin speech perception test. *J. Acoust. Soc. Am.* 2011, 129(6): 267-273.
  - 37 王顺成, 石颖, 李永新, 等. 开放式言语评估系统短句材料在人工耳蜗植入者中等价性的初步分析. *听力学及言语疾病杂志*. 2013, 21(3): 278-281.
  - 38 Killion MC, Niquatte PA, Gudmundsen GI. Development of a quick speech-in-noise test for measuring signal-to-noise ratio loss in normal- hearing and hearing- impaired listeners. *J Acoust Soc Am.* 2004, 116(4): 2395-2405.
  - 39 Etymotic Research, Inc. BKB-SIN test. (Ver1.03). , IL 60007. www. etymotic.com. 2005.
  - 40 刘莎, 韩德民, 张宁, 等. 普通话语句理解能力分割评分法的比较研究. *中华耳鼻咽喉头颈外科杂志*, 2007, 42(4): 241-244.
  - 41 亓贝尔, 刘博, 张宁, 等. 人工耳蜗植入者噪声环境下普通话言语测试测试方案的优化研究. *听力学及言语疾病杂志*, 2011, 19(4): 306-310.
  - 42 Xi X, Ching TYC, Ji F, et al. Development of a corpus of Mandarin sentences in babble with homogeneity optimized via psychometric evaluation. *Int. J. Audiol.* 2012, 51(5): 399-404.
  - 43 陈艾婷, 郝昕, 赵乌兰, 等. 噪声下言语识别速测表(Quick SIN)普通话版的编制. *中国听力语言康复科学杂志*, 2010, 8(4): 27-30.
  - 44 Xi X, Chen AT, Wang Q. Development of Mandarin Version of BKB Speech-In-Noise tests: A Pilot Study. 290. 8th Asia Pacific Symposium on Cochlear Implant and Related Sciences. Daegu, Korea. 2011, Oct , 25-28.
  - 45 亓贝尔, 刘博. 影响人工耳蜗植入者声调识别的因素. *听力学及言语疾病杂志*, 2010, 18(5): 512-514.
  - 46 王硕, Mannell R, 张华. 汉语声调在国内外人工耳蜗相关领域的研究现状. *中华耳鼻咽喉头颈外科杂志*, 2011, 46(2): 164-167.
  - 47 Wang S, Liu B, Dong RJ, et al. Music and Lexical Tone Perception in Chinese Adult Cochlear Implant Users. *Laryngoscope*, 2012, 122: 1353-1360.
  - 48 Qi B, Liu B, Krenmayr A. et al. The contribution of apical stimulation to Mandarin speech perception in users of the MED-EL COMBI 40+ cochlear implant. *Acta Oto-Laryngologica*, 2011; 131(1): 52 - 58.
  - 49 Yuen KCP, Luan L, Li H. et al. Development of the computerized Mandarin pediatric lexical tone and disyllabic-word picture identification test in noise (MAPPID-N). *Cochlear implants international*, 2009, 10 Suppl 1: 138-147.
  - 50 张宇晶, 郝昕. 成人人工耳蜗植入相关的中文言语识别评价体系的建立. *听力学及言语疾病杂志*, 2012, 20(4): 387-389.

(收稿日期: 2013-7-24 审核: 杨伟炎)