

· 综述：听力学 ·

背景噪声下言语测听

李丽 王宁宇 葛晓辉

摘要 本文在对中枢听觉神经系统功能的解剖、生理及其检查开展的必要性进行略述后, 提出语言的最基本、最主要的形式是“言语”。能否听懂言语, 是判断听功能状态的最主要指标。通过对言语测听及背景噪声下言语测听的历史、现状进行概述后, 对背景噪声下言语测听的影响因素及其作为听处理套查方法之一的临床应用前景、在中枢听处理障碍检查中的灵敏性进行展望。

关键词 听觉 (Auditory Perception); 测听法, 言语 (Audiometry Speech)

语言 (language) 是人类特有的用来表达感情、交流思想、传达信息的工具。语言的最基本、最主要的形式是“言语 (speech)”。能否听懂言语, 是判断听功能状态的最主要指标^[1]。根据国外近些年的研究, **中枢听觉神经系统病变不易用通常的方法检出**, 其功能的评估往往需要进行中枢听功能套查^[2-3], 如滤波言语测试、双耳两分测试、噪声下的言语测试、时间压缩言语测试等。常规的言语测听, 都是采用纯言语信号测试, 其基本目的是评价受试者在日常条件下对言语的识别能力, 反映中枢听觉系统和外周听觉系统的功能状态, **但言语测听和纯音听力常不一致**, 言语能力的下降并不一定伴有纯音听敏度的改变, **故纯音听阈测试不能评价听觉系统对宽带信号的识别功能**, 更不能准确的判断噪声下的言语理解力^[4]。而现实主活中常常有各种噪声干扰言语的识别, 因此安静条件下的言语测听结果不能很好地代表日常生活的实用听力状况。噪声竞争下言语测听 (speech test in noise) 较接近日常聆听条件^[5], 可以科学地评估噪声下的言语理解力, 有较好的特异性和敏感性^[4-6]。

【中枢听觉神经系统解剖、生理】 听觉系统自耳蜗到大脑听觉皮层的通路由四级神经元组成, 第八颅神经以下为外周系统, 耳蜗核平面以上为中枢听觉神经系统 (central auditory nervous system, CANS)。CANS在解剖上分脑干和大脑两部分。听觉上行传导通路的二级神经元及以上各级听觉中继神经核团都接受双侧耳蜗传来的信息, 其特点是双侧性、多重交叉性^[1-7]。因此, 在耳蜗核以上的中

枢听觉系统的病损常无明显听阈改变^[8]。

人的听觉皮层包括位于大脑 Heschl 颞横回内的 Brodmann 41、42区和位于海马周边的 Brodmann 22区。前者称为听觉皮层初级投射区, 与听觉的最终感知, 包括言语的理解有关; 后者称为听觉皮层联合区, 它涉及言语感知而引起的情感、思维等活动。其生理特点为对侧耳感觉占优势, 一侧的听觉皮层损伤主要表现为对侧耳的听力障碍^[1]。在双耳同时聆听中, 听觉的双侧性投射以对侧投射占优势, 较弱的同侧投射被较强的对侧投射所抑制, 使得信息不能经同侧投射到达听皮质, 形成了功能性的单侧投射, 其中言语测听材料表现为左耳优势 (left ear advantage IEA), 非言语材料表现为右耳优势 (right ear advantage REA)^[1-9]。Musiek^[1]在 6例脑中线切开患者进行双耳两分韵律实验中得出, 左耳得分低于正常, 右耳高于正常, 即右耳的信息可更直接进入左侧听皮质, 优先进入对言语加工相关的区域, 左耳听到的信息需先传至右半球, 经大脑间连接纤维 (胼胝体) 才到达左侧的听皮质。同时, Salv^[10]在对正常听力者安静和噪声下言语反应的 PET影像中, 也发现 SPN测试时, 在右耳给声时左颞脑回较右侧有明显的激活区域^[10]。

【开展中枢听功能测试的必要性】 听觉包括**外周听觉的灵敏度**以及**中枢听觉系统对听信息的处理**, 前者可由纯音测听结果来反映, 后者则为**言语测试的功能**所在。听觉中枢将言语信息从简单的频率、强度等参数形式, 逐步提高和转变为复杂的特征、声象等形式, 进而更方便直接地用于感知、识别、理解、思维所用的形式。**感受和辨别**声音是听觉功能的两个方面。感受是前提, 但就提取有用信息而言, 辨别更为重要。语音识别是人类听觉系统最高级的功能, 它涉及的不仅是听觉的问题, 还和

作者单位: 100020 北京, 首都医科大学附属北京朝阳医院 2002 级硕士研究生 (李丽); 首都医科大学附属北京朝阳医院耳鼻喉头颈外科 (王宁宇); 中国聋儿康复研究中心 (葛晓辉)
通信作者: 王宁宇 (Email: wnY@sohu.com)

学习、记忆、联想、思维、经验等一般脑的高级功能密切相关^[11]。某些中枢病变可以表现为纯音听阈正常,但言语测试得分低,说明声音的感受正常,而声音的认知异常。一侧颞叶病变的患者常诉定位声源能力下降以及健侧听到的声音“变质”和“不清楚”,经仔细检查可以发现健侧听阈升高;并且听觉的症状常常是听觉神经系统病变的最早和唯一的表现,故对听觉障碍主诉与听力图结果不相符者,应当进行中枢听功能测试^[9 12 13]。因此,开展中枢听功能测试不但可以评估受试者的言语交流能力、协助评估病人的伤残程度和听力一言语康复训练效果、比较术前和术后的功能状态,还可以监测神经系统疾病和中枢听觉系统疾患的变化、检测存在于单侧中枢听觉神经通路上的病变、发现暂无影像学证据的中枢听觉系统病变。中枢听功能的检查包括言语信号测试和非言语信号测试,其中非言语信号测试可避免受试者因言语—语言方面的问题而造成的检查困难,对脑干病变检查敏感;而言语信号测试因含有丰富的冗余度,因而更适宜于检测皮层和半球病变^[1]。同时 CANS检查可针对听处理 (auditory processing) 的不同功能而设计,例如检查在复杂声学环境中专注 (attention) 于听某一声学信号的能力;将两种信号综合为一的能力;检查对信号的记忆能力;检查听觉与其他感觉模式的关系,听觉与言语语言的关系等。

【言语测听概述】 言语测听 (speech audiometry) 是一种用言语信号作为声刺激来检查受试者的言语听阈和言语识别能力的听力学测试方法。言语测听所使用的材料主要包括:单音节词 (monosyllable)、双音节扬扬格词 (spondee)、语句 (short sentence)、连续言语 (connected speech or running speech)、无意义语声 (nonsense syllable) 等。其中语句作为测试材料有一定的特殊性,它更接近于日常交流言语,不仅能够判断受试者听功能状态正常与否,还可以评估其对言语的综合理解及运用能力^[1]。

【言语测听历史】 由于言语是很容易获得的声学信号,因此某些形式的言语被用于早期的非正式听力测试中,并以受试者能否听到耳语或发声言语的距离作为计分方式。直到 1904 年, Bryan 使言语测听标准化,才得到广泛开展^[1]。1910 年,第一张英语辅音测听词表问世,用于测试电话通道质量。Fletcher 和 Steinberg (1929) 及 French 等

(1930) 和其他科学家在贝尔实验室 (BTL) 录制了第一份听力测试材料,经改良后用于测试电话线路清晰度和学校听力筛查及评价受试者的言语听阈,成为第一个被广泛采用的录制的听力言语测试材料。1942 年, Hughson 和 Thompson 开发了句子测试材料,但后来又改成了扬扬格词测试材料;1947 年, Hudgins 等开发了 PAL (psychological acoustical laboratories) 第 9 和第 14 号表,用于言语接受阈的测试;1948 年, Egar 等人开发了 PB (phonemically balanced) 50 词表;1952 年, Hirsch 等人将 PAL 词表进行改编,形成中央聋病研究所 (central institute of the deaf CID) 的听力检查表 W-1 和 W-2。1959 年, Lehist 和 Peterson 建立了由 1263 个 CNC (元音作为音节的核心) 单音节词组成的词库,并编制了 NU6 (Northwest University) 测试表。这些词表至今仍在科研及临床中广泛应用^[1]。然而言语感知测试的目的是提供一种能够评估人们在日常聆听环境下感知言语的方法。因言语能力的下降并不一定伴有听敏度的改变,故纯音听阈测试不能评价听觉系统对宽带信号的识别功能,更不能准确的预测噪声下的言语理解力。Silverman 和 Hirsch

(1955) 认为要达到这一目的应该将语句形式加入到言语感知测试中,因为句子比单/双音节词和无意义刺激更接近于实际聆听情况,也更加符合语言的自然规律^[1]。同时语句中含有较大的冗余度,理解一个完整句子的意思,并不完全依靠听觉因素,对言语的综合理解能力也在其中发挥了重要作用。从这一点上看,语句测试不仅能够判断受试者听功能状态正常与否,还可以评估其对言语的综合理解及运用能力。

然而现实生活中,言语活动常受到各种噪声的干扰,人们在评价助听效果时,发现患者在安静环境和噪声环境两种条件下的言语识别能力差别很大,说明不能用安静状态下的言语识别能力预测噪声下的言语识别能力^[14 15]。Salvi 在对正常听力者安静和噪声下言语反应的 PET 影像中,也发现单纯言语测试,只激活双侧上、中部颞叶和前中央脑回,而 SPN 除激活上述区域外,还在小脑、丘脑以及前上或前中部脑回的部分区域发现代谢增强区^[9]。同时耳聋者亦常反映在噪声条件下言语识别困难^[15 16]。因此,噪声竞争下言语测听 (speech perception in noise test SPN) 就是对日常聆听条件的模拟,它通过噪声对语言信号的干扰,

增加言语识别难度,使听觉系统障碍者的病情通过清晰度曲线的变化而表现出来,可以科学地评估噪声下的言语理解力,其结果更能反映受试者日常生活中的实用听力状况,以及听力障碍者的残疾程度,社会交往能力,具有重要的临床应用价值^[5]。

【背景噪声下言语测听】人能有效的识别言语,依赖于听觉系统多通道信息传入形成的中枢听觉系统(CANS)内在冗余度(intrinsic redundancy)和言语信号本身含有的丰富的外在冗余度(extrinsic redundancy)^[5],**噪声干扰可使言语外冗余度下降,听觉系统障碍可使听觉内冗余度减少。**中枢听觉神经系统健全的人可以听明白外冗余度减少的,发音不清晰的言语;内冗余度减少的患有中枢听觉神经系统疾患的人可以听明白发音清晰的言语,**只有减少声音的外冗余度才能检查中枢听觉神经系统的听功能障碍。**噪声下言语测听就是在言语测试材料中加入背景噪声,通过减少言语信号的外冗余度来增加对输入的言语信息分析处理难度的方法来设计的特殊检查方法。其言语感知测试中的背景噪声包括:白噪声(white noise WN)、环境言语噪声(speech noise SN)、多人模糊语音声(babble noise BN)和单人竞争言语等。根据清晰度理论,言语识别与清晰度指数(articulation index AI)单相关,识别率随AI的变化而变化。不同噪声对清晰度曲线的影响不同^[5]。Studebaker等^[5]比较了几种不同频谱噪声对正常人言语清晰度曲线的影响,证实与言语长时平均频谱越接近,对言语识别的掩蔽作用越大,表现为言语接受阈高和清晰度曲线斜率陡。其中BN竞争下言语接受阈最高,曲线斜率最陡。Lew^[17]和Kidd^[18]比较了长时频谱都与言语长时平均频谱一致的BN声和语谱噪声(人工合成的与言语长时平均频谱一致的噪声)对正常人清晰度曲线的影响。他们发现尽管两种噪声频谱十分接近,但BN声对言语的掩蔽作用比语谱噪声强2~3 dB。人们将纯噪声的掩蔽称声学掩蔽(acoustic masking),而将这种含语音成分的噪声对言语识别的强掩蔽作用称为感知掩蔽(perceptual masking)。

为了更好的评价日常生活中的言语交流能力,越来越多的言语测试材料以及噪声下的言语测试材料开始设计出来。1947年,Hudgins等设计了PAL-8听力测试表,用来评价受试者在噪声中的语句识别力,其以单项选择的形式给出。测试时,

以四句为一组,给声强度逐级减低4 dB。1977年,Kalikow等设计出噪声中言语觉察测试(speech perception in noise SPIN),共有8张句表,每表50个句子,句长为5~8个词,仅以每句最后一个词作为测试条目。每表中一半测试条目具有高预测性,其意思可从句子上下文中预测出来。而另一半则为低预测性,无法借助上下文线索加以预测。每个测试条目分别以高/低预测性词在不同句表中使用两次。测试时,语句信号与多人言语噪声同时输出,以使刺激更接近于日常的聆听环境。1979年Plomp和Mimpen设计了一套荷兰语语句测试材料,用以测试SRT测试中使用多人言语作为干扰噪声,与语句信号同时输出,这些言语噪声的频率成份与测试句的频率成份一致。1982年Hageman设计了一种瑞士语语句测试材料。其中每个测试句均有相同的结构,由5类词组成,依次为:专有名词、动词、数词、形容词和名词。测试中使用的干扰噪声由计算机产生,是将最初的测试词表经过周期性滤波,并加以混合而形成的。它的频率成份与测试句的频率成份相同。Hageman设计这一材料的主要目的是为了使之适合于在临床中测试患者的噪声言语理解力。例如,可将其用于选配助听器之前的噪声言语识别测试,从而预测助听器的选配效果。1994年,美国House耳科研究所(House ear institute HEL)的Nilsson Soli和Sullivan设计了HNT测试。它的主要目的是用来测试语句言语识别阈(sentence speech recognition threshold score SRTs)。受试者的任务是逐字重复所听到的内容,计分也是基于受试者正确识别单词的百分比。在测试时采用上升-下降法来确定给声强度。HNT测试即可用于安静环境中,也可用于噪声环境中的SRT测试。近年来出现了快速噪声中言语测试(quick speech in noise quick SN),共18个句表,每表6个测试句,每句输出时对应固定的信噪比,从+25 dB到0 dB以5 dB一档递减。测试以关键词计分,也可记录受试者50%正确率时的信噪比^[11-19]。

20世纪50年代以来,欧美英语国家将言语测听作为耳鼻咽喉科学和临床听力学的常规检查,这些词表可根据言语测试的不同方面给予不同的测试内容。

我国的言语测听研究工作始于20世纪60年代。1963年张家驥等人编制了《语言清晰度测试

音节表》。1985年我国首次编录了《汉语普通话交错扬扬格词测试材料, H₁和 H₂》并对听力正常人的正常值进行了测试。同年, 顾瑞发表了《交错扬扬格词试验和竞争语句试验: 测试材料的编录和正常值》。1988年, 蔡才根发表了《汉语竞争句测试及其应用》。1990年张华编写了汉语最低听觉功能测试 (minimal auditory capabilities in China, MACC^[20])。其中 MACC由 17项测试材料组成, 其中 SPN测试表 4张, 每表共有 10个短句, 句长为 7个或 8个单音节词, 考虑到汉语句子中有不少语气词出现在句末, 故不采用英语 SPN只回答最末一个词的方法, 而是采用让受试者听全句, 按回答正确的关键词数评分, 使得所有项目的机会值均为 0%。这样可以把这项测试看作是噪声环境下理解连续语言的测试, 而不是仅仅增加了噪声的单音节词测试。同时还有由美国 House耳科研究所、香港大学和北京市耳鼻咽喉科研究所正在编制的中文 HNT测试材料, 它的主要目的是用来测试语句言语识别阈 (SRTs)。受试者的任务是逐字重复所听到的内容, 计分也是基于受试者正确识别单词的百分比。在测试时采用上升-下降法来确定给声强度。HNT测试即可用于安静环境中, 也可用于噪声环境中的 SRT测试。

此外, 中国科学院声学所、中国科学院心理所、北京市耳鼻咽喉科研究所、南京大学声学所、上海瑞金医院、华东师大、广州军区总医院、中国协和医科大学、中国人民解放军总医院等单位先后编写了不同的言语测听词表, 但我国临床言语测听所用的检查材料尚未统一^[21]。

【影响言语测试的因素】 因为言语自身的特点, 物理、声学、语言学及心理学因素等都会对其产生影响, 如测定环境、录音条件、言语信号的刺激强度、频率构成、畸变、信噪比、持续时间等物理因素; 检查材料的说话人数、性别、清晰度、使用的测试语言、测试材料的冗余度及受试者对测试材料的熟悉程度等语言学方面的因素; 受试者的听力损失程度、智力程度、语言优势半球、接受言语测试的动机、反应方式、计分方式、测试表的数量以及引导语、是否使用背景噪声、背景噪声的类型等因素, 也都会对测试结果造成一定的影响^[1]。因此应对测试结果作综合分析, 但最主要的仍然是噪声的类型及信噪比的大小, 曹永茂等得出对声音的掩蔽 $BN > SN > WN$ 。广华平得出在正常听力者

和耳聋者, 当言语信号受到噪声干扰时, 言语识别率都将受到不同程度影响, S/N 越小识别率越低, S/N 越大识别率越高。

【SPN的现有研究】 随着言语测听技术的发展及其测试方法的不断改进, 基于噪声下言语测试的正确性、敏感性和特异性, 噪声下言语测试在国外已成为临床常用检查, 许多实验室将其作为听处理套查方法之一, DFO (department of fisheries and oceans Canada, DFO) 甚至将其用于噪声相关性工作的筛查, 筛查测试的结果可预测个体在噪声中的听觉分辨能力^[4]。对国内而言, 由于汉语自身特点, 以及中西方人历史背景和生活环境的差异, 我们不能直接翻译引用国外已有的测试材料, 因而对噪声下言语测听的研究较少。1996年广华平等, 通过测试正常人 5个言语声级和 3种噪声下 5个 S/N 时的言语识别率, 探讨了噪声下言语识别率随信噪比 (S/N) 变化的规律, 不同噪声对言语清晰度曲线的影响, 以及该测试对不同听觉系统障碍的临床应用价值。1998年广华平等又在耳蜗性聋患者识别率随 SNR 的变化规律与正常人相比中, 得出同一 SNR 下言语识别率皆有不同程度下降, 清晰度曲线右移, 右移幅度为 $SN > WN > BN$ ^[6]。1999年曹永茂等探讨传导性聋患者在噪声竞争下言语清晰度曲线及不同噪声对清晰度曲线的不同影响中, 得出传导性聋患者的言语识别率整体趋势是随 SNR 的增大而增加, 不同噪声条件下清晰度曲线斜率变化不同^[22]。2001年, 区建国等在双侧人工耳蜗植入者在噪声环境下的言语辨别能力研究中发现, 在不同信噪比下, 双侧人工耳蜗植入更有助于提高对广东话声调的辨别能力, 进一步证明了双侧人工耳蜗植入患者运用双耳听力的优势^[23]。目前尚未见到此测试对中枢性听力情况的研究报道。

【展望】 噪声中言语觉察测试 (speech perception in noise test, SPN) 是通过减少声音刺激的外冗余度, 增加对输入信息的处理难度, 来检查中枢听觉神经系统听功能障碍的测试方法。通过调整信噪比改变声音信号的外冗余度, 检测受试者在噪声背景下辨别言语的能力, 观察其获取言语中语言信息的能力, 以及记忆和认知的能力。但是由于语句测试中的句子存在较大的冗余度, 同时也存在很强的学习效应, 因此很难清楚的判断受试者的回答中究竟听到了多少句子的内容, 以及他们运用了

多少猜测及学习的能力。因此, 基于语句测试的潜在局限性, 一些研究者认为, 在言语感知测试中使用背景噪声, 可以使得测试结果对患者的交流困难更加敏感, 也有另一些研究者认为, 在言语感知测试中加入背景噪声虽然可以使得分降低, 但其结果是否比安静环境下的结果更具诊断价值还不能肯定^[1]。然而现今的许多研究中, 发现 SPN有很好的敏感性和特异性^[4-6]。Demanez认为包含 SPN的听处理套查, 通过对正常人检查所得出的标准值, 对中枢听处理的评估有很高的使用价值^[2]。

随着科技的发展和人民生活质量的提高, 模糊听觉机能不良 (obscure auditory dysfunction OAD)^[24]患者增加, 其常以噪声中言语理解障碍为主诉。越来越多的听功能障碍患者选择使用助听器或人工耳蜗植入来改善自己的生活质量, 将 SPN运用到助听器选配及人工耳蜗植入手术的效果评估中, 可以对助听装置抗干扰能力作初步评价、对比, 并估价在噪声环境下患者是否能从助听装置中受益, 从而预测助听器的选配效果, 使得我们的评估结果更加客观有效。并可进一步帮助他们制定出切实有效的康复计划。因此, 国内亟待编制出一个实用、规范化的汉语普通话语句测试句表及噪声下言语测试句表, 以使国内的听力测听工作尽早与国际接轨, 同时使国内的听处理套查更完善和广泛的应用于临床。同时将 SPN应用于中枢病变患者, 探讨暂无影像学证据的中枢听觉系统病变患者是否存在言语测听及噪声下言语测听的异常, 二者之间的关系以及患者因中枢疾病引起的认知障碍与其言语听觉障碍又有怎样的关系等问题, 是一种有价值的临床检查方法和研究方向。

参考文献

1. Katz J Handbook of Clinical Audiology 5 th Edition USA: Lippincott Williams & Wilkins 2002: 13-17 50-70 96-109 495-544.
2. Demanez L, DonY C, Jolson B, Lhorneux L, edoux E, et al Central auditory processing assessment: a French speaking battery. Acta Otorhinolaryngol Belg 2003 57 (4):275-290.
3. Neijenhuis KA, Stoilman MH, Snik AF, et al Development of a central auditory test battery for adults. Audiology 2001 40 (2):69-77.
4. Laroche C, Soli S, Giguere C, et al An approach to the development of hearing standards for hearing critical jobs. Noise Health 2003; 6 (21):17-37.
5. Sudebaker GA, Taylor R, Sherbecoc RL, The effect of noise spectrum on speech recognition performance intensity function. J Speech Hear

- Res 1994 37 (2): 439-448.
6. Smits C, Kapteyn TS, Hougaard T Development and validation of an automatic speech-in-noise screening test by telephone. Int J Audiol 2004 43 (1): 15-28.
7. 韩德民, 许时昂, 王树峰, 等. 听力学基础与临床. 第 1版. 北京. 科学技术文献出版社. 2004 30-34 305-310.
8. Boaman D, Vining EP, Freeman J, et al Auditory studied prospectively in women with decorticectomy patients. J Child Neurol 2003 18 (3):228-232.
9. 汤慈美, 王新德. 神经心理学. 第 1版. 北京. 人民军医出版社. 2004 49-61.
10. Salvi RJ, Lockwood AH, Frisina RJ, et al PET imaging of the normal human auditory system: responses to speech in quiet and in background noise. Hear Res 2002 170 (1-2):96-106.
11. 梁之安. 听觉感受和辨别的神经机制. 上海. 科技教育出版社. 1999 35-41 104 171.
12. Bamjou DE, Lajsis A, Boyd S, et al Central auditory processing disorder as the presenting manifestation of subtle brain pathology. Audiology 2000 39 (3):168-172.
13. 黄兆选, 汪吉宝, 钟乃川, 等. 实用耳鼻咽喉科学. 第一版. 北京. 人民卫生出版社. 2002 637-641.
14. 吴燕君, 孔颖, 刘领波, 等. 听觉中枢功能评价在听力言语康复中的应用. 现代康复, 1999 3 (8): 904-906.
15. Judy RD, Donald DD, Donald EM, Effects of age and mild hearing loss on speech recognition in noise. J Acoust Soc Am 1984 76 (1): 87-96.
16. 广华平, 杨强, 吴耀贵. 正常人汉语噪声竞争下言语测听的临床研究. 听力学及言语疾病杂志, 1996 4 (3): 140-145.
17. Lewis HQ, Benignus VA, Muller KE, et al Babble and Random-noise masking of speech in high and low context cue conditions. J Speech Hear Res 1988 31 (1):108-114.
18. Keidser G Computerized measurement of speech intelligibility II Normative data from a closed response test. Scand Audiol 1991 20 (3): 153-158.
19. Nie JV, Laura D, Joost ME, et al Method for the selection of sentence materials for efficient measurement of the speech reception threshold. J Acoustic Soc Am 2000 107(3): 1671-1684.
20. 张华, 曹克利, 王直中. 汉语最低听觉功能测试 (MACC)的编辑和初步应用. 中华耳鼻咽喉科学杂志, 1990 25 (2): 79-83.
21. 姜泗长, 顾瑞. 临床听力学. 第一版. 北京. 北京医科大学中国协和医科大学联合出版社, 1999 171-190 348-378 415-420.
22. 曹永茂, 银力, 杨强. 传导性聋患者在不同噪声竞争下的言语测听. 听力学及言语疾病杂志, 1999 7 (4): 191-193.
23. 区建国, 金昊, 许由, 等. 双侧人工耳蜗植入者在噪声环境下的言语辨别能力. 中华耳鼻咽喉科杂志, 2001 36 (6): 433-435.
24. Henson M, Haggard MP, Field DL, Validation of parameters for assessing obscure auditory dysfunction: robustness of determinants of OAD status across samples and test methods. Br J Audiol 1994 28 (1):27-39.

(收稿日期: 2004-12-31)