

一侧人工耳蜗对侧助听器双模式聆听效果的研究进展*

张国平¹ 综述 李永新¹ 审校

DOI:10.3969/j.issn.1006-7299.2011.05.003

【中图分类号】R764.5 【文献标识码】A 【文章编号】1006-7299(2011)05-0397-05

在耳聋患者中,有一部分是一侧耳重度或极重度聋,但对侧耳尚有一定的残余听力。随着人工耳蜗植入术适应症范围的不断扩大,越来越多的此类患者接受了单侧人工耳蜗植入(CI),形成了单耳听觉。然而单侧人工耳蜗植入患者的音调、音乐感知以及声源定位等能力不尽如人意。于是针对那些对侧耳有残余听力的单侧人工耳蜗植入者,出现了给非植入耳佩戴助听器(HA)的“双耳双模装配”(binaural bimodal fitting 或 CIHA)模式,从而使患者能够“双耳双模式聆听(binaural bimodal hearing)”^[1]。研究显示双耳双模式聆听可以显著改善患者的言语感知、声源定位和音乐感知等,对适合采用双模式的患者推荐使用双耳双模式聆听模式^[1,2]。本文对这种“一侧耳植入人工耳蜗同时对侧耳佩戴助听器”的“双耳双模式聆听”的研究进展进行综述。

1 双耳双模式聆听效果的评估

双耳双模式聆听效果的评估主要依靠声场听阈测试、言语感知测试、声源定位测试、音乐和音质的感知测试以及听觉诱发电位检测等。由于测试条件不能完全反映现实生活环境,其结果也并不能完全代表现实生活中患者的真实听觉状况,调查问卷可作为对以上测试的补充^[2]。

1.1 声场测听 利用扬声器给声,测试声信号多为啜音,分别测试单独 CI 和 CIHA 时的声场听阈,测试频率包括 250、500、(750)、1 000、(1 500)、2 000、4 000、8 000 Hz,结果表明双模式时的听阈比单独 CI 时低^[3~5]。

1.2 言语感知测试 该项测试主要是测试安静环境中噪声环境中的言语识别率(SRS),其中噪声下言语识别率测试更能反映日常生活的真实情况。多采用扬声器给声^[4,6],信噪比在各个报道中不尽相同,多数采用固定信噪比,如+5 dB SNR、+10 dB SNR^[7,8],少数采用自适应 SNR^[9,10];根据不同的研究目的,信号声和噪声的方位不同,有的信号和噪声都从前方发出^[6],有的信号和噪声从不同方位发出^[11];多数研究中测试时要求受试者进行听说复述^[10,12]。

国外所使用的测试材料:针对成人的有测试单音节词识别能力的 CNC 音素平衡词表,如西北大学听力测试词表 6 (NU-6)^[13]、测试句子识别能力的词表如 CID 日常会话短语^[14]、纽约城市大学编制的言语(CUNY sentences)^[11,15]以及噪声下的言语测试(HINT)^[9];针对儿童的有测试单音节

词识别能力的词表如幼儿音素平衡词表(phonetically balanced kindergarten, PBK)^[16]等,测试句子识别能力的词表常采用 BKB 语句测试(bamford-kowel-bench sentence, BKB)^[17]以及儿童版的 HINT(HINT-C)^[16]。国内测试材料相对较少,针对成人的常采用张华主编的汉语最低听觉功能测试(minimal auditory capabilities in Chinese, MACC)^[18];针对儿童的常采用中国聋儿康复中心研制的《聋儿听力语言康复评估题库》,这是一个以图画为主的儿童言语测试系列词表,测试时可以选择开放项测试(无任何提示)或封闭项测试(有选择答案提示)^[5,19]。

目前国内外对于双模式聆听时言语感知效果的研究结果不尽相同。在安静环境中的言语识别水平,成年患者和儿童患者无论是使用双模式聆听还是单独使用人工耳蜗都能够获得较好的结果,并且多数研究显示前者好于后者^[3,8,10~12,20],但可能是由于天花板效应,有些研究显示二者在安静环境中的测试结果没有显著性差异^[6,13,16];对于噪声中的言语识别多数研究报道双模式聆听下或者是单独使用人工耳蜗时的结果都明显差于安静环境中的结果,并且双模式聆听时的结果要好于单独使用人工耳蜗的结果^[4,6,11,17,21,22];但也有些研究结果显示部分患者双模式聆听时结果并不比单侧使用人工耳蜗的结果好,反而更差^[10,15]。各研究结果存在一定的差异,其原因尚不确定:Ching 等认为可能是由于测试方法如测试时的布局不同而引起的,研究发现当噪声和信号分开时,双模式优势(CIHA-CI)更加明显^[7,22,20];也可能是由于助听器和人工耳蜗没有经过精细的调配,即助听器和人工耳蜗的联合使用没有处于最佳利用状态^[7];再者,测试材料或测试方法的限制使一些受试者无法进行噪声下的言语测试,也就不能充分体现噪声中双模式聆听的优势;同样,天花板效应也使得安静环境中的双模式聆听优势亦不能很好地体现出来;另外,双耳双模装配的使用时间也可能会影响双模式聆听的效果,而各个文献中对双模式聆听效果的评估时间并不一致,如 Holt 等认为双耳双模装配至少使用 2 年才能够充分体现它的优势^[16];还有可能由于患者的自身因素如心理因素等,使得双模式无法被这部分患者接受^[23]。

另外,考虑到汉语是不同于西方语言的声调语言,声调是构成汉语语义的重要成分,声调不同,语义可能完全不同。声调的音高决定于基音的频率(F0),音高值、频差和调域是反映声调音高频率变化的三个参数^[24],而当前的 CI 言语编码策略没有充分考虑这些内容。关于汉语普通话双模式聆听儿童的研究显示,受试者在双模式条件下可以提高声调识别能力^[21]。目前对于汉语普通话双模式聆听患者的言语识

* 北京市自然科学基金项目(T112028);北京市教委科技计划项目(KM201110025017)

1 首都医科大学附属北京同仁医院耳鼻咽喉头颈外科(北京 100730)

别测试很少,对于声调感知的研究更少。

1.3 声源定位 研究表明采用双耳双模聆听者比单独使用人工耳蜗者的声源定位能力显著提高。声源的定位需要耳间时间差(ITD)(主要是低于1 500 Hz的声信号)和耳间强度差(ILD)(主要是高于1 500 Hz的声信号)信息,当单侧听力时就无法获得这样的信息,所以单侧耳蜗植入者对侧同时佩戴助听器可以恢复双耳听觉,有助于声源的定位^[3,7]。研究者在研究中采用多个扬声器以患者为中心按一定间隔呈弧形摆开,声音随机地由其中一个扬声器发出,信号声有的是噪声,有的是单词,有的是句子,当声音发出后要求患者指出是哪个扬声器发出的,根据所指的扬声器与正确的扬声器之间的扬声器个数来计算错误分数(RMS error),进而评价患者的声源定位能力,多数研究结果显示成年患者或是儿童患者在双模式助听状态下的错误分数都要明显低于单独使用人工耳蜗时的错误分数,但也有小部分患者的结果正好相反^[3,6,7,17]。

1.4 音乐、音质感知 单侧人工耳蜗植入者常常对自己欣赏音乐的能力很不满意,尤其是成人语后聋患者,感觉声音与耳前的声音性质不同。人工耳蜗提供的电信号和助听器提供的声信号形式不同,但是有研究发现双模式患者仍然可以提高对音乐和音质的感知,其原因可能是由于助听器提供了更好的低频信息^[25]。Kong等^[26]测试了5名成年双模式聆听患者,发现其中4人在双模式时对曲调的识别明显好于单独使用人工耳蜗时。

1.5 调查问卷 主要是从患者的主观感受考虑双模式聆听效果。因为各种测试并不能真实反应现实生活中的环境,而且有时患者的测试结果与主观感受不一致,通过问卷的形式可以弥补这一缺点,从而更加真实的全面了解患者的助听效果^[23,27]。主要有两种类型的问卷,第一类是给患者本人的,要求患者年龄不能太小,否则很难反映患儿的真实主观感受;第二类是给患者家属(家长)或康复老师的,通过患者周围人对他的观察反映助听效果。多数研究结果显示大部分患者感觉双模式时在噪声中的言语感知较好,更加舒适自然,对环境声音更加敏感,家长反应患儿更加乐于与他人交往、说话声更准确;但同时也有部分患者因为感觉不舒服、很难将人工耳蜗提供的声音和助听器提供的声音结合起来而拒绝对侧佩戴助听器,尽管测试结果可能显示这部分患者双模式助听效果较单独一侧人工耳蜗时的效果好^[3,10,13]。

Ching^[7]的研究中成人双模式聆听效果问卷包括16个问题,其中5个是关于两种设备的使用情况,5个是关于在相对安静的环境中的听力状况,4个是关于在噪声环境中的听力状况,2个是关于对环境声音的觉察情况;要求受试者在每种助听情况下(CI联合HA、单独CI、单独HA)经历一定时间,在这期间按照调查问卷尽量详细的记录听力状况,结果受试者双模式时感觉声音更加真实,音乐更好听,在多个说话人中更容易确定目标说话人,在噪声环境中更容易听声音,生活中更加自信。关于儿童双模式聆听效果的研究也使用了类似的调查问卷,与对成人的问卷相比更加注重家长对患儿的观察,结果显示所有家长都反映孩子使用双模式时更乐于交流^[6]。

2 影响双耳双模式聆听效果的因素

可能影响双模式聆听效果的因素有很多,包括残余听力状况、助听器佩戴史、人工耳蜗植入年龄、人工耳蜗使用时间以及双模式的调节方案等^[8,9]。

2.1 非植入耳残余听力 有的研究认为非植入耳残余听力与双模式聆听效果之间不存在任何相关性,如:Beijen等^[12]测试了双模式助听儿童非植入耳的三个平均非助听听阈和助听听阈(250和500 Hz的平均听阈,500、1 000和2 000 Hz的平均听阈,2 000和4 000 Hz的平均听阈),并将它们与安静和噪声环境中的言语音素识别率进行相关性检验,结果没有发现其中存在任何相关性;关于双模式助听成人的研究也没有发现非植入耳的助听或非助听听阈与双模式聆听效果之间具有相关性^[8,23]。

Gifford等^[8]、Fitzpatrick等^[23]和Ching等^[11]测试了非植入耳的500、1 000 Hz听阈、低频(250、500、1 000 Hz)平均听阈以及语频(500、1 000、2 000 Hz)平均听阈,结果显示只有500 Hz听阈与双模式聆听效果有显著相关性,即500 Hz具有较好残余听力的患者能够在双模式中获得更好的聆听效果^[11]。

但Mok等^[11]研究发现那些非植入耳4 kHz助听听阈较好的患者双模式聆听效果较差,相反4 kHz助听听阈较差的患者双模式聆听效果较好,他认为其原因可能是由于助听器提供的中高频声信息与人工耳蜗提供的电信息相干扰,但他并没有发现非植入耳的低频听阈(250、500 Hz)与双模式聆听效果之间存在相关性。Yuen等^[21]发现非植入耳500 Hz以下助听听阈与双模式聆听时双音节词识别效果存在负相关^[21];还有一项研究发现,当噪声和信号声(CNC词汇)同时从前方发出时,双模式聆听效果和单侧助听听阈间没有相关性,但是当信号声从前方发出、噪声从人工耳蜗植入侧发出时,非植入侧500 Hz助听听阈与音素识别、元音识别、辅音识别呈负相关,250 Hz助听听阈与音素识别也呈负相关^[22]。

虽然上述研究结果有很大差异,但是有研究者还是认为只要单侧人工耳蜗植入者的对侧耳有可测得的残余听力,就应该建议其佩戴助听器^[3,4,20]。

2.2 助听器提供的声刺激频率范围 有研究^[28]通过将助听器提供的声刺激信号进行低通滤波(250 Hz低通滤波,500 Hz低通滤波,750 Hz低通滤波),将电刺激信号进行高通滤波(250 Hz高通滤波,500 Hz高通滤波,750 Hz高通滤波),之后将低通滤波处理后的声信号和高通滤波处理后的电信号相结合,组合成三种滤波状态下的声电联合刺激,即250 Hz低通滤波声信号结合250 Hz高通滤波电信号、500 Hz低通滤波声信号结合500 Hz高通滤波电信号以及750 Hz低通滤波声信号结合750 Hz高通滤波电信号,这样就可以大大减少声、电信号频率重叠,随后测试以上三种滤波声电联合刺激状态下和未经滤波处理的声电联合刺激状态下的言语识别率,结果显示,在未经滤波处理的声电联合刺激状态下受试者取得了最好的言语识别率,也就是说当人工耳蜗提供的电信号与助听器提供的声信号之间的频率基本没有重叠时,双模式患者的言语识别率反而降低。然而这一研究的受试者是以英语为母语的患者,为了探讨以具有声调特点的汉语普通话为母语的人工耳蜗植入者,这种双模式状态

下的声、电信号频率重叠范围对言语识别效果的影响,国内的一项研究是通过使用声学模拟系统来考察双模式装配使用者的言语识别效果,受试者是听力正常人,在其第一部分研究中通过电子耳蜗声学模拟系统将整体输入频率范围被固定为从 100 Hz 到 6 000 Hz,先后将助听器低通滤波截止频率设定为 100、250、500、750、1 000 Hz,测试其言语识别阈。结果显示只要助听器提供的低频信息覆盖了言语声的基频范围,就能显著的提高受试者在稳态噪声中的言语识别能力,并且当助听器的低通滤波截止频率从 100 Hz 增长为 1 000 Hz 时,平均 SRT 由 6.4 dB 显著下降为 -3.0 dB;在其第二部分研究中电子耳蜗声学模拟系统的整体输入频率范围的下限频率被改为与助听器的低通滤波截止频率相同(100、250、500、750、1 000 Hz),以考察将电子耳蜗的整体输入频率范围与助听器恢复的频率范围不相重叠时能否减少双耳间信息的干扰,并提高言语识别效果,结果显示人工耳蜗整体输入频率范围与助听器恢复的频率范围不相重叠时不能提高受试者言语识别效果,这一结论与上述的国外研究结果相似^[29]。然而这一国内研究是采用声学模拟的研究方法以听力正常人为研究对象的,要得到更加可靠的结论,尚需要在汉语普通话人工耳蜗植入患者人群中进行研究论证。

2.3 双耳双模装配的使用时间 Luntz 等^[14]测试了双耳双模装配者使用 6、12、18、24 及 36 个月后的噪声中的言语识别率,结果显示在双模式聆听的 36 个月内,患者使用 CIHA 时和单独使用 CI 时的噪声中言语识别率都不断提高,并且使用 CIHA 的成绩一直比单独使用 CI 的成绩高,但无统计学差异,双模式使用 18 个月时言语识别率增长最快,而到 36 个月时增长速度下降。对于言语识别率增长速度下降,他们认为有两点原因:首先,可能是由于“天花板效应”限制了双模式聆听优势的体现,其次还有可能是由于非植入耳残余听力在人工耳蜗手术之后随着时间不断损失。而 Ching 等^[7]发现,新的双模式聆听患者与有经验的双模式聆听患者的聆听效果无统计学差异。

3 双耳双模装配改善听觉功能的可能机制

从上述研究可以看出无论是成年患者还是儿童患者,双模式聆听可以在不同程度上提高其言语识别能力、声源定位、音乐感知以及生活质量等,并且多数患者在双模式时可以获得比单独使用人工耳蜗时更好的效果,尤其是噪声环境中的言语识别能力,其可能机制有以下几点:

3.1 双模式聆听恢复了双耳听觉,避免了非植入耳的迟发性听觉剥夺效应(late onset of auditory deprivation effect)。有研究表明双侧听力损失患者仅一侧给予助听装置(助听器或人工耳蜗)时,未提供助听装置的那侧耳听力会不断下降,即迟发性听觉剥夺效应,若在对侧耳也使用助听装置可以在一定程度上避免这一效应,实现双耳听觉,从而带来双耳听觉优势(binaural advantages)^[30]。这个优势主要由三个双耳效应引起,包括头影效应(head shadow effect)、双耳听觉总和效应或双耳冗余力效应(binaural summation effect or binaural redundancy effect)以及双耳听觉压制效应(binaural squelch effect)^[1]。双耳听觉优势起初在听力正常人群和双侧佩戴助听器的人群中被报道,发现双侧佩戴助听器比单侧佩戴拥有更好的安静环境或噪声环境中言语识别率、声源定

位能力、音质更加自然等等^[31]。同样双耳双模装配也可以实现双耳听觉,在一定程度上恢复了双耳听觉的对称性,由此产生了双耳双模装配的双耳听觉优势。但是,上述三种双耳效应在双模式聆听患者中是否发挥作用以及作用大小在各个报道中并不是很一致^[1,30,32]。Schafer 等^[33]认为双耳双模装配的双耳听觉优势可使患者噪声中的言语识别率比单侧耳蜗植入提高 15.3% 到 30.7%,并且认为双模式聆听效果的差异可能与非植入耳的残余听力有关系。

3.1.1 双耳听觉总和效应或双耳冗余力效应是一种中枢对声音信号的整合作用,当双耳接收声音信号时,听觉中枢可以整合双侧的声音信号进而得到总和的声音信号,提高中枢对声音信号的感知,正常人可以获得 1~2 dB 的优势^[34]。多数研究显示,不论是成人还是儿童双模式患者都可以较好的利用这一效应^[20,33,34]。

3.1.2 头影效应,这是由于头对声音的阻挡而造成的一种物理现象,使得声音到达对侧耳时被削减,造成靠近信号声一侧的信噪比(SNR)比靠近噪声一侧的高,而这一效应与双耳的助听装置类型无关,只与头的大小和声音的性质有关^[1]。当声波波长低于头的直径时,头对声波的阻碍作用就明显减弱了,对声波削减的作用也就显著下降,所以头的阻挡会使高频信息能量衰减较多,而低频信息能量衰减很少甚至没有,具体来说这种由于头的阻挡而产生的耳间强度差主要发生于高于 1 500 Hz 的声音^[34]。测试这一效应时,由于各个研究中扬声器的位置不同使所得结果差异较大,多数研究采用声音信号从前方发出,噪声从靠近人工耳蜗侧或靠近助听器侧发出的方式,平均可以提供 3 dB 的优势,双模式患者可以较好的利用头影效应^[1,21,22,34]。

3.1.3 双耳听觉压制效应也是听觉中枢的一种作用,对于听觉系统正常的人,听觉中枢能够通过利用到达双耳的声音信号时间差(ITD)和强度差(ILD),选择性地利用信噪比较好的那侧的信息,降低噪声的影响,提高言语识别能力^[1]。耳间强度差是由于头对声波的阻挡作用造成的,耳间时间差是由于声源偏向一侧耳使得声音信号到达双耳的时间不同,并且存在耳间声波的相位差,而神经冲动与低频声波相位有高度锁相性,因而耳间时间差产生的效应在低于 1 500 Hz 的声波中显著^[34]。Ching 等^[35]认为主要有三种因素减弱耳间时间差和耳间强度差:首先耳间时间差信息的准确性依赖于助听装置对于时间信息的高保真性,助听器可以较好地保存时间信息,而人工耳蜗不能;其次,双侧助听装置对声音信号的处理时间很可能抵消耳间时间差信息;第三,耳间强度差信息依赖于对双耳的声音物理强度差的保存,而双侧助听装置的增益或者响度不同,可能就会损失耳间强度差信息。另有研究显示双耳双模式聆听的压制效应不明显,分析其原因可能是由于助听器和人工耳蜗联合提供的声电信号不能够为大脑提供充足的耳间时间差信息^[13,33-35]。总的来说,多数研究认为双模式聆听患者不能很好的体现这一效应。

3.2 助听器对人工耳蜗起到补偿作用(compensation effect),这也是双模式比双侧人工耳蜗植入所具有的优势。一方面,助听器为人工耳蜗提供了更好的低频信息。人工耳蜗可以提供较好的高频信息,但是对于低频信息的提取较差,助听器在传递高频信息时较差,而对低频信息的补偿较

好,对低频音的精细结构保留更好,可提供更好的基频信息,因此,人工耳蜗和助听器联合使用时,噪声中的言语识别更好^[11,22,26,32,36]。辅音的识别和发音与低频信息密切相关,双模式聆听儿童一侧人工耳蜗植入对侧耳配戴助听器可以显著改善辅音的发音能力^[6]。另一项关于成人双模式聆听的研究发现双模式聆听的优势在低频音素组比高频音素组更显著^[11]。另一方面,根据频率-位置机制,CI通道数量远远达不到人类耳蜗声音频率识别所需,致使精细频率信息丢失,使得CI使用者对音调的识别不理想,而助听器可以相对较好地保留声音的时间信息和较精细频率信息,从而改善了言语识别能力^[35]。

4 双耳双模装配的调节

研究证实采用双模式的患者,无论是儿童还是成人,无论是安静环境中的还是噪声环境中,经过精细调整后的双模式聆听效果比不经过调整的双模式聆听效果要好,言语识别率更高,声源定位更加准确,并且差异有统计学意义^[1,6,7,10,22]。研究多将助听器侧和人工耳蜗植入侧的响度调到平衡状态^[1,6,10,22]。然而并不是所有的患者都可以实现响度平衡调节,如有的患者助听器已经调到最大增益但仍感觉助听器侧的声音比人工耳蜗植入侧声音小;有的患者年龄较小不能配合;还有的患者由于已经习惯了以前的助听状态而不愿调节。在可以进行响度平衡调节的受试者中,基本上都是将助听器的增益上调从而达到CI和HA的响度平衡^[10,22]。那么如何调节呢? Ching等^[1]认为首先在稳定的人工耳蜗言语处理程序(MAP)的基础上根据NAL-RP方案选择助听器调节参数,为了最大限度的利用残余听力,要对助听器的频响进行细致的调节,利用事先录制好的语音材料让受试者聆听,最终达到助听器在低、中、高输入水平增益所获得的响度总体上与人工耳蜗所获得的响度一致即响度平衡,与此同时,CI和HA都得到了最优化调节。另外,有研究者^[28]认为双模式优势主要来自助听器提供的低于250 Hz的信息,而高于250 Hz的信息并没有提供更多的优势,因此认为降低双模式患者助听器的高频增益更有利于双模式效果。

5 双耳双模装配所存在的问题

5.1 人工耳蜗和助听器是否会相互干扰 有研究通过听觉事件相关电位(P300、N200)对联合使用人工耳蜗和助听器的效果进行客观评估,结果发现受试者在使用CIHA时比单独使用CI时的P300、N200的潜伏期明显缩短,P300的幅值明显增加,与言语识别测试结果相符,他们认为联合使用人工耳蜗和助听器提高了大脑对声音信息的识别处理能力,并且人工耳蜗和助听器这两种不同的助听方式不会在听中枢处理过程中产生拮抗^[37,38]。相反,有人则认为对侧耳佩戴助听器后会对人工耳蜗造成一定程度的干扰,Mok等^[11]发现有些患者在双模式下比单独人工耳蜗时的某些言语识别测试要差,并且那些非植入侧中高频率聆听阈较差的患者显示出更好的双模式优势,因此他们认为由助听器所提供的中高频声信息可能会与人工耳蜗所提供的声信息相冲突或者不匹配(mismatch)。有学者建议当怀疑双模式中的人工耳蜗和助听器相互干扰时,可以将信号声和噪声都由置于0°方位的扬声器发出,比较患者在双模式和单独人工耳蜗植入时的言

语识别率,如果确实存在干扰现象,那么就要放弃使用双模式^[1]。总的来说,大多数研究中的大部分受试者都能够结合使用人工耳蜗和助听器,但有少部分受试者不能同时使用这两种设备,其潜在机制目前还不是十分清楚^[6,8,11,12,17,21,22]。

5.2 双耳双模装配与双侧人工耳蜗植入的效果比较 重度到极重度听力损失患者要恢复双耳听觉,既可以通过双耳双模装配(CIHA)实现,也可以通过双侧人工耳蜗植入(CIC)实现,那么哪种助听模式效果更好呢?有的研究认为二者效果没有差别^[33],但也有研究显示双模式聆听效果不如双侧耳蜗植入聆听效果好^[22]。研究结果的不同可能与患者植入年龄、助听器佩戴史、耳聋程度等多方面因素有关。但是对于那些由于身体条件不允许再次手术的患者和没有足够资金来植入第二个人工耳蜗的患者,如果非植入侧有一定残余听力,选择非植入侧佩戴助听器还是比较明确的,而且佩戴助听器的那侧耳将来也许还可以接受新的治疗方法^[4,39]。总的来说,由于尚没有随机对照试验或者交叉实验,加上研究方法的限制,使得目前无法对双侧耳蜗植入聆听效果与双耳双模装配聆听效果进行比较^[35]。

综上所述,一侧人工耳蜗植入同时对侧佩戴助听器的双模式聆听患者大多可以获得更好的言语识别和声源定位以及音质感知能力,将助听器和人工耳蜗进行精细调节后可以获得更好的效果,并且多数研究显示人工耳蜗和助听器二者间干扰现象不明显。目前认为双耳双模装配优势的潜在机制是双耳听觉效应(头影效应、双耳听觉总和效应和双耳听觉压制效应)和助听器的低频补偿作用,而影响双模式聆听效果的可能因素包括非植入耳残余听力、双模式聆听经验以及助听器提供声信号的频率范围等。另外,汉语普通话作为一种不同于西方语言的声调语言,使得汉语普通话患者使用双耳双模装配具有一定特殊性,而国内在这方面的研究相对较少,有待进一步深入研究。

6 参考文献

- Ching TYC, Incerti P, Hill M. The evidence calls for making binaural-bimodal fittings routine[J]. *Hearing Journal*, 2005, 58:32.
- Olson AD, Shinn JB. A systematic review to determine the effectiveness of using amplification in conjunction with cochlear implantation[J]. *J Am Acad Audiol*, 2008, 19: 657.
- Potts GL, Skinner MW, Litovsky RA. Recognition and localization of speech by adult cochlear implant recipients wearing a digital hearing aid in the nonimplanted ear(bimodal hearing)[J]. *J Am Acad Audiol*, 2009, 20: 353.
- Lee SH, Lee KY, Huh J, et al. Effect of bimodal hearing in Korean children with profound hearing loss[J]. *Acta Otolaryngol*, 2008, 128:1 227.
- 钱宇虹,郭梦和,许瑞华.人工耳蜗植入者对侧耳佩戴助听器的效果评价[J]. *听力学及言语疾病杂志*, 2004, 12:19.
- Ching TYC, Psarros C, Hill M, et al. Should children who use cochlear implants wear hearing aids in the opposite ear[J]. *Ear & Hearing*, 2001, 22: 365.
- Ching TYC, Incerti P, Hill M. Binaural benefits for adults who use hearing aids and cochlear implants in opposite ears [J]. *Ear & Hearing*, 2004, 25:9.

- 8 Gifford RH, Dorman MF, McKarns SA, et al. Combined electric and contralateral acoustic hearing: Word and sentence recognition with bimodal hearing[J]. *J Speech Lang Hear Res*, 2007, 50: 835.
- 9 Iwaki T, Matsushiro N, Vlah SR, et al. Comparison of speech perception between monaural and binaural hearing in cochlear implant patients[J]. *Acta Otolaryngol*, 2004, 124: 358.
- 10 Keilmann AM, Bohnert AM, Gosepath J, et al. Cochlear implant and hearing aid: a new approach to optimizing the fitting in this bimodal situation[J]. *Eur Arch Otorhinolaryngol*, 2009, 266: 1 879.
- 11 Mok M, Grayden D, Dowell RC, et al. Speech perception for adults who use hearing aids in conjunction with cochlear implants in opposite ears[J]. *J Speech Lang Hear Res*, 2006, 49: 338.
- 12 Beijen JW, Mylanus EAM, Leeuw AR, et al. Should a hearing aid in the contralateral ear be recommended for children with a unilateral cochlear implant[J]. *Annals of Otolology, Rhinology & Laryngology*, 2008, 117: 397.
- 13 Tyler RS, Parkinson AJ, Wilson BS, et al. Patients utilizing a hearing aid and a cochlear implant: speech perception and localization[J]. *Ear & Hear*, 2002, 23: 98.
- 14 Luntz M, Yehudai N, Shpak T. Hearing progress and fluctuations in bimodal—binaural hearing users (unilateral cochlear implants and contralateral hearing aid)[J]. *Acta Otolaryngol*, 2007, 127: 1 045.
- 15 Dunn CC, Tyler RS, Witt SA. Benefit of wearing a hearing aid on the unimplanted ear in adult users of a cochlear implant[J]. *J Speech Lang Hear Res*, 2005, 48: 668.
- 16 Holt RF, Kirk KI, Eisenberg LS, et al. Spoken word recognition development in children with residual hearing using cochlear implants and hearing aids in opposite ears[J]. *Ear & Hear*, 2005, 26: 82.
- 17 Ching TYC, Hill M, Brew J, et al. The effect of auditory experience on speech perception, localization, and functional performance of children who use a cochlear implant and a hearing aid in opposite ears[J]. *Int J Audiol*, 2005, 44: 677.
- 18 张华,曾克利,王直中.汉语最低听觉功能测试的设计及初步应用[J].*中华耳鼻咽喉科杂志*,1990,25:79.
- 19 徐娟娟,刘莎.儿童噪声下听觉言语发育特性及测听材料的选择[J].*听力学及言语疾病杂志*,2009,17:3.
- 20 Morera C, Manrique M, Ramos A, et al. Advantages of binaural hearing provided through bimodal stimulation via a cochlear implant and a conventional hearing aid: A 6—month comparative study[J]. *Acta Otolaryngol*, 2005, 125: 596.
- 21 Yuen KC, Cao KL, Wei CG, et al. Lexical tone and word recognition in noise of Mandarin—speaking children who use cochlear implants and hearing aids in opposite ears[J]. *Cochlear Implants Int*, 2009, 10: 120.
- 22 Mok M, Galvin KL, Dowell RC, et al. Speech perception benefit for children with a cochlear implant and a hearing aid in opposite ears and children with bilateral cochlear implants [J]. *Audiol Neurotol*, 2010, 15: 44.
- 23 Fitzpatrick EM, Se'guin C, Schramm D, et al. Users' experience of a cochlear implant combined with a hearing aid[J]. *Int J Audiol*, 2009, 48: 172.
- 24 韩德民,许时昂.听力学基础与临床[M].北京:科学技术文献出版社,2005. 220~222.
- 25 Sucher CM, Medermott HJ. Bimodal stimulation: benefits for perception and sound quality[J]. *Cochlear Implants Int*, 2009, 10: 96.
- 26 Kong YY, Stickney GS, Zeng FG. Binaural—bimodal fitting or bilateral implantation for managing severe to profound deafness: A review[J]. *J Acoust Soc Am*, 2005, 117: 31.
- 27 Luntz M, Shpak T, Weiss H. Binaural—bimodal hearing: concomitant use of a unilateral cochlear implant and a contralateral hearing aid[J]. *Acta Otolaryngol*, 2005, 125: 863.
- 28 Zhang T, Spahr AJ, Dorman MF. Frequency overlap between electric and acoustic stimulation and speech—perception benefit in patients with combined electric and acoustic stimulation[J]. *Ear & Hearing*, 2010, 31: 195.
- 29 罗鑫,傅前杰,王仁华.联合使用助听器 and 增强电子耳蜗的使用者的中文语音识别[J].*北京生物医学工程*,2005,24:250.
- 30 Firszt JB, Reeder RM, Skinner MW. Restoring hearing symmetry with two cochlear implants or one cochlear implant and a contralateral hearing aid[J]. *J Rehabil Res Dev*, 2008, 45: 749.
- 31 Freyaldenhoven MC. Acceptance of noise with monaural and binaural amplification[J]. *J Am Acad Audiol*, 2006, 17: 659.
- 32 Ching TYC, Massie R, van Wanrooy E. Bimodal fitting or bilateral implantation[J]. *Cochlear Implants Int*, 2009, 10: 23.
- 33 Schafer EC, Amlani AM, Seibold A, et al. A Meta—analytic comparison of binaural benefits between bilateral cochlear implants and bimodal stimulation[J]. *J Am Acad Audiol*, 2007, 18: 760.
- 34 Ching TYC, van Wanrooy E, Hill M, et al. Binaural redundancy and inter—aural time difference cues for patients wearing a cochlear implant and a hearing aid in opposite ears[J]. *Int J Audiol*, 2005, 44: 513.
- 35 Ching TYC, Wanrooy E, Dillon H. Binaural—bimodal fitting or bilateral implantation for managing severe to profound deafness: A review[J]. *Trends Amplif*, 2007, 11: 161.
- 36 Zhang T, Dorman MF, Spahr AJ. Information from the voice fundamental frequency (F0) region accounts for the majority of the benefit when acoustic stimulation is added to electric stimulation[J]. *Ear & hearing*, 2010, 31: 63.
- 37 马秀岚,山本好一,久保武.人工耳蜗和助听器同时使用的听觉事件相关电位研究[J].*临床耳鼻咽喉科杂志*,2007,19: 721.
- 38 Sasaki T, Yamamoto K, Iwaki T, et al. Assessing binaural/bimodal advantages using auditory event—related potentials in subjects with cochlear implants[J]. *International journal of Auris Nasus Larynx*, 2009, 36: 541.
- 39 Luntz M, Yehudai N, Shpak T. Natural history of contralateral residual hearing in binaural—bimodal hearing[J]. *Acta Otolaryngol*, 2008, 128: 1 322.

(2010—11—23 收稿)

(本文编辑 李翠娥)