

doi:10.3969/j.issn.1672-4933.2012.02.013

助听器验配:一场悄然兴起的技术革命

Hearing Aid Fitting: A Fast Growing Technological Field

David JIANG^{1*}(加拿大) 彭 丰² 王 杰³

David JIANG(Canadian), PENG Feng, WANG Jie

助听器虽小,但是从设计到生产,均具有很高的难度,可谓麻雀虽小,五脏齐全。纵观助听器硬件技术的发展,从1939年第一台晶体管式助听器面世,到1958年集成电路的应用,再到1996年第一台商业化数字助听器的推出,无论是外部结构还是内部电路、零配件性能,或是助听器和其他听力康复设备的无线链接,都有了巨大发展。今天,助听器在芯片技术和机件的硬件设计等方面,充分利用微电子技术的优势,能将600万只微型晶体管集成在大小不到8 mm²的芯片内,其计算速度和耗电程度远远超过现在常用的电脑,彻底改变了助听器技术进化的路径和方式。

随着助听器技术的不断完善,硬件性能的提高已经达到一个新的高度。这促使人们更多地关注如何将这些先进的技术应用到听力康复实践中去,助听器的使用已经不再是器械的工程和工艺问题,而是验配和使用的问题了。大量研究表明,患者在使用助听器时面临的困难,大多不是硬件问题,而是由于缺乏科学的验配而导致的;助听器使用的满意度已经不能依靠助听器技术的改进而继续提高。虽然学界早已意识到助听器临床验配的重要性,并做了大量研究,但公众知晓度依然不高,助听器验配的改善一直处于助听器科技技术发展的“阴影”之中。所以,本期小词典就助听器验配的进展为读者做个简要介绍,以期更多的人能及时参与到这场悄然兴起的技术革命中。

1 助听器验配:释义和辨别

关于助听器的验配,有些英文单词很重要,需要正确理解,比如使用非常频繁的“fit”一词。根据中英词典(Oxford Dictionary),“fit”或“fitting”指装配、安装、装置、安上、佩戴等。“hearing aid fitting”

中文意思是配助听器,有狭义和广义之分。狭义指的是助听器挑选、安装、配戴的过程,从各种助听器中选出一个符合患者要求的助听器,常与另一个相关的词“selection”(挑选和选择)一起使用,比如“selection and fitting of hearing aids”等,如果没有提及助听器的验证,这些英文单词均指助听器的选配,译成助听器选配较合适。“selection”泛指具体挑选不同类型、不同风格、不同式样的助听器,描述的是具体挑选这个过程。相比之下,“fitting”含义更广,包括制订助听器挑选的计划和实施整个过程,泛指助听器配方、挑选、安装、配戴以及检测、验证和评估等程序和步骤。

另外,在助听器验配中常常使用的英文词“fitting strategy”,可以直接译成“验配策略”,需要指出的是,根据上下文,这个词组经常和另一个单词“prescription”换用,中文译成“助听器配方”,有时在阅读文献时,甚至看到两词混用的情况,比如“prescriptive fitting strategy”(配方式验配策略),或者“fitting prescription”(验配处方)等。虽然两者看起来相似,不过还是有较大的区别。验配策略描述的是通过不同的验配技术以期达到一个合理的最佳验配效果,强调的是验配的最佳优化方案,而助听器配方基本含义是一组可以计算的助听器参数的算数组组合,包括确定以频率为函数的强度等。广义的助听器配方有时也泛指助听器最佳参数的组合,所以其含义和验配策略近似,于是才出现前面提到的混用的例子。

另外,从语言辨义角度来看,可以说在听力学的各个分支学科中,使用英文冠名或英文缩写最多的当属助听器验配,这和助听器验配发展历史有关,因为早期大多数的验配公式或者参数设置方法,要么以研究者的名字命名,要么用公式的缩写表达,这是听力学的一个特点。据笔者不完全统计,覆盖助听器验配的专有英文名称超过50个。可以说,研究助听器验配的第一步便是熟悉这些英文专业术语和特殊词汇。

作者单位:1 加拿大达尔豪斯大学

2 成都市第六人民医院 成都 610051

3 北京同仁医院 北京 100730

作者简介:David JIANG 博士 教授;研究方向:听力学

*通讯作者:David JIANG jiang.david 1@gmail.com

2 助听器技术和验配的发展

虽然助听器诞生于19世纪末20世纪初,助听器专业验配大约从20世纪40年代开始,今天为人熟知的二分之一增益法、哈佛大学助听器报告和利用患者的最大舒适级(maximum comfortable level, MCL)来计算增益和相应的频响特征等方法,均出自这个时期。第二次世界大战后,在听力学作为一门独立学科发展的同时,助听器的硬件技术和验配技术基本也同步发展。

熟悉助听器发展历程的人们一定知道,在数字助听器启用之前,模拟助听器的发展一般按每10~20年为一周期推进。在此期间,助听器的设计和功能、选配和验证方式等均有重要的改进和突破。从生产技术上,上个世纪50到60年代之间,学界对中耳声学特征的突破性研究,开发出声阻抗测试仪器,并在临床迅速地推广应用。这个时期的最大贡献在于,帮助人们认识到从自由声场转化为从外耳到鼓膜之间部位的耳内声压,可由代表真耳平均声阻抗值的仿真耳耦合腔等技术来表达,最后被美国国家标准局定为助听器测试的标准耦合腔(S.3.25),尤其是KEMAR仿真入声学模型的使用,大大改善了助听器的验配质量。

进入20世纪60年代后,听力学研究重点转为对耳蜗机制及心理声学的研究,学界对耳蜗最初的线性理解上升到非线性的认识;尤其是随着对耳蜗外纤毛细胞的非线性能动的深入了解,耳蜗的压缩特点成为开发出自动增益控制功能(automatic gain control, AGC)的理论基础,为助听器验配开辟了一条崭新的道路。

到了20世纪80年代和90年代,得益于电子真空管、锌空气电池、半导体、模拟和集成电路等技术的高度发展,助听器的机芯变得越来越小,这使得助听器从笨拙的耳背机发展为定制机,从1984年起,耳内式助听器成为美国市场主流产品。期间,助听器验配的发展集中体现在探头麦克风的使用和真耳测试技术的推广,从而对2 cc耦合腔的依赖开始减少,并加速对助听器的麦克风、放大器和扬声器等重要器件的改善和提高。

从1996年起至今,数字助听器已经逐渐替代了模拟助听器,正如文本开始提到的,数字助听器的硬件和制作技术已经发展到了一个前所未有的高度,患者对助听器的满意度超过85%以上。非线性验配成为主流,其中具有代表性的有DSL_{i/o}和NAL-NL验配方法,其覆盖率超过90%。值得一提的

是,在21世纪的前十年,各个助听器生产厂家的验配公式随着各自对芯片的控制和验配软件的专有使用,由于和产品配套,逐渐成为听力学家、验配师和听力康复师青睐的验配工具。

不过,从21世纪的第二个十年开始,助听器验配方法正在突破现有的“学院式”框架,沿多样化和多维度方向演变,有的是利用硬件技术来改善助听器验配,比如在控制声反馈的基础上,更准确和有效地为患者调试助听器,保证助听器的舒适度和清晰度;有的是用统计学工具,从言语声学角度,利用百分比的方法来分析实际言语信号的各种动态特征,包括频率、压缩和强度等,最后根据患者的需求,对言语声的某一频率进行放大,保证患者能充分听到这个频率的声音,为患者提供最有效的放大言语声;有的建议让听障患者成为验配主体,根据自身对声音响度的感受来自我调试数字助听器的各种参数设置。

显然,纵观助听器验配技术的发展历程,可以看到,听觉系统的研究进展和助听器硬件技术的进步在这个过程中起着重要的推动作用。由于篇幅有限,本文将着重介绍其中一个值得关注的发展趋势——多语种助听器验配。

3 多语种助听器验配

不同语言的听障患者是否需要基于不同语言研制出的助听器或者其他听力康复设备,才能获得最大效益,这不仅是助听器设计的问题,还是助听器验配的问题。笔者曾在本刊的小词典介绍过中文语音数字助听器的研制,已有研究表明和语言、文化相关的听力器械具有一定的科学性以及必要性。验配助听器也需要考虑患者的母语吗?换言之,如果用英文助听器验配方法为说中文的听障患者配助听器,会降低助听器的效果吗?这些正是当今助听器验配技术发展关注的焦点。

助听器主要从两个方面来帮助患者:一是提高声音信号的可听度,二是改善所聆听言语信号的清晰度。可听度可以通过调节助听器的基本参数来实现,比如增益和频响反应等。而提高言语信号的清晰度则需要利用相关的声音信号处理技术,包括降噪、方向性和言语信号的强化处理等。聆听和理解言语声音是一个复杂的过程,除了依靠听觉系统外,还必须利用视觉、交流语境和环境声学等信息。一般来讲,当外部交流环境不利时,人们对言语的理解能力必然从对听觉的依赖逐渐转变成对视觉和语境的需求。

目前,在助听器验配时,常用清晰度指数(articulation index, AI)和言语清晰度指数(speech intelligibility index, SII)等来指导助听器参数的调试及效果评估,以提高患者对言语的可听度为目的。这些验配工具已经得到多年临床验证,成为行业的标准,比如中国国标已经规范清晰度指标的制定和使用(《声学 言语清晰度指数的计算方法 GB/T 15485-1995 Acoustics-Methods for the calculation of the articulation index of speech》)。言语清晰度指数的主要特征是给不同频段的言语声音计算出权重,以此界定言语声音在不同频率的分布。从临床角度看,言语清晰度指数的本质是衡量能被患者听到的言语信息的程度,即常说的可听度。可听度越高,理解言语的潜在可能性越高,反之,由于听力受损,可听度越低,理解言语的可能性越低。言语清晰度指数包括无意义的音节、单音节词甚至还可有简单的阅读材料等。一般来讲,言语清晰度最大值分布在中、高频间。这就是为什么调试助听器时,当患者抱怨无法聆听讲话声音时,验配师往往会增加高频的增益来解决这个问题。

言语清晰度指数在临床和研究中使用广泛,并大量用于对助听器效果的评估。现在有些助听器分析仪甚至将其作为标准的测试工具,来评测助听器的性能。需要指出的是,言语清晰度指数并不能全面和准确地评估听障患者对言语的理解能力,无法用于对日常对话交流能力的评估,也不能提供任何关于句子或者词句之间的语言信息线索。更重要的是,目前使用的言语清晰度指数是基于英文建立起来的,和其他语言关系不大。然而现有研究发现,不同语言的语音、语法等均能影响助听器的验配结果。

音位作为独立区分语素或词的语音外壳的最小语音单位,具有辨义功能,又称为音位特征,指的是不同语言具有不同的语音信息。在为中国听障患者验配助听器时,必须考虑到患者使用的是具有四声特征的汉语,需要听到低频元音声调的变化,这种因语流所处的语音环境造成音位变体,如音位的特点、与重音的距离、处于词首或词末等,均会影响对言语的理解。比如香港学者发现,中文广东话的长期言语频谱和英文相似,但是不同的是,中文具有重要言语意义的频段集中在低频,因此在调试助听器时,应该考虑增加更多的增益,而面对同样听力损失的英文母语者,却需要较

少的低频放大。

考虑到不同语言的语音、声调等有区别,有助于助听器的验配,比如,葡萄牙语偏重于鼻音,所以在给葡语听障患者调试助听器时,适当增加125~2000 Hz区域的增益,会帮助这些患者更好地聆听言语;像以声调为特征的中文,在中、低频率区域也同样需要提高增益,除此之外,考虑到中文普通话中有翘舌音的缘故,2700~3000 Hz频率区域也同样重要。而像俄语这种具有典型软腭音的语言,其关键频率集中在3000~3500 Hz区域。表1列出一些不同语言和验配有关的语音特征,同时和英语相比,在不同的频率对于助听器放大参数的需求不同,比如在为阿拉伯语或希伯来语患者调试助听器时,由于这些语言以高频辅音著称,常用咽壁音、清塞音、颤音等,因此,在调试助听器时,需要增加在2000 Hz以上频率的增益。

需要说明的是,这些增益的增加和患者的听力图并没有太大的关系,和助听器的类型也没有太大的关系,目前所有的助听器验配软件也没有提供这方面的调试选择,因为这是直接和语言关联的。如果不考虑到多语种的验配特点,有可能会忽略这些需求。

表1 不同语言的语音特征和英语的差异

语音特征	语言	和英语的区别
高频辅音	阿拉伯语	2000 Hz以上的增益
鼻音	葡萄牙语	125-2000 Hz之间需要更多增益
软腭音	俄语	3000-3500 Hz之间需要更多增益
翘舌音	中文	2700-3000 Hz之间需要更多增益
声调语言	中文	125-2000 Hz之间需要更多增益
时间	日语	125-2001 Hz之间需要更多增益
主宾谓结构	印地语	WDRC线路中需要低强度的增益
辅音-元音-辅音结构	日语	较短的压缩释放时间

以上是不同语言的语音特征以及和英语在助听器验配时的不同之处。除此之外,研究显示语法结构也可能起到一定作用:不同语言的主谓宾结构不同,这也会影响到轻声和强声的增益设置,从而影响言语聆听。比如像日语和印地语这些以主宾谓(SOV)为特征的语言,如何提高用于句尾后置词的可听度同样重要。错失一个轻声的后置词,可能误解整个句子的意思。针对以辅音-元音-辅音(CVC)语音结构的语言,除了考虑调试增益外,还需设置相应的压缩线路释放时间,为了让在元音后强度微弱的辅音能听到,助听器使用的压缩线路的释放时间必须快,才能做到这一点。因此,根据这个道理,在给日语听障患者验

配时,助听器验配师设置的压缩参数不能和英语听障患者的一样。

表2 不同语言的语音和语法特征

	高频辅音	鼻音	软腭音	卷舌音	音调语言	时间	主宾谓结构	辅-元-辅结构
中文				√	√			
俄语			√					
日语						√	√	√
越南语					√			√
葡萄牙语	√							
西班牙语								√
索马里语					√	√		
印地语	√						√	
法语								
阿拉伯语	√							

综上所述,多语种的助听器验配具有一定科学性,在实践中也有一定意义,比如针对中国听障患者,可以充分利用现有数字助听器的多程序技术,可在不同的聆听程序,根据语言做出不同的设置,以便患者使用。可以将第一程序设置成英语,第二程序设置成中文,这样能保证患者比较不同语言的效果。多语种的助听器调试,考虑的不仅是文化和语言差异,更重要的是体现出母语不同的听障患者对于听力康复的不同需求。

目前,研究显示,由于语言要求所需的增益一

般在5~8 dB SPL之间,可以将其作为临床使用的基准线。加拿大听力学家Marshal Chasin测试了86名不同语言的患者,发现因为语言不同,即使听力损失一样,也需要不同的增益和压缩拐点设置,他认为针对非斯拉夫语系患者,平均需要6.3 dB的增益作为不同语言的补偿。

从目前的研究结果看,作为一种趋势,多语种助听器验配仅仅是开始,仍然有许多具体问题需要解决,比如和英语相比,尽管某一语言在某一频率具有音位特征,如果增加这些频率的增益或者调试相关的压缩参数,能给听障患者带来可以量化的受益吗?怎样评估和衡量这些受益?是否有必要建立基于不同语言的言语清晰度指数?这些问题需要进一步的研究,尤其需要将语音语言学和临床听力学结合起来,通过大量规范的实验来回答。

笔者认为,在未来5年,助听器验配将以超过硬件提升的速度发展,人们会看到更多的创新手段和基于文化及语言的验配方法在临床中使用,这有助于提高助听器验配的成功率,最终达到提升助听器使用满意率的目的。■

收稿日期 2012-02-06
责任编辑 魏佩芳

《中国听力语言康复科学杂志》2011年合订本 征订启事

《中国听力语言康复科学杂志》2011年合订本即将发行,定价100元/本(含邮资),欢迎广大读者订阅。应读者需求,往年度合订本继续发行,2004年、2005年合订本,50元/本(含邮资);2006年、2007年、2008年合订本,80元/本(含邮资);2009年、2010年合订本,100元/本(含邮资)。欢迎各单位及广大读者向本刊编辑部直接订购。杂志款通过邮局汇款或银行转账至本刊,款到即寄杂志。

邮局汇款方式:

收款人:《中国听力语言康复科学杂志》社

收款人地址:北京9822信箱 邮编:100029

银行汇款方式:

单位名称:《中国听力语言康复科学杂志》社

开户行:北京银行惠新支行

账 号:01090376000120105061055

联系电话:010-84639344

联系人:薛 静

助听器验配:一场悄然兴起的技术革命

作者: [David JIANG](#), [彭丰](#), [王杰](#), [David JIANG](#), [PENG Feng](#), [WANG Jie](#)
作者单位: [David JIANG, David JIANG \(加拿大达尔豪斯大学\)](#), [彭丰, PENG Feng \(成都市第六人民医院, 成都, 610051\)](#),
[王杰, WANG Jie \(北京同仁医院, 北京, 100730\)](#)
刊名: [中国听力语言康复科学杂志](#) 
英文刊名: [CHINESE SCIENTIFIC JOURNAL OF HEARING AND SPEECH REHABILITATION](#)
年, 卷(期): 2012, 10(2)

本文链接: http://d.wanfangdata.com.cn/Periodical_zgtlyyfkxzz201202013.aspx