

。听力康复。

自适应动态范围优化技术临床应用效果探讨

胡旭君¹ 史靓¹ 金冬冬¹ 徐怡萍¹ Nanhan Xiong² Sam Mok²

【摘要】 目的 比较宽动态范围压缩线路(wide dynamic range compression, WDRC)助听器和自适应动态范围优化线路(adaptive dynamic range optimization, ADRO)助听器的助听性能。方法 选择具有2年以上WDRC线路助听器配戴史的中重度感音神经性听力损失青年人9名(13耳),分别配戴WDRC线路助听器和ADRO线路助听器,经8周适应期后,通过问卷调查和言语识别率测试对不同压缩线路助听器的助听效果进行评估。结果 问卷调查结果显示,受试者配戴WDRC线路助听器在适宜交谈的安静环境(EC)、具有背景噪声的环境(BN)、存在回响和混响的环境(RV)、令人厌恶的或突然的声音(AV)的聆听困难度(不适度)的得分分别为20.2%、33.5%、45.6%、38.9%;配戴ADRO线路助听器在EC、BN、RV、AV的聆听困难度(不适度)的得分分别为17.9%、35.4%、53.6%、46.9%。言语识别率测试结果则显示,无论是处于安静环境或噪声环境,针对不同强度的声音信号,受试者配戴ADRO线路助听器所记录的言语识别率较配戴WDRC线路助听器所记录的言语识别率平均可提高8%~10%(P 值均 <0.05)。结论 自适应动态范围优化线路助听器的助听性能优于宽动态范围压缩线路助听器。

【关键词】 助听器; 自适应动态范围优化; 宽动态范围压缩; 言语识别率

【中图分类号】 R764.5 **【文献标识码】** A **【文章编号】** 1006-7299(2008)06-0506-03

A Clinical Evaluation of a New Amplification Strategy (Adaptive Dynamic Range Optimization) for Hearing Aid

Hu Xujun, Shi Liang, Jing Dongdong, et al.

(Hearing and Speech Science Institute, Zhejiang Traditional Chinese Medical, Hangzhou, 310053, China)

【Abstract】 **Objective** To compare a wide dynamic range compression(WDRC) amplification strategy with the new Adaptive Dynamic Range Optimization(ADRO) in clinical use. **Methods** Fitting the hearing aids to the patients who have bilateral WDRC hearing aids and ADRO strategy for 8 weeks each. The effects were assessed with questionnaire and speech recognition in quiet and in noise. **Results** The questionnaire shows the WDRC scores of EC, BN, RV, AV were 20.2%, 33.5%, 45.6%, 38.9% and the ADRO scores of that were 17.9%, 35.4%, 53.6%, and 46.9%. The speech recognition of ADRO was higher than WDRC in quiet and in noise($P<0.05$). **Conclusion** The ADRO strategy is better than WDRC.

【Key words】 Hearing aid; Adaptive dynamic range optimization(ADRO); Wide dynamic range compression(WDRC); Speech recognition

自适应动态范围优化(adaptive dynamic range optimization, ADRO)技术在声音信号处理领域的应用是以人工耳蜗为起点的,通过多年的完善和修正逐渐趋于成熟,与目前助听器领域中广泛采用的声音信号处理方式宽动态范围压缩(wide dynamic range compression, WDRC)技术比较,就声音信号的处理方法而言,ADRO完全不同于WDRC随输入声强度调整输出增益的信号压缩模式。ADRO技术的计算方法不设固定的输入/输出曲线,在首先确保完成舒适目标的前提下才开始计算可听度,若

输出声音太轻或者太响,ADRO会以每秒3 dB的速度改变增益,直至最终的声音输出满足70%以上的时间处于可听目标之内、90%以上的时间处于舒适目标之内的要求,更好地保证助听器配戴者对于可听度及舒适度的需求。因此,理论上ADRO技术在助听器领域的应用在很大程度上避免了WDRC技术的不足,即可能导致的助听器输出信号强度未能落入配戴者的听觉舒适范围内从而造成的小声太轻、大声太响的不适情况。本研究对采用ADRO和WDRC线路助听器的助听效果作主客观的评估,以求更为直观地了解ADRO线路助听器的助听性能。

1 资料与方法

1.1 实验对象

选择1999年至2006年在浙江中医药大学耳聾

1 浙江中医药大学听力与言语科学院(杭州 310053); 2 Sound Design Technologies Ltd.

作者简介:胡旭君,女,宁波人,讲师,研究方向为临床听力学与助听器。

康复研究所门诊的 9 名(13 耳)听障患者, 其中男 5 例, 女 4 例, 年龄 30~45 岁, 听力损失程度(按 0.5、1.2 kHz 气导听阈的均值计算)75~85 dB HL 之间, 有两年以上 WDRC 线路助听器配戴史。所有受试者经常规耳科检查, 除 1 名(1 耳)受试者有外耳道闭锁外, 其余受试者均无发育畸形。受试者能熟练使用普通话。

1.2 实验方法和步骤

1.2.1 主要设备 Starkey AA30 型听力计, Sound Design Technologies 公司提供的使用 ADRO 助听器芯片 GA3222B(该芯片采用 32 kHz 采样频率, 20 Bit 音频精度, 8 kHz 带宽, 93 dB 输入声范围, 4 个独立存储器), WDRC 线路助听器均使用与 GA322B 相同硬件性能的 Sound Design Technologies 公司的 GA3219 芯片, Madsen 的 Hi-pro 与 Sound Design 公司提供 SOUND FIT 编程软件(本研究受杭州惠耳听力从 Sound Design Technologies 获得的授权), AWA5610B 型声级计(杭州爱华电子研究所), 150 个单音节汉语词表《《临床听力学》中附汉语言语测听词表)。

1.2.2 言语识别率测试 本实验的言语识别率测试法参照北欧残疾人联合会(Nordic Co-operation on Disability)所制定的临床测试程序: ①在小于 35 dB(A)的安静环境中, 受试者耳部与扬声器相距 1 m, 受试耳高度与扬声器等高, 入射角为 45°, 测试言语信号经 CD 转接 Starkey AA30 听力计播放。言语信号强度以测试词表前 5 s 的 1 000 Hz 纯音为校准音, 通过 AWA 5610 B 型积分声级计校准, 测试言语信号声强度分别为 65、80 dB SPL, 对同一受试者分别配戴 WDRC 助听器和 ADRO 助听器时进行言语识别率测试; ②通过 Starkey AA30 型听力计的扬声器播放 68 dB SPL 白噪声, 以 70 dB SPL 的言语声重复上述言语识别率测试。全部环节均采用双盲法进行, 测试时随机抽取, 每张词表均由 25 个单词组成, 其中各单词的元音和辅音成分各占 2 分, 满分 100 分。

1.2.3 ADRO 线路助听器调试 在 SOUND FIT 助听器调试软件中输入受试者的基本信息, 包括年龄、性别、气骨导纯音听力图、舒适阈及不适阈; 选择 SOUND FIT 中自带的助听器参数最佳选配方案, 根据受试者的表述对助听器进行微调; 受试者配戴 2~4 周后, 再次根据受试者主述对助听器进行微调, 直至受试者表示对 1 000 Hz、65 dB SPL 的纯音信号感到舒适; 8 周后对助听效果进行评估。

1.2.4 问卷调查 问卷调查采用 APHAB 助听器效果评估表(译表), 该表格包含 24 个各种聆听环境下的对助听器使用的评估, 受试者分别就不同声音

信号处理线路助听器在日常生活中的聆听效果按问卷内容进行逐一评价填写。全部内容的填写均由实验人员陪同, 实验人员将对问卷调查内容作适当解释, 保证受试者对问卷理解的正确性。

1.3 统计学处理

问卷调查部分采用 APHAB 评估表自带评分统计方法, 其余部分采用 SPSS 12.0 软件对实验结果进行 *t* 检验, 两个正态总体均数的配对比较。

2 结果

2.1 参照 APHAB 内容, 受试者分别配戴 WDRC 线路及 ADRO 线路助听器在不同类型交流环境中的聆听困难度(不适度)见表 1。EC 指适宜交谈的安静环境, BN 指具有背景噪声的环境, RV 指存在回响和混响的环境, AV 指令人厌恶的或突然的声音环境。

表 1 不同类型交流环境中配戴 WDRC 及 ADRO 线路助听器的聆听困难度(%)

交流聆听环境类型	WDRC 线路助听器	ADRO 线路助听器	不同线路助听器的聆听困难度差值
EC	20.2	17.9	2.4
BN	33.5	35.4	-1.9
RV	45.6	53.6	-7.9
AV	38.9	46.9	-8.0

注: 正值表示配戴 ADRO 线路助听器的聆听困难度(不适度)低于配戴 WDRC 线路助听器, 负值表示配戴 ADRO 线路助听器的聆听困难度(不适度)高于配戴 WDRC 线路助听器

2.2 安静环境中, 同一受试者配戴 WDRC 线路及 ADRO 线路助听器对于不同强度言语信号的言语识别率结果见表 2, 言语测试信号强度为 65 dB SPL 时, 配戴 ADRO 线路助听器的平均言语识别率较 WDRC 线路高 8%; 言语测试信号强度为 80 dB SPL 时, 配戴 ADRO 线路助听器的平均言语识别率较 WDRC 线路高 11%, 两组比较差异有显著统计学意义($P<0.05$)。

表 2 不同强度的言语信号时配戴 WDRC 线路助听器与 ADRO 线路助听器的言语识别率(%, $\bar{x}\pm s$)

言语信号强度(dB SPL)	WDRC 线路助听器	ADRO 线路助听器
65	64.31±12.98	72.23±15.60
80	62.46±13.07	71.62±12.24

2.3 噪声环境下, 配戴 WDRC 线路助听器的言语识别率为 48.46%±20.02%, 配戴及 ADRO 线路助听器的言语识别率为 58.77%±16.20%, 后者比前者约高 10%, 两组比较差异有统计学意义($P<0.05$)。

3 讨论

现代助听器市场发展迅速, 产品数字化程度逐年提高, 特别是随着近年来开放式数字平台信号处理技术(open-platform digital signal processing, DSP)的广泛应用, 数字助听器在助听器市场的总占有率已由 2000 年的 20% 飞速提升至 2004 年的

83%, 产品结构趋于数字化^[1]。而这一倾向性的发展趋势也促使宽动态压缩(WDRC)线路在助听器领域所占据的主导地位逐渐被动摇,一批新型助听器压缩线路技术崭露头角,其中以自适应动态范围优化(ADRO)技术最具代表性。

ADRO 技术是一项已成熟应用于人工耳蜗的声音信号处理技术,其源于对响度的心理声学研究,在计算和处理声音信号时不设有固定的输入/输出曲线,也无特定的压缩阈值及压缩比,采用直接记录使用者的基本要求,参照使用者的个体响度感觉,在确保完成舒适目标的前提下开始计算可听度,并通过特定的数字信号处理平台达到声音信号最优化的目的^[2]。故理论上 ADRO 技术对声音信号处理可具备以下特点及优势:①ADRO 以输出级为分析对象,以个体响度感觉为参数,可保证各类输入信号声都是可听且舒适的;②对于经线性放大后仍能同时符合可听度标准及舒适度标准的声音信号,ADRO 将不再改变其增益,保留原始声音信号的言语频谱和强度差,以便带来更好的音质,同时最大限度地提高言语可懂度;③若声音信号中包含信息最为丰富的部分偏离出可听度及舒适度的预设范围时,ADRO 将以最多 3 dB/s 的速率缓慢改变增益,以避免因快压缩而导致的言语信号失真;④各频带上 ADRO 的增益限制,不仅降低了背景噪声或内部噪声对聆听清晰度所造成的影响,同时可避免因增益过大而导致的反馈啸叫;⑤面对突然出现的强声,ADRO 的快压缩输出限制可有效地减轻因其引起的不适感。近年来国外多项临床实验结果均显示^[3],ADRO 技术结合线性及非线性的信号处理方式能够很好地超越传统的声音压缩放大模式,为人工耳蜗或助听器配戴者带来更为清晰的言语信号。

鉴于 ADRO 技术在声音信号处理过程中具备上述特点,本实验比较同一受试者配戴不同压缩线路助听器时的主客观测试结果,对 ADRO 技术在助听器领域的声音信号放大性能作更精确的评价。其中主观问卷调查结果显示,受试者认为在 EC 环境中 ADRO 线路助听器的助听效果稍优于 WDRC 线路助听器,而在 BN 环境中 ADRO 线路助听器的助听效果稍差于 WDRC 线路助听器,但就整体而言在上述两类环境中配戴不同线路助听器的助听效果还是较为相似的。但是当处于 RV 环境时,受试者则认为 WDRC 线路助听器能帮助其听得更清楚,不同线路助听器的聆听困难度差异达到了 7.9%,差异具有统计学意义。针对这一实验结果,主要考虑在回声和/或混响环境中,言语信号的后半部分会被前

半部分的反射信号所掩盖,特别是以元音为主的前半部分言语信号能量往往高于以辅音为主的后半部分言语信号能量,这将更易造成言语信号后半部分清晰度的下降;而 ADRO 线路的信号放大模式也正是以线性为主,对于小声信号的放大能力较 WDRC 线路可能显得稍有不足,因此后半部分的辅音能量将不能放大至最佳状态,增加了受试者对言语进行识别的难度。同样,ADRO 线路助听器配戴者在 AV 环境下不舒适度增加的原因,可能也是由于 ADRO 线路放大模式的特殊性。当然,也有可能是本实验样本量不够所致。因此,ADRO 线路在设计时是否应该更为精确而合理的计算输出信号中舒适度和可听度所占的百分比(适当的降低舒适度的比例,而增加可听度的比例)以提高 ADRO 线路助听器的聆听效果,这一观点仍需在日后的临床实验中作进一步的论证,同时这一实验结果从某角度提示临床工作者在调试 ADRO 线路助听器时需注意增加对小声信号的补偿。

另外,本实验的言语识别率测试结果显示,无论是处于安静环境或噪声环境,受试者配戴 ADRO 线路助听器时对不同强度信号的言语识别率的均值较 WDRC 线路助听器可提高 8%~10%。就该实验结果与问卷调查结果所存在的差异,考虑可能存在以下三方面的因素:①受试者曾长期配戴 WDRC 线路助听器(均在两年以上),对 WDRC 所提供的输出已有所适应和习惯,而受试者配戴 ADRO 线路助听器仅 8 周,对其输出的声音仍无法较好地适应,ADRO 线路助听器的主观评判的优势不明显;②实验采用白噪声,而现实聆听环境以言语形态的噪声为主,噪声源的成份存在一定的差异性;③本次实验对象均为重度听力损失患者,其有限的听觉动态范围使得 ADRO 的理论优势受到了一定的限制。然而本实验仅为评估 ADRO 技术的第一步,随后本实验小组将增加样本数及不同信噪比的言语识别率测试环节,并对听力损失程度和类型进行分类,完善问卷调查的内容,使其更接近中国人的询问和回答方式,以期更全面地观察该线路的效果。

4 参考文献

- 1 Strom KE. Reasons for optimism; "A look at the 2004~2005 hearing instrument market"[J]. Hearing Review, 2005, 12: 3 018.
- 2 Blamey PJ. An intrinsically digital amplification scheme for hearing aids[J]. J App Sig Proc, 2005, 18: 3 028.
- 3 Blamey PJ, Martin LFA, Fiket HJ. A digital processing strategy to optimize hearing aid outputs directly[J]. J Am Acad Audiol, 2004, 15: 716.

(2008-04-24 收稿)

(本文编辑 雷培香)