

DOI:10.11798/j.issn.1007-1520.202524458

· 耳科疾病专栏 ·

成人语后聋人工耳蜗调机与术后效果相关性的研究进展

陈君怡, 王宇洋, 刘斌

(湖南省人民医院 湖南师范大学附属第一医院 耳鼻咽喉头颈外科, 湖南 长沙 410005)

摘要:人工耳蜗植入可以帮助成人语后聋患者重获听觉,是目前治疗助听器无效或效果不佳重度至极重度感音神经性聋患者的主要治疗方式之一,但术后康复效果存在较大的个体差异。目前,国内外常用言语感知测试、听觉行为分级量表、言语可懂度分级量表对成人语后聋人工耳蜗植入患者术后康复效果进行评估,结合言语、空间和听力质量量表和生活质量评估量表能提供更为完善的综合评估维度。既往研究结果表明术后干预因素尤其是调机方案,是成人语后聋人工耳蜗植入患者术后康复效果的重要影响因素。随着社会的发展及对终生听觉健康要求的提高,成年人听力问题越来越受到重视,如何通过调机尽可能提升听力、言语、生活质量及社会支持以实现获益最大化已成为成人语后聋患者人工耳蜗植入术后康复的重要问题。本文概述了成人语后聋人工耳蜗调机与术后效果相关性的研究进展。

关键词:成人语后聋;人工耳蜗;调机方案;评估方案;康复效果

中图分类号:R764.43

Research progress on the correlation between cochlear implant mapping and postoperative effects in postlingually deafened adults

CHEN Junyi, WANG Yuyang, LIU Bin

(Department of Otorhinolaryngology Head and Neck Surgery, Hunan Provincial People's Hospital, the First Affiliated Hospital of Hunan Normal University, Changsha 410005, China)

Abstract: Cochlear implantation can help postlingually deafened adults regain their auditory function. It is currently one of the primary treatment methods for patients with severe to profound sensorineural hearing loss who do not respond to hearing aids or do not respond well. However, there is significant individual variability in postoperative rehabilitation outcomes. Currently, at home and abroad, it is commonly used for speech perception tests, categories of auditory performance, and speech intelligibility Index to assess postoperative rehabilitation effects of postlingually deafened adults after cochlear implantation. Combining speech, Spatial, and Qualities of Hearing Scale and Quality of Life assessment scales can offer a more comprehensive evaluation dimensions. Previous research results have shown that postoperative intervention factors are the important influencing factors, especially the mapping scheme for the postoperative rehabilitation effect of postlingually deafened adults after cochlear implantation. With the development of society and increasing demands for lifelong auditory health, adult hearing issues have received more and more attention. It has become a crucial issue for enhancing hearing, speech, quality of life, and social support through mapping to maximize benefits in the rehabilitation of postlingually deafened adults after cochlear implantation. This paper outlines the research progress on the correlation between cochlear implant mapping and postoperative effects in postlingually deafened adults.

Keywords: Postlingually deafened adults; Cochlear implant; Mapping; Evaluation plan; Rehabilitation effect

听觉是与外界交流的最重要的感官之一,年龄、遗传因素、噪音、创伤、感染和使用耳毒性药物都可

基金项目:长沙市科学技术局研究项目(kq2202440)。

第一作者简介:陈君怡,女,硕士,住院医师。

通信作者简介:刘斌,男,博士,主任医师。

能导致听力损失^[1]。人工耳蜗作为目前最成功的感官-脑机接口设备,在恢复听力方面被视为生物医学工程、神经学和听觉言语科学领域的重大里程碑^[2]。且人工耳蜗植入手术目前被视为治疗极重度感音神经性耳聋的有效手段,到目前为止全世界有超过100万的耳聋患者从中受益。依据耳聋发生前的语言经验将耳聋患者分为语前聋和语后聋两类^[3]。目前在我国由于医保政策和各项项目的扶持,聋儿相较成人得到了较好的早期听力筛查和尽早的人工耳蜗植入。随着经济发展和人们对提高生活质量的渴求,越来越多的成人患者已经或准备接受人工耳蜗植入手术。但不幸的是,研究显示患者术后康复效果存在明显的个体差异,已有的研究仍无法精确地回答成人患者人工耳蜗咨询中的主要问题,如:植入后能获得多少听力提升?植入后能获得多少言语能力提升?目前临床上对成人语后聋植入者的术后效果评估多采用言语感知测试、听觉行为分级量表和言语可懂度分级量表,它们能够反映植入者的术后康复效果,但是以其为依据的干预术后康复的手段仍然十分有限。现有研究发现不同植入者之间的术后康复效果尚存在较大差异,受多种因素影响,如:耳聋原因、耳聋时间、植入年龄、术前残余听力、助听器使用时间、设备、调机、信号处理策略及解剖因素等^[4]。其中调机作为术后干预因素之一尤为重要,其通过调整人工耳蜗参数最终使人工耳蜗更好地发挥效用^[5]。制定一个使患者实现最大获益的合理调机方案依然处于探索阶段。本文旨在概述成人语后聋人工耳蜗调机与术后效果相关性的研究进展。

1 人工耳蜗植入术后调机

人工耳蜗植入术后干预因素中声音处理器的编程,即调机是术后干预因素中尤为重要的一点。人工耳蜗植入术后的理想康复效果需要通过术后有效的耳蜗编程参数设置才能实现。调机方案是一个由大量变量组成的调试过程,控制将声音转换成电脉冲。其中调机参数包括:调机频率、通道数目、脉宽和最大刺激通道数、言语编码策略、阈值(T值)和舒适阈(C值)、电刺激动态范围(dynamic range, DR)^[6]等。不同的编码策略通道不同,如声音编码策略 HiRes with Fidelity120 使用16个电极提供多达120个虚拟通道,调机过程中涉及的参数众多^[7]。其中每个电极设置的上、下刺激水平尤为重要。这

两个值决定了植入体在任何给定时间向耳蜗传递的电荷的上限和下限,这些值被称为T值和C值,由于不同耳蜗厂家的原因C值也可称之为M值。正确设置T值和C值已被证明对用户性能至关重要^[8]。T值过高或C值过低导致的动态范围过小会造成压缩,导致语音识别能力降低^[9]。将T值设置过低会导致听不清柔和的声音,而过高的C值会导致暴露在响亮的声音时不适。为了让使用者感到舒适,确保不同电极的感知响度也是很重要的。找到这些水平的正确值,或者通常被称为“拟合”,是植入人工耳蜗后最重要的组成部分之一。目前的调机方案只在调机频率、T值、C值、DR等核心参数的设置上有共识,而在不同临床中心或不同调机师之间并没有完全标准化的方案,这需要有经验的听力学家进行长期的调整与优化^[10]。

2 成人与儿童患者耳蜗植入术后差异

儿童患者与成人患者人工耳蜗植入术后存在较多不同,本文主要关注成人患者。其一是因为成人患者人工耳蜗植入需求日益增长。其二取决于成人患者调机特点,其调机与效果的关系相对稳定,患者固有因素差异较容易控制,且较少受到发育相关影响因素的干扰。其三是我们关注于调机与术后效果的相关性,我们认为在客观评估中,成人拥有较好的配合可能及数据可靠性更高,而在一些主观评估中,成人由本人陈述的真实感受,较父母/陪伴者观察的陈述更为直接,接近真实效果。

2.1 术后调机方面

儿童患者由于生长发育的特点与成人调机存在区别。就调机频率而言,儿童患者,越早进行人工耳蜗植入并接收到声音信号刺激,越有利于患儿听力及语言能力的提高,张淼等^[11]研究发现术后1周开机相比于术后1个月开机是同样安全可行的。年龄与神经系统的发展使得儿童需要更频繁的调机,同时需要监测电极位置,而成人则相对稳定。儿童的阻抗也会随着生长发育而变化,成人则相对稳定。对于6岁以下的儿童由于认知受限,T值、C值的设定一般无法准确指认完成,需调机师细致的观察力,通过孩子的表情和动作来判断设定^[12]。总而言之,儿童患者与成人患者调机的差异是由于年龄、认知及神经系统发育特点主导的。

2.2 客观评估方面

目前,国内外对人工耳蜗植入术后康复效果的

评估主要依赖于主观评估,客观评估方案由于技术设备、测试时长等因素主要应用在各大医疗中心和临床研究所。测试方案、设置数值等仍存在争论,并未得到多中心的临床数据支持。

2.3 主观评估方面

2.3.1 基础评估方案差异 目前成人患者临床常用的主观评估方法包括:言语感知测试、听觉行为分级量表、言语可懂度分级量表、言语和空间与听力质量量表及生活质量评估。其中言语感知测试、听觉行为分级量表和言语可懂度分级量表这一方案是目前成人较常使用的基础评估方案,而儿童听觉言语能力评估或调机时经常采用简便的林氏六音测试^[13],听觉行为分级量表和言语可懂度分级量表在儿童中也普遍使用。成人患者主要通过言语感知测试对于术后康复效果进行评估^[14]。但是言语识别率测试、听觉行为分级量表及言语可懂度分级量表都只关注于患者听觉、言语方面的康复效果,未关注患者心理、社会等多方面的康复情况,而它们已在近期研究中被证实与人工耳蜗植入患者的术后康复效果息息相关^[15]。

2.3.2 生活质量评估差异 成人患者通常使用言语、空间和听力质量量表及中文版 Nijmegen 人工耳蜗植入量表进行多维度评估,而儿童主要运用中文版人工耳蜗植入儿童家长观点调查问卷^[16]进行综合评估。言语、空间和听力质量量表旨在评估多个领域的听力障碍,尤其是在各种竞争环境中的听力,包含空间听力的方向、距离和运动成分^[17],但该量表填写耗时长。生活质量评估的中文版 Nijmegen 人工耳蜗植入量表从生理、社会和心理功能三方面对植入者进行综合评价,能够全面地反映植入者的生活状况^[18]。而中文版人工耳蜗植入儿童家长观点调查问卷则显示的是与家长报告有关的儿童患者生活质量表,包括对交流、基本功能、自理能力、幸福感、社会关系、教育、人工耳蜗植入的效果影响及对孩子的支持 8 个方面的综合评估。

3 人工耳蜗植入术后调机与康复效果相关性研究

3.1 调机频率与康复效果的相关性

目前大多数人工耳蜗的调机需要在开机后 1、3、6、12 个月进行,并在之后每年调试 1 次。Gajad-
era 等^[19]提供了强有力的证据表明,大多数成人在人工耳蜗植入术后 6 个月至 10 年内,其调机趋于基本稳定状态。同时,长远来看,人工耳蜗植入后至术后

6 个月多次调机保持一致水平的患者,可以减少编程频率。但是业内许多有经验的专家对调机的频率并不相同,有些在开机 1、2 周及 1、3、6、12 个月进行不同频率的调机,这些不同的调机频率之间效果差异并没有进一步的研究数据可供参考。

3.2 调机通道数目与康复效果相关性

人工耳蜗为患者提供一定数量的电极,其中每个电极代表一个光谱信息通道。人工耳蜗植入患者通过电极接收外界声音信号,但有研究表明人工耳蜗植入患者并未从提供给植入物的刺激中接收到所有信息,其语音识别性能会随着通道数量的增加而增加^[20]。然而,由于电刺激在耳蜗内存在电场重叠,会导致通道相互作用,使得不同通道间的神经响应发生重叠与干扰,反而造成信号退化。语音识别性能并非随通道数增加而无限提升,当通道较少时,语音理解能力往往更高(< 20)。因此,刺激通道的选择需要谨慎,以避免信息重叠^[21]。Yüksel 等^[22]观察到 20 个通道的条件与人工耳蜗接受者的音色识别表现非常相似。但通道交互作用对音色识别表现出显著影响,在 8、12、16 和 22 通道中,人工耳蜗通道的数量显著影响单词识别分数,除了 12 通道和 16 通道之外,在所有条件下都能观察到显著差异^[23]。

3.3 调机脉宽与康复效果相关性

研究发现对于脉冲宽度即每个电刺激脉冲的持续时间是固定的情况下,较高速率(2 100 pps)的刺激比较低速率(< 800 pps)的刺激在单词识别方面提供了更好的性能^[24]。通过共同改变脉冲速率和脉冲宽度也可实现高性能,听力学家可以通过增加脉率或通过联合改变脉率和脉宽来优化植入听者的表现^[24]。Roux 等^[25]发现选择不同的脉率、脉宽等刺激参数可作用于顺序刺激的电流控制而影响音高变化。

3.4 调机 T 值和 C 值与康复效果相关性

刘瑶等^[26]研究发现神经反应遥测阈值与人工耳蜗调机显著相关,特别是针对内耳畸形儿童的高频段 T 值与 C 值。Greisiger 等^[27]研究发现调机与术中评估如电刺激镫骨肌反射和电极阻抗没有统计学意义,对于预测人工耳蜗植入患者的 T 值和 C 值也不肯定。但也有研究表明神经反应遥测、电刺激镫骨肌反射和电诱发听觉脑干反应阈值与 M 值水平呈现显著正相关,这些相关性在使用回归分析得出预测的 M 值水平起一定作用^[28]。

3.5 DR 范围与康复效果相关性

Park 等^[29]研究发现人工耳蜗植入术后神经反

应遥测阈值较低的患者将初始 DR 设定在更大的范围内,则可获得较好的言语感知结果。Chang 等^[30]研究发现对于不同目标阈值的人工耳蜗调机策略,运用言语感知测试评估发现最佳的言语感知依赖于最小化听力阈值和最大化动态范围之间的平衡,同时提出当目标辅助听力阈值设置为 25 ~ 35 dB 时,可获得最佳言语感知。

3.6 编码策略与康复效果相关性

目前常用的人工耳蜗声音编码策略有连续交错采样策略^[31]、高级组合编码策略^[32]、高分辨策略和精细结构编码策略等。Kolokolov 等^[33]研究表明使用高级组合编码和连续交错采样编码策略时,音调测听的阈值没有显著的统计学差异,但语音感知的差异平均为 4.2%。使用较高分辨率的编码策略可以显著提高语音识别能力,而较低分辨率的编码则有利于佩戴助听器患者的体验。

4 小结

人工耳蜗植入术后有效的调机方案对患者术后康复效果十分重要,但缺乏将术后调机方案与患者心理、社会功能等康复效果相关性的研究。目前的临床实践中,没有简单的、标准化的方法来拟合人工耳蜗植入患者的调机。调机方案具有较大的个体差异,需要有经验的听力学家进行多年的逐步调整。

目前,国内外关于成人语后聋人工耳蜗植入术的研究仍需要进一步探索。未来该领域的研究可专注于以下 3 个方面:①从长时间、多维度对成人语后聋人工耳蜗植入术后康复效果进行标准化评估,从而为成人语后聋患者人工耳蜗术后康复提供更有利的帮助;②依靠大多数患者实现听力、言语、生活质量及社会支持最大获益的多维度评估方案建立标准化的调机方案;③通过统计分析调机方案与成人语后聋人工耳蜗植入者术后效果相关性的进一步研究,为制定使大多数患者实现最大获益的个性化的调机方案提供参考。

成人语后聋患者人工耳蜗植入术后康复效果的评估手段多种多样,调机方案则更多依赖于调机师的个人经验,同时近年来人工智能也引入了人工耳蜗调机^[34],其研究和应用都需要未来进一步的研究和探讨,期待未来更多科研工作者的加入,为成人语后聋患者术后听力、言语、生活质量及社会支持等多维度最大化获益的康复提供更多的帮助。

参考文献:

- [1] Sun W, Yang S, Liu K, et al. Hearing loss and auditory plasticity [J]. *Hear Res*, 2017,347:1-2.
- [2] Saeedi M, Amirsalari S, Dadgar S, et al. Outcomes of cochlear implantation in post-lingually deaf patients [J]. *Int Tinnitus J*, 2021, 25(1):18-22.
- [3] Ambert-Dahan E, Giraud AL, Mecheri H, et al. Emotional recognition of dynamic facial expressions before and after cochlear implantation in adults with progressive deafness [J]. *Hear Res*, 2017, 354:64-72.
- [4] Holden LK, Finley CC, Firszt JB, et al. Factors affecting open-set word recognition in adults with cochlear implants [J]. *Ear Hear*, 2013, 34(3):342-360.
- [5] 陈艾婷,王倩,冀飞. 人工耳蜗调机流程 [J]. *中国听力语言康复科学杂志*, 2017,15(2):145-148,137.
- [6] Wathour J, Govaerts PJ, Deggouj N. Variability of fitting parameters across cochlear implant centres [J]. *Eur Arch Otorhinolaryngol*, 2021, 278(12):4671-4679.
- [7] Alvarez F, Kipping D, Nogueira W. A computational model to simulate spectral modulation and speech perception experiments of cochlear implant users [J]. *Front Neuroinform*, 2023, 17:934472.
- [8] Vaerenberg B, Smits C, De Ceulaer G, et al. Cochlear implant programming: A global survey on the state of the art [J]. *Scientific World J*, 2014, 2014:501738.
- [9] Busby PA, Arora K. Effects of threshold adjustment on speech perception in nucleus cochlear implant recipients [J]. *Ear Hear*, 2016, 37(3):303-311.
- [10] Moberly AC, Bates C, Harris MS, et al. The enigma of poor performance by adults with cochlear implants [J]. *Otol Neurotol*, 2016, 37(10):1522-1528.
- [11] 张淼,洪梦迪,王青森,等. 低龄人工耳蜗植入患者术后开机时间的初步探讨 [J]. *中国听力语言康复科学杂志*, 2018,16(3):237-240.
- [12] 苗艳,刘欣. 听障儿童人工耳蜗术后精准调试及效果分析 [J]. *中国听力语言康复科学杂志*, 2024,22(3):253-255,269.
- [13] 申敏,李炬,韩睿,等. 调机对人工耳蜗植入儿童听觉言语能力的影响个案报告 [J]. *中国听力语言康复科学杂志*, 2020,18(6):464-468.
- [14] Ma C, Fried J, Nguyen SA, et al. Longitudinal speech recognition changes after cochlear implant: Systematic review and meta-analysis [J]. *Laryngoscope*, 2023, 133(5):1014-1024.
- [15] Ledesma ALL, Evangelista KDS, Alexandria DML, et al. Satisfaction and quality of life in cochlear implant users with long sensory deprivation [J]. *Codas*, 2023, 35(4):e20210021.
- [16] 赵雅雯,刘海红,李颖,等. 中文版“人工耳蜗植入儿童家长观点调查问卷”的建立与信度和效度研究 [J]. *听力学及言语疾病杂志*, 2017,25(2):137-142.
- [17] Gatehouse S, Noble W. The speech, spatial and qualities of hearing scale (SSQ) [J]. *Int J Audiol*, 2004, 43(2):85-99.

- [18] 李玲,王乐,户红艳,等. 老年性聋患者人工耳蜗植入效果分析[J]. 中国耳鼻咽喉颅底外科杂志, 2024,30(3):66-69.
- [19] Gajadeera EA, Galvin KL, Dowell RC, et al. Investigation of electrical stimulation levels over 8 to 10 years postimplantation for a large cohort of adults using cochlear implants[J]. *Ear Hear*, 2017, 38(6):736-745.
- [20] Shannon RV, Fu QJ, Galvin J 3rd. The number of spectral channels required for speech recognition depends on the difficulty of the listening situation[J]. *Acta Otolaryngol Suppl*, 2004, (552):50-54.
- [21] Cucis PA, Berger-Vachon C, Gallego S, et al. Cochlear implant: On the number of channels[J]. *Model Meas Control C*, 2018, 79(4):179-184.
- [22] Yüksel M, Çiprut A. Reduced channel interaction improves timbre recognition under vocoder simulation of cochlear implant processing[J]. *Otol Neurotol*, 2024, 45(4):e297-e306.
- [23] Yüksel M, Kaya SN. Speech perception as a function of the number of channels and channel interaction in cochlear implant simulation[J]. *Medeni Med J*, 2023, 38(4):276-283.
- [24] Loizou PC, Poroy O, Dorman M. The effect of parametric variations of cochlear implant processors on speech understanding[J]. *J Acoust Soc Am*, 2000, 108(2):790-802.
- [25] Roux J, Hanekom JJ. Effect of stimulation parameters on sequential current-steered stimuli in cochlear implants[J]. *J Acoust Soc Am*, 2022, 152(1):609.
- [26] 刘瑶,陈鱼,王悦,等. 神经反应阈值对人工耳蜗植入儿童行为测听阈值的预测价值[J]. 临床耳鼻咽喉头颈外科杂志, 2022,36(12):921-924.
- [27] Greisiger R, Shallop JK, Hol PK, et al. Cochlear implantees: Analysis of behavioral and objective measures for a clinical population of various age groups[J]. *Cochlear Implants Int*, 2015, 16 Suppl 4:1-19.
- [28] Raghunandhan S, Ravikumar A, Kameswaran M, et al. Electrophysiological correlates of behavioral comfort levels in cochlear implantees: A prospective study[J]. *Indian J Otolaryngol Head Neck Surg*, 2015, 67(3):210-222.
- [29] Park B, Thak PK, Park E, et al. Dynamic range and neural response threshold in cochlear implant mapping can be useful in predicting prognosis related to postoperative speech perception[J]. *J Audiol Otol*, 2023, 27(4):212-218.
- [30] Chang CJ, Sun CH, Hsu CJ, et al. Cochlear implant mapping strategy to solve difficulty in speech recognition[J]. *J Chin Med Assoc*, 2022, 85(8):874-879.
- [31] Wilson BS, Finley CC, Lawson DT, et al. Design and evaluation of a continuous interleaved sampling (CIS) processing strategy for multichannel cochlear implants[J]. *J Rehabil Res Dev*, 1993, 30(1):110-116.
- [32] Skinner MW, Arndt PL, Staller SJ. Nucleus 24 advanced encoder conversion study: Performance versus preference[J]. *Ear Hear*, 2002, 23(1 Suppl):2S-17S.
- [33] Kolokolov O, Kuznetsov A, Machalov A, et al. Comparison of sound perception using CIS and ACE sound coding strategies in cochlear implants[J]. *Sci Innova Med*, 2021, 6(3):8-12.
- [34] Wathour J, Govaerts PJ, Lacroix E, et al. Effect of a CI programming fitting tool with artificial intelligence in experienced cochlear implant patients[J]. *Otol Neurotol*, 2023, 44(3):209-215.

(收稿日期:2024-11-07)

本文引用格式:陈君怡,王宇洋,刘斌. 成人语后聋人工耳蜗调机与术后效果相关性的研究进展[J]. 中国耳鼻咽喉颅底外科杂志, 2025,31(6):37-41. DOI: 10.11798/j.issn.1007-1520.202524458

Cite this article as: CHEN Junyi, WANG Yuyang, LIU Bin. Research progress on the correlation between cochlear implant mapping and postoperative effects in postlingually deafened adults[J]. *Chin J Otorhinolaryngol Skull Base Surg*, 2025,31(6):37-41. DOI:10.11798/j.issn.1007-1520.202524458