

DOI:10.11798/j.issn.1007-1520.201905002

· 人工耳蜗专栏 ·

影响人工耳蜗植入效果因素分析

罗佳,谭静芊,李鹏

(中山大学附属第三医院耳鼻咽喉头颈外科,广东广州 510630)

摘要: 人工耳蜗植入(cochlear implant, CI)可帮助所有年龄段的感音神经性耳聋(sensorineural hearing loss, SNHL)患者,尤其重度、极重度感音神经性聋患者重获声音信息,可以改善患者的言语感知和生活质量,更好地促进身心健康,因此探究影响耳蜗植入效果的因素是临床的一个重要研究方向。本文通过文献回顾,主要介绍影响人工耳蜗植入术效果的因素。

关键词: 人工耳蜗;感音神经性聋;听觉植入;疗效;影响因素

中图分类号: R764.9⁺3

Analysis of factors affecting the effect of cochlear implantation

LUO Jia, TAN Jing-qian, LI Peng

(Department of Otolaryngology Head and Neck Surgery, the Third Affiliated Hospital of Sun Yat-Sen University, Guangzhou 510630, China)

Abstract: Cochlear implant (CI) can help patients of all age groups suffering from sensorineural hearing loss (SNHL), especially severe and profound SNHL, retrieve acoustic information, and therefore improve their speech perception, quality of life and physical and mental health. Since many factors may have profound impacts on outcomes of cochlear implantation, the exploration of these factors is the main direction of clinical research. This article mainly introduces the factors that influence the effect of cochlear implantation through literature review.

Keywords: Cochlear implant; Sensorineural hearing loss; Artificial auditory implantation; Curative effect; Influence factor

全世界有6.5%的人口,约10亿人有或轻或重的听力障碍^[1]。耳蜗植入可帮助所有年龄段的感音神经性耳聋(sensorineural hearing loss, SNHL),尤其重度、极重度感音神经性耳聋的患者重获声音信息。有研究表明,听力障碍是患者沟通时的主要障碍,这可能导致交往失败、心情抑郁、性格改变、认知障碍^[2-3],甚至可能影响到个人的社会关系和社会角色。人工耳蜗植入(cochlear implant, CI)手术有利于听觉发展、言语感知,促进沟通和身心健康,改善生活质量^[4]。因此探究耳蜗植入效果的影响因素对于更好发挥人工耳蜗的功能有着重要意义。

1 影响人工耳蜗植入术效果的个体因素

1.1 年龄

1.1.1 植入年龄 语前聋患者通过植入人工耳蜗听觉均有一定的恢复,在影响人工耳蜗植入效果的因素中,植入年龄影响最大。有研究表明,术后1年内,大龄植入患者康复效果比小龄好,但长期看其整体听觉言语康复效果比小龄患者差。也有研究表明,大龄与小龄植入患者术后听敏度测试结果相同,但大龄语前聋患者越早行人工耳蜗植入康复效果越好^[5-6]。而年龄过大的儿童听觉皮层在长期失聪后可能会发生重组,其他躯体感觉输入(如视觉)会替代处理听觉输入的区域。一旦重组,功能很难复原,所以这些患者往往术后预后较差^[7]。对于老年人,因其剩余螺旋神经节细胞数远小于青年人,导致其手术效果不如年轻人,但语音感知、生活质量均可以有所提高^[2]。

基金项目:广州市科技计划资助项目(201803010093);中山大学重点发展项目(201812281965)。

作者简介:罗佳,女,在读硕士研究生。

通信作者:李鹏,Email:lp76@163.net

1.1.2 言语学习的关键年龄 越早植入其效果越好,幼儿6岁以前是语言功能形成和发展的关键期,这个时期如果听力出现障碍,会严重阻碍幼儿语言功能发展,语前聋患者越早进行听力干预其言语发育越好。因此语前聋患者推荐在6岁以内行人工耳蜗植入手术^[8]。而且1岁以下儿童早期开口说话以及口头交流能力与植入人工耳蜗时间呈正相关^[9-10]。在影响人工耳蜗植入效果的因素中,植入年龄影响最大,研究显示,对于语前聋患儿而言,植入手术时年龄越小,术后恢复效果越好。对于超过最佳植入年龄的大龄语前聋患者,也遵循同样规律。并且人工耳蜗植入的效果与性别关系不大^[5,6,11]。

1.2 神经可塑性

有研究表明,听觉感官的剥夺以及植入人工耳蜗后的电刺激对外周和中枢听觉通路有着重大影响。并且皮层诱发电位实验证明了2岁前就植入的儿童比植入年龄偏晚的儿童在神经可塑性上更有优势^[12]。

有实验显示,失聪成人患者的初级视觉皮质区的葡萄糖代谢高于正常人群,这表明耳聋后该区域视觉神经高度活跃,以进行感官补偿。此外,在视觉关联区,代谢活动与行为言语感知结果呈负相关。大部分耳聋患者内侧额皮质的皮质代谢下降,且发现代谢活动更活跃的患者术后言语感知更好。这些结果表明,耳聋后人体产生视觉补偿效应,成人突发性耳聋患者的听觉皮层有一定的神经可塑性^[13]。

1.3 术前配戴助听器

儿童植入术前配戴助听器有利于患者更好地利用人工耳蜗、助听器,可以利用残留听力同时促进听神经和大脑听觉中枢发育。婴儿出生时听觉中枢还未成熟,助听器的声刺激促进听觉中枢发育,同时助听听阈的检测可指导助听装置调试更准确,有助于术后的言语训练^[14]。

1.4 听觉剥夺

听觉剥夺效应指当较长时间双耳听力不对称时,听力较差耳受听力较好耳听力的影响,言语感知会进一步降低。并且听觉的剥夺时间越短,言语测试结果越好。正常听力人群和人工耳蜗植入语前聋患者在言语感知方面的差异主要是由于听觉剥夺^[2,15]。同时听力障碍患儿视觉优势比听觉更突出。语前聋患儿,尤其是1岁后才接受人工耳蜗植入治疗的婴儿,接受人工耳蜗植入治疗越晚,其掌握的音节越少(低音量),发声越晚。这可能与人工耳蜗促进听觉反馈有关^[13]。

1.5 听觉中枢通路异常

在95%以上的人群中,导致SNHL的损伤部位是耳蜗毛细胞。老化、噪声损伤、耳毒性物质等因素可导致这些细胞的损伤和死亡^[2]。听觉中枢通路异常包括耳蜗结构发生改变、听神经受损、中枢处理功能发育不全、残存听神经数量减少、耳蜗损害程度加深及剩余螺旋神经节数量减少等,均可能影响患者术后听力言语恢复。人工耳蜗植入可通过声刺激促进听觉中枢发育,影响听觉皮质的异化,促进言语发展^[2]。

1.6 术前音节容量

国外有针对人工耳蜗患者的手术前后同侧言语感知对比的研究,对比参数为术前和术后使用助听器和使用人工耳蜗,患者在正常会话水平(65 dB-SPL)时单音节词和音位平衡词(PBmax)的最高评分。发现96%的患者术前PBmax高于术后单音节评分。行人工耳蜗植入术患者中术前PBmax评分高的患者言语感知明显比评分低的患者好。由此可见术前测得的PBmax可作为预测人工耳蜗植入患者植入术后最小言语感知能力的指标。尤其对于PBmax大于零的人工耳蜗植入患者具有很高的临床指导意义。术前掌握总音节量越大,术后言语恢复越好^[16]。

1.7 室内声乐因素

室内声学因素如语音清晰度、音质或可听性等不仅可影响正常听力人群的听力,更会影响耳蜗植入者的听力。在相同的空间条件下,因扩散产生的拖尾效应,会降低人工耳蜗处理系统调制深度,使声音获取更加困难^[17]。弥散声场使人工耳蜗植入术患者沟通更困难,还使其言语可懂度受损程度加大^[18]。除此之外,声源到听者的距离也是影响患者言语感知的一个关键因素,深刻影响语音清晰度和语音愉悦度^[19-20]。在体积相对较小的空间,如模拟会议室和研讨室中,对于人工耳蜗使用者来说,声源到听者的距离比声音混响与听力的相关性更强,越靠近聆听位置越有利于声音的获取。还有学者发现,相比于房间衰减因素,声源到听者的距离与语音的愉悦度相关性更大,房间的声学参数、大小,声源位置对植入术后患者对音乐的感知影响较小^[20]。

1.8 其他因素

有研究比较了父母正常的聋儿和父母失聪的患儿的人工耳蜗植入效果。研究显示,两组儿童听觉和语言均有发展。但父母失聪的患儿在人工耳蜗植

人后听力,言语表现比父母听力正常的耳聋儿童更好。这可能与手语交流能提高患儿植入术后学习口语的能力有关^[21]。

2 影响人工耳蜗植入术效果的设备因素

2.1 植入体的技术因素

人工耳蜗的技术因素,如人工耳蜗型号、人工耳蜗厂家;信号处理方式,如言语处理程序、装置的编程;辅助系统,如助听系统;均能影响为听神经提供信息。

目前人工耳蜗的生产厂家主要有 Cochlear Limited(澳大利亚), MedEl(奥地利), Advanced Bionics(美国), Neurelec(法国), Nurotron(中国)、AES(中国)、力声特(中国)。其中 Cochlear Limited 是全球最大的人工耳蜗生产厂商,目前该公司的主打产品为 Nucleus 7 声音处理器,是市场上体积最小、重量最轻的耳背式人工耳蜗声音处理器,也是全球首款同时兼容 iOS 和 Android 系统的助听产品。Advanced Bionics 推出的最新 4 种声音处理器(Auria、Harmony、Naida 和 Neptune)都采用了模块化的变体:耳背式,耳挂式和耳机式,其采用的 HiResolution 仿生耳系统,可实现 5 倍于任何其他人工耳蜗系统的声音分辨率。MedEl 公司推出的 Sonata,包含 24 对电极,实现耳蜗全覆盖,向用户提供完整的语音信息和更加丰富自然的音质。配备全向性麦克风, FineHearing 精细结构编码技术提供微妙的声音细节。Nurotron 目前推出了 Enduro 和 Venus 人工耳蜗系统,其中 Enduro 提高噪声下的言语清晰度,提升音乐的欣赏能力,而 Venus 适用于重度听力损失患者^[22-25]。成人人工耳蜗植入术协同助听系统可深刻影响患者的听阈及术后言语康复。助听听阈的检测结果可指导助听装置调试更准确。此外,人工耳蜗中电刺激阈值或电刺激最大舒适阈值与预后有着重要影响。人工耳蜗耦连无线调频系统后可针对性放大目标声音,自适应增加或降低分辨率,从而防止言语处理器对无线调频信号的压缩,显著提高噪声下的言语识别和舒适度,减弱甚至消除不利听觉因素的干扰^[17]。

2.2 人工耳蜗使用时间

人工耳蜗谱特征贫乏和频率分辨率较低,使植入患者难以感知音高和音色。因此大部分语前聋患儿植入后不能熟练掌握语调。一些研究结果表明,人工耳蜗植入术后患儿使用人工耳蜗的时间越长,降调和升调掌握会越好,并且随着人工耳蜗植入时年龄的增

加,语调产生的能力下降。因此越早植入人工耳蜗,人工耳蜗使用时间越长,言语测试结果越好^[5-6]。

3 手术及术后护理

3.1 手术技巧

随着电极设计和植入部位、皮瓣设计、切口得到不断的优化,微创理念已贯穿人工耳蜗植入全过程。不同情况下的手术方法包括:①按常规面神经隐窝入路自耳蜗底转鼓阶植入耳蜗电极;②共同腔畸形时自乳突入路从耳蜗与前庭共同腔后下植入耳蜗电极;③对于做过开放式乳突根治术患者在乳突腔内埋藏电极线后仍于圆窗入路植入耳蜗电极等^[26]。

长度不同的人工耳蜗电极对不同频率残余听力有一定程度的影响,长度越长,对低频听力影响越大。电极近蜗轴的距离,是否成功插入,蜗内可用电极数量、双耳电极协调程度均可以影响术后恢复情况。还有一个影响人工耳蜗手术预后的关键步骤是电极的定位,即图像引导人工耳蜗植入编程技术,通过图像分析技术能够定位人工耳蜗植入电极的核内位置,以确定患者的人工耳蜗植入处理器的设置。严格量化算法,建立电极位置的地面真实数据集,并利用它来评估电极定位技术的准确性,从而改善定位效果^[27]。

3.2 手术方式

3.2.1 双侧与单侧人工耳蜗植入效果 双侧人工耳蜗植入术不仅能够优化脑膜炎、急性双侧耳聋或伴随视力丧失的耳聋患者的听觉功能^[28],还可促进年轻人获取更多听觉信号,以便在嘈杂的环境中获得更好的听力和声音定位优势。通过随机对照试验发现,在 1 年和 2 年的随访中,双侧人工耳蜗植入术患者的言语感知能力比单侧人工耳蜗植入术患者高很多,也能够更好地定位声音来源。在成年人中,双侧人工耳蜗植入术患者在噪声环境中声音定位方面的语音感知比单侧植入患者好很多^[29-30]。然而,在安静环境两者差异不大^[31-33]。在儿童中,双侧人工耳蜗植入术与单侧植入相比,在噪声和安静环境下,其声音定位以及听力的主观评价方面均有改善^[31,34-37]。但整体来说,单侧人工耳蜗植入术患者在沟通、背景噪声、混响听力等方面的感知表现远不如双侧人工耳蜗植入术患者^[38]。

3.2.2 双侧同期与分期植入 当双侧人工耳蜗依次植入时(先后 2 次手术),长时间使用单侧人工耳蜗会导致植入人工耳蜗的耳内听觉通路发育成熟,

而使未植入耳内的听觉通路发育阻滞一段时间,使听觉通路发育不平衡^[39-41],因此即使在植入另一侧的人工耳蜗后,重要的双耳信号也不能正常处理^[42-43]。儿童早期双侧同时人工耳蜗植入术可以减少早期听觉通路发育不平衡的发生。有研究发现,成年重度-极重度感音神经性听力丧失患者行同期双侧人工耳蜗植入术或分期双侧人工耳蜗植入术后,在空间分离源的噪声环境下的语音清晰度和定位,以及安静环境下的语音感知方面,同期双侧人工耳蜗植入术患者要优于分期双侧人工耳蜗植入术患者^[44]。

3.3 术后综合护理

近年来的研究表明,术后综合护理可以改善患者耳蜗植入术后听力恢复与言语发展。术后护理包括医学护理和心理疏导,医学护理主要关注患者局部切口愈合、感染、并发症和排斥反应的发生。心理护理主要关注患者及家属围手术期的心理问题^[45-48]。

3.4 感知语言训练

人工耳蜗可提供基础听觉,但正常的听觉和语言功能仍需持续科学地训练。循序渐进纠正患者错误的习惯,由视觉交流向听觉交流转变,并让患者逐渐适应使用人工耳蜗将声音源转化为电信号,逐渐构建完善的听觉语言系统。有研究表明,在医院的听觉语言功能训练的基础上开展家庭语言训练,患者言语感知能力可得到有效提高,患者康复时间也能缩短很多^[46]。

3.5 音乐训练

有研究表明,音乐训练可以改善人工耳蜗介导的音乐感知。音乐训练中立刻获得的进步会鼓励患者坚持植入术后康复训练。在线音乐培训和听有声读物可促进人工耳蜗植入患者和正常听力人群的音高辨别能力。总之,听觉训练(积极参与在线音乐训练项目或有声读物听力训练)可以提高未经训练的人工耳蜗植入患者的音高辨别和音色识别能力^[49]。

3.6 植入者对术后的期待值

人工耳蜗植入术患者对术后的期待值也会影响术后康复效果。人工耳蜗是促进听力恢复,辅助听音的手段,但只有持续有效的听觉训练,才能重获听力和言语发展^[50]。而不恰当的期望值可能会降低术后对人工耳蜗植入满意度。因此,术前医生要帮助患者及家属了解人工耳蜗的相关知识以及患者的真实病情及有效率,并树立合适的期望值,术后强调语言听力训练的重要性,有助于患者得到及时有效的康复语言训练。

4 小结

人工耳蜗植入术对于重度-极重度感音神经性聋患者具有重要意义。不仅可以促进言语感知识别的能力,促进正常的心理状态,还可以帮助听障患者更好地融入社会。准确的早期干预和支持对言语恢复很重要。对于患者来说,尤其对于大龄儿童,耳聋发生时间越晚,耳聋持续时间越短,残存螺旋神经节数量保留越多,听觉中枢、耳蜗损害程度越轻,人工耳蜗使用时间越长,言语测试结果越好。这提示我们,为了提高人工耳蜗手术的效果,在植入术前可视情况而定应用助听器,按需选择合适的人工耳蜗类型,选择微创手术,加强术后护理和家庭监护,对患者科学进行持续的语言训练、康复训练。对于双侧耳聋患者,双侧植入优于单侧植入,且同期双侧耳蜗植入益处更大。作为医生,也要帮助患者建立正确的期待值。

参考文献:

- [1] Wilson BS, Tucci DL, Merson MH, et al. Global hearing health care: new findings and perspectives [J]. *Lancet*, 2017, 390 (10111): 2503 - 2515.
- [2] Budenz CL, Cosetti MK, Coelho DH, et al. The effects of cochlear implantation on speech perception in older adults [J]. *J Am Geriatr Soc*, 2011, 59(3): 446 - 453.
- [3] 孔颖,任寸寸,刘莎,等. 人工耳蜗植入儿童的心理健康及其影响因素研究[J]. *听力学及言语疾病杂志*, 2017, 25(1): 53 - 57.
Kong Y, Reng CC, Liu S, et al. The mental health and affecting factors on cochlear implanted children. [J] *Journal of Audiology and Speech Pathology*, 2017, 25(1): 53 - 57.
- [4] Czerniejewska-Wolska H, Kalos M, Gawlowska M, et al. Evaluation of quality of life in patients after cochlear implantation surgery in 2014 - 2017 [J]. *Otolaryngol Pol*, 2019, 73(2): 11 - 17.
- [5] 孟超,陈雪清,董瑞娟,等. 语前聋儿童人工耳蜗植入术后前语言交流能力发展[J]. *听力学及言语疾病杂志*, 2014, 22(6): 633 - 638.
Meng C, Chen XQ, Dong RJ, et al. The development of preverbal communication skills in prelingually deaf children with cochlear implants [J]. *Journal of Audiology and Speech Pathology*, 2014, 22(6): 633 - 638.
- [6] 郝昕. 人工耳蜗植入后听力言语康复研究进展[J]. *中华耳科学杂志*, 2015, 13(4): 562 - 567.
Xi X. Research progress of hearing and speech rehabilitation after cochlear implantation [J]. *Chinese Journal of Otolaryngology*, 2015, 13(4): 562 - 567.

- [7] Sharma A, Gilley PM, Dorman MF, et al. Deprivation-induced cortical reorganization in children with cochlear implants[J]. *Int J Audiol*, 2007, 46(9): 494 – 499.
- [8] Deep NL, Dowling EM, Jethanamest D, et al. Cochlear implantation: an overview[J]. *J Neuro Surg B Skull Base*, 2019, 80(2): 169 – 177.
- [9] Hoff S, Ryan M, Thomas D, et al. Safety and effectiveness of cochlear implantation of young children, including those with complicating conditions[J]. *Otol Neurotol*, 2019, 40(4): 454 – 463.
- [10] Shabashev S, Fouad Y, Huncke TK, et al. Cochlear implantation under conscious sedation with local anesthesia; safety, efficacy, costs, and satisfaction[J]. *Cochlear Implants Int*, 2017, 18(6): 297 – 303.
- [11] Ozdemir S, Kiroglu M, Tuncer U, et al. Auditory performance analyses of cochlear implanted patients[J]. *Kulak Burun Bogaz Ihtis Derg*, 2011, 21(5): 243 – 250.
- [12] Dorman MF, Sharma A, Gilley P, et al. Central auditory development: evidence from CAEP measurements in children fit with cochlear implants[J]. *J Commun Disord*, 2007, 40(4): 284 – 294.
- [13] Han JH, Lee HJ, Kang H, et al. Brain plasticity can predict the cochlear implant outcome in adult-onset deafness[J]. *Front Hum Neurosci*, 2019, 13: 38.
- [14] 冯蕾, 吴丹凤. 人工耳蜗植入后对侧耳是否联合使用助听器声调识别的对比研究[J]. *山东大学耳鼻咽喉眼学报*, 2017, 31(5): 27 – 30.
Feng L, Wu DF. Effect of cochlear implantation in combination with hearing aids on tonerecognition[J]. *Journal of Otolaryngology and Ophthalmology of Shandong University*, 2017, 31(5): 27 – 30.
- [15] 李鹏, 王力红, 蒋涛. 听觉剥夺效应及对听力康复的影响[J]. *听力学及言语疾病杂志*, 2003, 11(1): 61 – 63.
Li P, Wang LH, Jiang T. Effects of auditory deprivation on hearing rehabilitation[J]. *Journal of Audiology and Speech Pathology*, 2003, 11(1): 61 – 63.
- [16] Hoppe U, Hocke T, Hast A, et al. Maximum preimplantation monosyllabic score as predictor of cochlear implant outcome[J]. *HNO*, 2019, 67(Suppl 2): 62 – 68.
- [17] Kokkinakis K, Loizou PC. The impact of reverberant self-masking and overlap-masking effects on speech intelligibility by cochlear implant listeners (L)[J]. *J Acoust Soc Am*, 2011, 130(3): 1099 – 1102.
- [18] Iglehart F. Speech perception in classroom acoustics by children with cochlear implants and with typical hearing[J]. *Am J Audiol*, 2016, 25(2): 100 – 109.
- [19] Kressner AA, Westermann A, Buchholz JM. The impact of reverberation on speech intelligibility in cochlear implant recipients[J]. *J Acoust Soc Am*, 2018, 144(2): 1113.
- [20] Eurich B, Klenzner T, Oehler M. Impact of room acoustic parameters on speech and music perception among participants with cochlear implants[J]. *Hear Res*, 2019, 377: 122 – 132.
- [21] Hassanzadeh S. Outcomes of cochlear implantation in deaf children of deaf parents: comparative study[J]. *J Laryngol Otol*, 2012, 126(10): 989 – 994.
- [22] Djourno A, Eyries C. Auditory prosthesis by means of a distant electrical stimulation of the sensory nerve with the use of an indwelt coiling[J]. *La Presse Médicale*, 1957, 65(63): 1417.
- [23] Krogmann RJ, Khalili Al Y. *Cochlear Implants[M]*. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing, 2019.
- [24] Hainarosie M, Zainea V, Hainarosie R. The evolution of cochlear implant technology and its clinical relevance[J]. *Journal of Medicine & Life*, 2014, 7(2): 1 – 4.
- [25] Zeng FG, Rebscher S, Harrison W, et al. Cochlear implants: System design, integration, and evaluation[J]. *IEEE Reviews in Biomedical Engineering*, 2008, 1(1): 115 – 142.
- [26] 张道行. 1448例人工耳蜗植入手术中疑难问题的总结[J]. *中国中西医结合耳鼻咽喉科杂志*, 2009, 17(4): 233 – 236.
Zhang DH. Summary of difficult problems in 1448 cases of cochlear implantation[J]. *Chinese Journal of Otorhinolaryngology in Integrative Medicine*, 2009, 17(4): 233 – 236.
- [27] Zhao Y, Labadie RF, Dawant BM, et al. Validation of automatic cochlear implant electrode localization techniques using mu CTs[J]. *J Med Imaging*, 2018, 5(3): 035001.
- [28] Schramm D. Canadian position statement on bilateral cochlear implantation[J]. *J Otolaryngol Head Neck Surg*, 2010, 39(5): 479 – 485.
- [29] Smulders YE, van Zon A, Stegeman I, et al. Comparison of bilateral and unilateral cochlear implantation in adults: A randomized clinical trial[J]. *JAMA Otolaryngol Head Neck Surg*, 2016, 142(3): 249 – 256.
- [30] van Zon A, Smulders YE, Stegeman I, et al. Stable benefits of bilateral over unilateral cochlear implantation after two years: A randomized controlled trial[J]. *Laryngoscope*, 2017, 127(5): 1161 – 1168.
- [31] Müller J. Bilateral cochlear implants[J]. *HNO*, 2017, 65(7): 561 – 570.
- [32] Gaylor JM, Raman G, Chung M, et al. Cochlear implantation in adults: a systematic review and meta-analysis[J]. *JAMA Otolaryngol Head Neck Surg*, 2013, 139(3): 265 – 272.
- [33] van Schoonhoven J, Sparreboom M, van Zanten BG, et al. The effectiveness of bilateral cochlear implants for severe-to-profound deafness in adults: a systematic review[J]. *Otol Neurotol*, 2013, 34(2): 190 – 198.
- [34] Forli F, Arslan E, Bellelli S, et al. Systematic review of the literature on the clinical effectiveness of the cochlear implant procedure in paediatric patients[J]. *Acta Otorhinolaryngol Ital*, 2011, 31(5): 281 – 298.
- [35] Johnston JC, Durieux-Smith A, Angus D, et al. Bilateral paediatric cochlear implants: a critical review[J]. *Int J Audiol*, 2009, 48(9): 601 – 617.
- [36] Lammers MJ, van der Heijden GJ, Pourier VE, et al. Bilateral cochlear implantation in children: a systematic review and best-evidence synthesis[J]. *Laryngoscope*, 2014, 124(7): 1694 – 1699.

- [37] Sparreboom M, van Schoonhoven J, van Zanten BG, et al. The effectiveness of bilateral cochlear implants for severe-to-profound deafness in children: a systematic review [J]. *Otol Neurotol*, 2010, 31(7): 1062–1071.
- [38] Litovsky R, Parkinson A, Arcaroli J, et al. Simultaneous bilateral cochlear implantation in adults: a multicenter clinical study[J]. *Ear Hear*, 2006, 27(6): 714–731.
- [39] Gordon KA, Valero J, Papsin BC. Binaural processing in children using bilateral cochlear implants[J]. *Neuroreport*, 2007, 18(6): 613–617.
- [40] Gordon KA, Valero J, Papsin BC. Auditory brainstem activity in children with 9–30 months of bilateral cochlear implant use[J]. *Hear Res*, 2007, 233(1–2): 97–107.
- [41] Litovsky RY, Gordon K. Bilateral cochlear implants in children: Effects of auditory experience and deprivation on auditory perception[J]. *Hear Res*, 2016, 338: 76–87.
- [42] Gordon KA, Jiwani S, Papsin BC. What is the optimal timing for bilateral cochlear implantation in children [J]. *Cochlear Implants Int*, 2011, 12(Suppl 2): S8–14.
- [43] Jiwani S, Papsin BC, Gordon KA. Early unilateral cochlear implantation promotes mature cortical asymmetries in adolescents who are deaf[J]. *Hum Brain Mapp*, 2016, 37(1): 135–152.
- [44] Kraaijenga VJC, Ramakers GGJ, Smulders YE, et al. No difference in behavioral and self-reported outcomes for simultaneous and sequential bilateral cochlear implantation: evidence from a multi-center randomized controlled trial[J]. *Front Neurosci*, 2019, 13(54):1–17.
- [45] 倪红. 综合护理对人工耳蜗植入术后患儿的观察分析[J]. *世界最新医学信息文摘*, 2017, 17(74):223–224.
Ni H. Observation and analysis of comprehensive nursing on children after cochlear implantation[J]. *World Latest Medicine Information*, 2017, 17(74):223–224.
- [46] 张标新, 邱建新, 虞银香, 等. 不同家庭状况学龄前人工耳蜗植入儿童术后康复效果分析[J]. *听力学及言语疾病杂志*, 2016, 24(4): 390–392.
- Zhang BX, Qiu JX, Yu YX, et al. Analysis of postoperative rehabilitation effect of preschool children with cochlear implant with different family conditions[J]. *Journal of Audiology and Speech Pathology*, 2016, 24(4): 390–392.
- [47] 刘智勇, 张东利. 语前聋儿童人工耳蜗植入术后言语清晰度变化的分析研究[J]. *中国听力语言康复科学杂志*, 2016, 14(2): 127–130.
Liu ZY, Zhang DL. An analysis of speech intelligibility of prelingually hearing-impaired children after cochlear implantation [J]. *Chinese Scientific Journal of Hearing and Speech Rehabilitation*, 2016, 14(2): 127–130.
- [48] 张鸿宇, 叶胜难, 林有辉, 等. 脑白质异常的语前聋患儿人工耳蜗植入术后康复效果分析[J]. *听力学及言语疾病杂志*, 2017, 25(5): 525–528.
Zhang HY, Ye SN, Ling YH, et al. The rehabilitation effects of the cochlear implantation on prelingually deaf children with Alba abnormality [J]. *Journal of Audiology and Speech Pathology*, 2017, 25(5): 525–528.
- [49] Jiam NT, Deroche ML, Jiradejvong P, et al. A randomized controlled crossover study of the impact of online music training on pitch and timbre perception in cochlear implant users[J]. *J Assoc Res Otolaryngol*, 2019, 20(3): 247–262.
- [50] Mauldin L. Don't look at it as a miracle cure: Contested notions of success and failure in family narratives of pediatric cochlear implantation[J]. *Soc Sci Med*, 2019, 228:117–125.

(收稿日期:2019-07-01)

本文引用格式:罗 佳, 谭静芊, 李 鹏. 影响人工耳蜗植入效果因素分析[J]. *中国耳鼻咽喉颅底外科杂志*, 2019, 25(5):456–461. DOI:10.11798/j.issn.1007-1520.201905002

Cite this article as: LUO Jia, TAN Jing-qian, LI Peng. Analysis of factors affecting the effect of cochlear implantation[J]. *Chin J Otorhinolaryngol Skull Base Surg*, 2019, 25(5):456–461. DOI:10.11798/j.issn.1007-1520.201905002