

DOI:10.11798/j.issn.1007-1520.202006001

· 专家论坛 ·

# 老年性聋人工耳蜗植入进展

熊伟, 龚树生

(首都医科大学附属北京友谊医院耳鼻咽喉头颈外科, 北京 100050)



**专家简介** 龚树生,男,主任医师,教授,博士研究生导师,首都医科大学附属北京友谊医院耳鼻咽喉头颈外科主任。国务院政府特殊津贴专家,中央保健会诊专家,中国听力医学基金会专家委员会主任委员,中华医学会耳鼻咽喉头颈外科分会常委,中国医师协会耳鼻咽喉科医师分会常委,北京市耳鼻咽喉头颈外科分会副主任委员,《中华耳鼻咽喉头颈外科杂志》耳科学组组长、《中华耳科学杂志》副主编、《临床耳鼻咽喉头颈外科杂志》副主编。中国康复辅助器具协会助听器人工耳蜗专业委员会委员,中国康复辅助器具协会助听器人工耳蜗专业委员会学术专家组副组长。主持承担“973”课题、十二五支撑项目、国家自然科学基金重点项目及面上项目、卫生部行业基金等多项课题。

**摘要:** 耳聋是全球第三大导致老年人残疾障碍的原因,不仅仅影响声音的感知,还会引发一系列日常交流和社交障碍。目前,人工耳蜗植入是重度-极重度感音性聋且助听器效果不佳老年人的听觉和言语康复的最有效方法,但众多原因导致我国老年耳聋患者人工耳蜗植入开展得不够,并且老年人本身耳聋发生及其听力和听觉康复有其特殊性。本文从老年耳聋的发生率、老年性聋的病因、人工耳蜗植入的适应证及疗效特点等方面进行分析 and 讨论,并对老年耳聋患者人工耳蜗植入的未来前景做展望。

**关键词:** 人工耳蜗植入;老年性聋;螺旋神经节;认知负荷

**中图分类号:** R764.9<sup>+</sup>3

## Progress of cochlear implantation in the elderly

XIONG Wei, GONG Shusheng

(Department of Otolaryngology Head Neck Surgery, Beijing Friendship Hospital Affiliated to Capital Medical University, Beijing 100050, China)

**Abstract:** Deafness is the third leading cause of disability in the elderly worldwide, affecting not only the perception of sound, but also a range of daily communications and social impairments. At present, cochlear implant (CI) is the most effective method for hearing and speech rehabilitation of the elderly with severe-profound sensorineural deafness with hearing aid showing poor effect. However, the popularity of CI for elderly deafness patients in China is not enough due to many reasons, and the occurrence, audiology as well as the hearing rehabilitation of deafness in the elderly have their own characteristics. This paper analyzes and discusses the incidence, the etiology of senile deafness, the indications and the characteristics of curative effect of CI, and looks forward to the future development of CI in senile deafness patients

**Keywords:** Cochlear implantation; Presbycusis; Spiral ganglion neuron; Cognitive load

基金项目:国家自然科学基金重点项目(81830030);北京市科委首都市民健康培育项目(Z161100000116087)。

第一作者简介:熊伟,男,博士,住院医师。

通信作者:龚树生,Email:gongss@ccmu.edu.cn

## 1 老年性聋的现状

随着社会经济的发展和人类平均寿命持续延长,人口老龄化问题的日益加剧,老年人听力损失现状日益突出,据 WHO 统计,听力损失已成为全球第三大导致老年人残疾障碍的原因<sup>[1]</sup>,目前,50%~60%的70岁以上的老人患有听力障碍,而其中重度-极重度听力损失且无法从助听器受益的人群比例从0.6%上升到1.1%<sup>[2]</sup>,2015—2050年,预计全球80岁以上老年人口将从1亿2650万升至4亿4660万<sup>[3]</sup>,在欧洲80岁以上老年人将占总人口的20%<sup>[4]</sup>。到2050年,美国65岁以上人口将翻倍,即4800万增加至8800万;其中70岁以上老年人中63%患轻度以上听力损失,中度为26%,重度至极重度为0.6%,故老年性聋问题不容忽视<sup>[5]</sup>。老年性聋,又称为年龄相关性耳聋(age-related hearing loss, ARHL),是随着年龄的增长出现以高频听力下降为首要症状的双耳对称性、渐进性听力损失,听力下降多以高频听力下降为主,常伴有耳鸣或颅鸣,言语识别率下降与纯音听阈阈值升高不成比例,在噪声环境中尤为突出。老年性聋造成大脑认知负荷和结构功能改变,不仅仅影响声音的感知,还会引发一系列日常交流和社交障碍,造成社会融入减少,进而导致老年人认知能力减退和痴呆,此外老年人一般基础性疾病如心脑血管疾患更加剧这一过程<sup>[6]</sup>。有研究显示,轻度、中度和重度听力损失的人患痴呆的风险分别比听力正常的人增加2、3倍和5倍<sup>[7]</sup>,此外老年性聋还会导致如抑郁、焦虑、孤独感等严重的社会心理问题。重视老年人听力康复重建可以缓解这些突出的问题,并产生积极的社会经济效益。助听器是大多数老年人听力康复治疗首选的干预措施,然而,对于那些70岁以上,约占1%总人口的极重度听力损失的老年人来说,佩戴助听器不能提供足够有效的声音增益。对于这些群体,人工耳蜗植入作为最后唯一有效的听力康复手段<sup>[8]</sup>。

## 2 老年性聋的病因

人类和其他哺乳动物包括毛细胞、螺旋神经元细胞以及血管纹细胞和螺旋韧带在内的内耳结构的退行性变是老年性聋发生发展的主要原因<sup>[9-10]</sup>,随着研究地深入,发现老年性聋并不是简单地自然老化过程,遗传及噪声等一系列内、外环境因素也参与

这一复杂过程<sup>[11-12]</sup>。毛细胞是耳蜗结构的主要细胞,起着感知外界声音,并将声信号向电信号转换以及电信号放大作用,在衰老过程中,外毛细胞的丢失较内毛细胞丢失得更加明显,并且外毛细胞的丢失主要位于耳蜗基底膜顶转和底转,此后逐渐拓展到基底膜全长<sup>[12-13]</sup>。底转外毛细胞丢失造成高频声音信号放大作用减弱,进而导致高频听力阈值提高,相比之下,低频部分的外毛细胞丢失对低频听力阈值的影响不大,因为顶转外毛细胞对声信号的增益作用(20 dB)不像高频那么明显(50~70 dB)<sup>[14]</sup>。内毛细胞的丢失将导致在这些内毛细胞编码的特定频率下声音信号的丧失<sup>[15]</sup>。螺旋神经元细胞变性丢失也是老年性聋常见的病理改变,并且同样发生在与基底膜顶转和底转毛细胞相对应的区域<sup>[11]</sup>。事实上,螺旋神经元丢失的数量远较毛细胞多,提示螺旋神经元变性丢失不是简单地继发于毛细胞的丢失。研究显示,螺旋神经元细胞的丢失并不引起听觉脑干反应阈值升高,而是导致听觉传导通路上的刺激编码信息不足,进而引起听觉中枢对声音识别困难,尤其是在噪声环境中<sup>[16]</sup>。此外动物实验显示内毛细胞与螺旋神经元之间的带状突触减少也被认为是ARHL的病理改变之一<sup>[17]</sup>。螺旋韧带和血管纹的变性也在人类老龄患者颞骨标本中观测到<sup>[18-19]</sup>,螺旋韧带和血管纹转运内耳钾离子,维持内淋巴电位平衡。螺旋韧带和血管纹的变性坏死导致内、外淋巴液中的钾离子失衡,引起耳蜗内淋巴电位下降,进而影响内耳结构整体能量供应及外毛细胞放大机制,主要造成高频听力下降,这可能是导致老年性聋听阈提高的主要潜在原因<sup>[20]</sup>。此外有研究报道,老年性聋患者听觉中枢发生白质完整性中断、灰质体积减少和皮层变薄等病理改变,并且功能核磁显示与听觉皮层有联络关系的相关大脑认知区域,如主管注意力,工作记忆等区域代谢性活动均有不同程度下降<sup>[21-23]</sup>,而其他区域如额叶皮质区活动代偿性增强。提示老年性聋的发生除了外周听觉系统病变外,中枢听觉皮层的病理及功能改变也参与其中。

老年性聋的发生发展是外周听觉系统和听觉中枢系统各种病理改变的综合结果,每一种病理因素都可能有其潜在的病因和遗传背景,尽管研究人员努力寻找导致ARHL的单一特定基因,但到目前为止尚未能确定单一基因对ARHL的致病作用,现在越来越公认的是,ARHL是具有遗传背景的、受环境因素影响的多基因疾病,并且在不同个体上表现不一<sup>[24]</sup>,某些基因和位点的突变如GRHL2、8q24.13-

q24.22 会导致个体对 ARHL 致病因素易感<sup>[25-26]</sup>,而其他基因如 *PTRPD* 和 *CSMD1* 可以防止和延缓老年性聋<sup>[27]</sup>。此外,线粒体 mtDNA 损伤、耳蜗衰老相关慢性免疫-炎症反应、活性氧均参与 ARHL 的发生发展<sup>[28-30]</sup>。总而言之,内耳不同结构的损伤(如血管纹、毛细胞和螺旋神经元),导致老年性聋在高频区的感音神经性听力损失较为突出。血管纹为柯替器供血,基础代谢活性高,尤其容易受氧化应激和噪声暴露损伤。而毛细胞对机械损伤、噪声暴露和耳毒性药物更敏感。老年性聋基础研究的不断深入将有助于临床更有针对性的治疗,并更准确地预估人工耳蜗植入后的效果。

### 3 老年患者的人工耳蜗植入

对于老年性聋,传统助听器验配显示出一定的效果,约一半患者显示出认知能力和客观听力改善。但是对于重度-极重度听力损失的人群,助听器则显得无能为力,人工耳蜗植入则是最后的听力重建手段。目前我国人口基数大,老年人助听器验配无效、需要植入人工耳蜗的人数众多,然而目前我国尚无针对老年性聋人工耳蜗植入的应用标准及指南,但可借鉴我国 2013 年人工耳蜗工作指南中关于语后聋患者的选择标准:①各年龄段无语后聋患者;②双耳重度或极重度感音神经性聋,依靠助听器不能进行正常听觉言语交流;③无手术禁忌证;④植入者本人和(或)监护人对人工耳蜗植入有正确的认识和适当的期望值。手术的禁忌证包括:①严重的内耳畸形如 Micheal 畸形、听神经缺如等;②中耳乳突有急性炎症;③精神或者智力严重异常,无法配合康复训练者。老年人的术前评估还需包括全身情况评估,明确是否合并其他系统的手术禁忌证和麻醉禁忌证等,保证在安全的前提下实施手术<sup>[31-33]</sup>。然而在符合人工耳蜗植入标准的老年人患者中,仅有 5% 接受了人工耳蜗植入<sup>[34]</sup>。人工耳蜗植入率较低的原因可能有以下几点<sup>[35-36]</sup>:①对人工耳蜗的了解不够,大部分老年人不知道耳聋除了助听器外还可以进行人工耳蜗植入治疗;②未能接触到具备人工耳蜗知识和经验的医生,对全麻手术风险及并发症感到担忧;③经济条件的限制,老年人工耳蜗属于自费项目,花费比较大;④老年人的听力损失往往被认为是自然发生衰老现象,认为无需干预,这也是接受手术比率低的原因之一。

### 4 老年患者人工耳蜗植入前的评估

老年人进行人工耳蜗植入前要除了进行常规一般手术前的评估,如病史采集、查体、听力学及前庭功能检查、影像学检查、言语-语言能力评估、麻醉评估之外,尚需要关注老年人自身因素:老年患者存在 Alzheimer 病、中风或其他中枢神经系统疾病时,将导致注意力水平下降和记忆力衰退,中枢神经系统对人工耳蜗的适应能力变差,术前应当咨询患者和家人的预期效果;对于老年患者,应在术前及时评估其日常活动能力、认知功能、精神状态、心血管状况、肺部并发症风险、脑卒中风险、肾功能、血栓与出血风险、营养状态等。其中对心脏评估,专家建议所有老年患者都应在术前进行运动耐量及心血管危险性评估<sup>[37]</sup>,此外尚需要对患者耳聋病因及听力剥夺时长进行评估,存在平衡困难的患者(包括间歇性或慢性眩晕)需要评估是否存在单侧前庭功能障碍。因为老年患者中枢补偿能力减弱,应当避免植入唯一具备平衡功能的一侧耳。

### 5 老年患者人工耳蜗植入总体效果及因素分析

总的来说,老年人人工耳蜗植入显示总体良好的言语康复效果,影响老年人工耳蜗植入效果的因素有以下几点:①植入时年龄。植入年龄较大的患者总体效果低于植入年龄较小的患者。Jolink 等<sup>[40]</sup>进行一项研究,他们将 20 例老年 SNHL 患者(70.0~83.0 岁,植入时平均 76 岁)与 37 例对照组(41~59 岁,平均 50.0 岁)人工耳蜗植入术后效果进行了比较,老年组和对年龄组的言语识别得分(speech discrimination score, SDS)平均值分别为 74.4% 和 81.1%,具有统计学差异,提示与植入年龄较年轻的患者相比,老年人的言语识别得分可能略低,但随着时间的推移,他们的结果趋于稳定,降低老年性痴呆的风险,延缓其发展<sup>[38-41]</sup>。使用人工耳蜗可以改善双侧重度至极重度 SNHL 患者认知能力,有学者证实老年人工耳蜗植入患者术后 6 个月和 12 个月神经认知能力有所改善,生活质量评估量表得分(quality of life assessment, QLA)显著提高,提示人工耳蜗植入能显著提高老年植入者独立生活能力,产生明显的经济效益<sup>[42]</sup>。但是对于老年人工耳蜗植入患者,因其异于儿童人工耳蜗植入患者的自身影响因素,老年语后聋患者效果仍不如年轻语后聋患

者,这可能与年龄增加导致的中枢皮层可塑性下降、听觉中枢处理能力降低有关。随着年龄的增长,大脑的认知功能逐渐减退,学习和记忆能力也随之减弱,这也是多数学者认为老年患者人工耳蜗植入术后的听觉言语康复效果不如年轻患者的原因。尽管人工耳蜗可以代替毛细胞的功能,但随着听觉系统整体的老化,螺旋神经节细胞的损伤和丢失、听觉中枢处理功能降低,也使得老年患者人工耳蜗植入术后听觉言语康复效果不如年轻患者。需要强调的是,年龄本身只是相对次要的因素,植入年龄不应该成为人工耳蜗植入资格的限制因素,因为言语识别得分(SDS)和生活质量量表(QLA)结果均显示人工耳蜗植入对老年人和年轻人都有积极效果。研究报道老年人组(大于65、70和75岁)在行人工耳蜗植入后听力表现和生活质量QLA比植入前得以提高;尽管年轻个体比年老个体术后康复效果更好一些,但没有否定人工耳蜗植入对老年人有效的判断,因为这些个体同样具有积极效果。尽管年龄不应作为人工耳蜗植入候选限制性因素,但其他常见老年合并疾病如痴呆应该需要加以考虑<sup>[42]</sup>;②听力损失持续时间。拥有较好听觉基础的患者,可维持听觉通路种神经连接处的低水平自发活动,神经生理功能得以维持,使老年患者由年龄增长带来的听觉系统退化作用得到缓和,Leung等<sup>[43]</sup>发现,随着随耳聋持续时间延长(耳聋持续时间同植入时年龄比值越大),人工耳蜗植入术后CNC单词识别结果得分越低,即听觉损失的时间越长,人工耳蜗植入效果越差,术后康复时间也会延长;③老年植入者术后寻求支持较少,老年人对人工耳蜗相关基本知识的缺乏,接受新鲜事物较慢并且对人工耳蜗的操作不熟练(开关机、音量、模式转换和更换电池等),也影响了人工耳蜗的有效使用;④老年人工耳蜗植入效果受到退化的外周听觉及中枢神经系统影响。螺旋神经元细胞同毛细胞之间的突触连接在毛细胞丢失前开始就开始变性丢失,因此螺旋神经节及其周围突的退化是老年性聋的重要因素,尤其是在40~50岁中期,而螺旋神经节数量的丢失超过90%时,才开始对听力测试阈值产生影响,但是言语识别率(尤其是噪声条件下)下降则更早出现<sup>[11,44]</sup>,此外老龄和听力损失会造成听觉中枢皮层退化,并对听觉信息处理造成影响,由于外周听觉感受器的退化,外界声信号输入也将同样减少或者丢失,造成认知负荷,认知负荷长期维持高水平,容易产生听觉疲劳,供给其他认知任务的认知空间缩减。当感受声音的条件变

得困难时,大脑分配给认知的资源就明显不足。这种状态持续得不到改善,将使老年听力损失患者的认知能力出现加速下滑<sup>[45]</sup>;⑤部分老年患者既往有中耳炎或脑膜炎病史,内耳存在纤维化或骨化,导致有功能的螺旋神经元细胞数量较少,进而影响人工耳蜗电极的植入及术后效果。

## 6 老年患者人工耳蜗植入术后并发症

随着老年患者人工耳蜗植入数量不断增加,人工耳蜗植入手术在国外已成为一种常规的门诊手术,其术后并发症呈下降趋势,但是仍然存在。老年人工耳蜗植入术后并发症主要分为两方面:主要并发症(严重感染如脑膜炎、术后持续性面瘫、皮瓣裂开、装置故障等)和轻微并发症(短暂的面瘫,术后眩晕、耳鸣和味觉障碍)<sup>[46]</sup>。这些主要或次要并发症都不是老年人工耳蜗植入患者所独有的。研究表明,老年人群( $\geq 75$ 岁)的人工耳蜗植入耐受性良好,主要和次要手术并发症的风险与年轻植入者(60~74岁)的发生率相当<sup>[47]</sup>。在老年人工耳蜗植入患者中,主要并发症发生率约为5%,次要并发症发生率约为9.2%~16.7%。最常见的人工耳蜗植入手术并发症是眩晕,发生在多达20%的老年人工耳蜗植入患者,术后短暂的平衡问题可能是由于认知障碍、外周本体感觉减少或老年患者者肌肉无力等因素的导致<sup>[48]</sup>。人工耳蜗植入后再取出相当罕见,在一项445例60岁以上的患者人工耳蜗植入的回顾性队列研究中,3.8%的患者( $n=17$ )需要取出植入的耳蜗,原因是植入后自觉无效果或继发于其他主要并发症,如感染、设备故障和皮瓣裂开等。其中15例接受人工耳蜗再植入手术,术后随访10年助听效果稳定<sup>[48]</sup>。此外随着年龄的增长,老年人皮肤变薄,血运减少,皮瓣血运监测已成为老年人人工耳蜗植入术后需关注的问题,Spitzer等发现13%的老年人工耳蜗植入患者的皮瓣在长期随访过程中变薄,但并未引起皮瓣坏死、感染等并发症。此外即使接受静脉全身麻醉,老年人群对人工耳蜗植入的耐受性也是很好,心脑血管并发症的风险也相对较低。在一个回顾性队列研究中,Coelho等<sup>[49]</sup>研究发现70岁以上接受人工耳蜗植入的患者并未出现麻醉相关的并发症,故仅仅年龄的增大并不会增加麻醉风险。此外老年患者人工耳蜗植入中残余听力的保留也值得关注。

## 7 总结

随着人口老龄化的加剧,听觉及其相关认知障碍的患者人群预计将继续增加,当使用助听器无法获得满意的助听效果时,人工耳蜗植入是一种安全有效、耐受性好的老年性聋助听手段。此外除了人工耳蜗植入外,还需要进一步探索老年性聋的发病机制及治疗,目前在动物实验上开展较多,如衰老内耳组织自噬失调纠正、内耳活性氧的清除等,并取得可喜的成果<sup>[50]</sup>。总之对于老年人来说,来自人工耳蜗植入手术和麻醉的风险较低,与其他年龄组的风险发生率无明显差异。但术后语言感知和生活质量有了明显的改善,尽管关于老年人人工耳蜗植入有许多问题仍未解决,例如老年人工耳蜗植入患者在噪声中的声音感知的效果和声电联合刺激在这一人群中的治疗潜力,以及衰老、认知、听力损失与耳蜗老化之间的联系等。但不可否认的是人工耳蜗植入显著提高了老年人的生活质量和自主活动性,年龄本身不应成为限制和影响人工耳蜗植入决策的因素,故人工耳蜗植入可作为一种治疗老年人重度-极重度听力损失的耐受性好、术后效果可靠的方案,在做好术前评估和禁忌证的排除、与病人及家属就预期效果进行充分沟通、规避好术后并发症的前提下安全实施该类手术,让更多的老年患者受益于人工耳蜗植入。

### 参考文献:

[1] Yang Z, Cosetti M. Safety and outcomes of cochlear implantation in the elderly: A review of recent literature[J]. *J Otol*,2016,11(1):1-6.

[2] Bovo R, Ciorba A, Martini A. Environmental and genetic factors in age-related hearing impairment [J]. *Aging Clin Exp Res*, 2011,23(1):3-10.

[3] Connors JR, Deep NL, Huncke TK, et al. Cochlear implantation under local anesthesia with conscious sedation in the elderly: first 100 cases[J]. *Laryngoscope*, 2020. doi: 10.1002/lary.28853.

[4] Marx M, Mosnier I, Belmin J, et al. Healthy aging in elderly cochlear implant recipients: a multinational observational study[J]. *BMC Geriatr*,2020,20(1):252.

[5] Gordon-Salant S. Hearing loss and aging: new research findings and clinical implications [J]. *J Rehabil Res Dev*, 2005, 42(4 Suppl 2):9-24.

[6] Lin FR, Albert M. Hearing loss and dementia - who is listening [J]. *Aging Ment Health*,2014, 18(6):671-673.

[7] Lin FR, Ferrucci L. Hearing loss and falls among older adults in

the United States [J]. *Arch Intern Med*,2012,172(4):369-371.

[8] Lin FR, Thorpe R, Gordon-Salant S, et al. Hearing loss prevalence and risk factors among older adults in the United States[J]. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci*,2011,66(5):582-590.

[9] Schuknecht HF, Watanuki K, Takahashi T, et al. Atrophy of the stria vascularis, a common cause for hearing loss [J]. *Laryngoscope*,1974, 84(10):1777-1821.

[10] Suga F, Lindsay JR. Histopathological observations of presbycusis [J]. *Ann Otol Rhinol Laryngol*,1976,85(2 pt. 1):169-184.

[11] Viana LM, O'Malley JT, Burgess BJ, et al. Cochlear neuropathy in human presbycusis: Confocal analysis of hidden hearing loss in post-mortem tissue[J]. *Hear Res*,2015,327:78-88.

[12] Wu PZ, Liberman LD, Bennett K, et al. Primary neural degeneration in the human cochlea: evidence for hidden hearing loss in the aging ear[J]. *Neuroscience*,2019,407:8-20.

[13] Bredberg G. Cellular pattern and nerve supply of the human organ of Corti[J]. *Acta Otolaryngol*,1968, Suppl 236:1+.

[14] Lang H, Jyothi V, Smythe NM, et al. Chronic reduction of endocochlear potential reduces auditory nerve activity: further confirmation of an animal model of metabolic presbycusis[J]. *J Assoc Res Otolaryngol*,2010,11(3):419-434.

[15] Keithley EM. Pathology and mechanisms of cochlear aging[J]. *J Neurosci Res*,2020,98(9):1674-1684.

[16] Kujawa SG, Liberman MC. Adding insult to injury: cochlear nerve degeneration after "temporary" noise-induced hearing loss[J]. *J Neurosci*,2009,29(45):14077-14085.

[17] Wang J, Yin S, Chen H, et al. Noise-induced cochlear synaptopathy and ribbon synapse regeneration: repair process and therapeutic target[J]. *Adv Exp Med Biol*,2019,1130:37-57.

[18] Kurata N, Schachern PA, Paparella MM, et al. Histopathologic evaluation of vascular findings in the cochlea in patients with presbycusis[J]. *JAMA Otolaryngol Head Neck Surg*, 2016,142(2):173-178.

[19] Suzuki T, Nomoto Y, Nakagawa T, et al. Age-dependent degeneration of the stria vascularis in human cochlea[J]. *Laryngoscope*, 2006,116(10):1846-1850.

[20] Dubno JR, Eckert MA, Lee FS, et al. Classifying human audiometric phenotypes of age-related hearing loss from animal models [J]. *J Assoc Res Otolaryngol*,2013,14(5):687-701.

[21] Betzel RF, Byrge L, He Y, et al. Changes in structural and functional connectivity among resting-state networks across the human lifespan[J]. *Neuroimage*,2014,102 Pt 2:345-357.

[22] Lockhart SN, DeCarli C. Structural imaging measures of brain aging[J]. *Neuropsychol Rev*,2014,24(3):271-289.

[23] Tun PA, Williams VA, Small BJ, et al. The effects of aging on auditory processing and cognition[J]. *Am J Audiol*,2012,21(2):344-350.

[24] Lewis MA, Nolan LS, Cadge BA, et al. Whole exome sequencing in adult-onset hearing loss reveals a high load of predicted pathogenic variants in known deafness-associated genes and identifies new candidate genes[J]. *BMC Med Genomics*,2018,11(1):77.

- [25] Van Laer L, Van Eyken E, Franssen E, et al. The grainyhead like 2 gene (GRHL2), alias TFCEP2L3, is associated with age-related hearing impairment [J]. *Hum Mol Genet*, 2008, 17(2): 159 - 169.
- [26] Huyghe JR, Van Laer L, Hendrickx JJ, et al. Genome-wide SNP-based linkage scan identifies a locus on 8q24 for an age-related hearing impairment trait [J]. *Am J Hum Genet*, 2008, 83(3): 401 - 407.
- [27] Vuckovic D, Mezzavilla M, Cocca M, et al. Whole-genome sequencing reveals new insights into age-related hearing loss: cumulative effects, pleiotropy and the role of selection [J]. *Eur J Hum Genet*, 2018, 26(8): 1167 - 1179.
- [28] Watson N, Ding B, Zhu X, et al. Chronic inflammation - inflammation - in the ageing cochlea: A novel target for future presbycusis therapy [J]. *Ageing Res Rev*, 2017, 40: 142 - 148.
- [29] Ding B, Walton JP, Zhu X, et al. Age-related changes in Na, K-ATPase expression, subunit isoform selection and assembly in the stria vascularis lateral wall of mouse cochlea [J]. *Hear Res*, 2018, 367: 59 - 73.
- [30] Fülöp T, Dupuis G, Witkowski JM, et al. The role of immunosenescence in the development of age-related diseases [J]. *Rev Invest Clin*, 2016, 68(2): 84 - 91.
- [31] Vincenti V, Plantone F, Ciavarrò G, et al. Cochlear implantation under local anesthesia and conscious sedation: an Italian experience [J]. *Eur Arch Otorhinolaryngol*, 2020. doi: 10.1007/s00405-020-06419-4. Online ahead of print.
- [32] 中华耳鼻咽喉头颈外科杂志编辑委员会, 中华医学会耳鼻咽喉头颈外科学分会, 中国残疾人康复协会听力语言康复专业委员会. 人工耳蜗植入工作指南(2013) [J]. *中国听力语言康复科学杂志*, 2014, 12(4): 263 - 269.
- [33] 吴宏, 冯永, 梅凌云, 等. 人工耳蜗在老年性聋患者中的应用 [J]. *中国耳鼻咽喉颅底外科杂志* 2020, 26(6): 626 - 630. (网络首发).
- [34] Chen DS, Clarrett DM, Li L, et al. Cochlear implantation in older adults: long-term analysis of complications and device survival in a consecutive series [J]. *Otol Neurotol*, 2013, 34(7): 1272 - 1277.
- [35] 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.
- [36] 刘军, 冀飞, 李万鑫. 重度 - 极重度感音性聋老年人人工耳蜗植入的初步探讨 [J]. *山东大学耳鼻咽喉眼学报*, 2017, 31(5): 10 - 15.
- [37] 刘攀, 王林娥. 老年语后聋患者人工耳蜗植入的现状与研究进展 [J]. *中国听力语言康复科学杂志*, 2018, 16(2): 99 - 103.
- [38] Imagawa N, Hirota E, Morino T, et al. Factors related to the satisfaction level of elderly hearing-impaired individuals with cochlear implants [J]. *Auris Nasus Larynx*, 2020, 47(5): 793 - 799.
- [39] Hey M, Neben N, Stover T, et al. Outcomes for a clinically representative cohort of hearing-impaired adults using the Nucleus (R) CI532 cochlear implant [J]. *Eur Arch Otorhinolaryngol*, 2020, 277(6): 1625 - 1635.
- [40] Jolink C, Helleman HW, van Spronsen E, et al. The long-term results of speech perception in elderly cochlear implant users [J]. *Cochlear Implants Int*, 2016, 17(3): 146 - 150.
- [41] Garcia-Iza L, Martinez Z, Ugarte A, et al. Cochlear implantation in the elderly: outcomes, long-term evolution, and predictive factors [J]. *Eur Arch Otorhinolaryngol*, 2018, 275(4): 913 - 922.
- [42] Buchman CA, Gifford RH, Haynes DS, et al. Unilateral cochlear implants for severe, profound, or moderate sloping to profound bilateral sensorineural hearing loss: A systematic review and consensus statements [J]. *JAMA Otolaryngol Head Neck Surg*, 2020. doi: 10.1001/jamaoto.2020.0998.
- [43] Leung J, Wang NY, Yeagle JD, et al. Predictive models for cochlear implantation in elderly candidates [J]. *Arch Otolaryngol Head Neck Surg*, 2005, 131(12): 1049 - 1054.
- [44] Makary CA, Shin J, Kujawa SG, et al. Age-related primary cochlear neuronal degeneration in human temporal bones [J]. *J Assoc Res Otolaryngol*, 2011, 12(6): 711 - 717.
- [45] Cardin V. Effects of aging and adult-onset hearing loss on cortical auditory regions [J]. *Front Neurosci*, 2016, 10: 199.
- [46] Postelmans JT, Cleffken B, Stokroos RJ. Post-operative complications of cochlear implantation in adults and children: five years' experience in Maastricht [J]. *J Laryngol Otol*, 2007, 121(4): 318 - 323.
- [47] Wong DJ, Moran M, O'Leary SJ. Outcomes after cochlear implantation in the very elderly [J]. *Otol Neurotol*, 2016, 37(1): 46 - 51.
- [48] Chen DS, Clarrett DM, Li L, et al. Cochlear implantation in older adults: long-term analysis of complications and device survival in a consecutive series [J]. *Otol Neurotol*, 2013, 34(7): 1272 - 1277.
- [49] Coelho DH, Yeh J, Kim JT, et al. Cochlear implantation is associated with minimal anesthetic risk in the elderly [J]. *Laryngoscope*, 2009, 119(2): 355 - 358.
- [50] Fu X, Sun X, Zhang L, et al. Tuberous sclerosis complex-mediated mTORC1 overactivation promotes age-related hearing loss [J]. *J Clin Invest*, 2018, 128(11): 4938 - 4955.

(收稿日期: 2020 - 10 - 01; 网络首发: 2020 - 12 - 23)

**本文引用格式:** 熊伟, 龚树生. 老年性聋人工耳蜗植入进展 [J]. *中国耳鼻咽喉颅底外科杂志*, 2020, 26(6): 603 - 608. DOI: 10.11798/j.issn.1007-1520.202006001

**Cite this article as:** XIONG Wei, GONG Shusheng. Progress of cochlear implantation in the elderly [J]. *Chin J Otorhinolaryngol Skull Base Surg*, 2020, 26(6): 603 - 608. DOI: 10.11798/j.issn.1007-1520.202006001