· 综述 ·

儿童单侧聋植入人工耳蜗术后听觉功能评估

王雪梅[1] 陈佳慧[2] 张睿[3] 吴琼[4] 樊孟耘[3] 史文迪[2] 楼高忠[1] 张青[4]

［摘要］ 单侧耳聋会导致儿童的言语识别率下降、语言发育迟缓、空间定位能力减退，对儿童的生活及学习产生多种不良影响。人工耳蜗植入可帮助患儿重建双耳听力，术后系统的听觉功能测评对临床医生掌握患儿听觉恢复情况尤为重要。本文综述了单侧聋患儿人工耳蜗植入术后多种常用的听觉功能测评方法，总结归纳了相关的研究结果和展望。

［关键词］ 儿童；单侧聋；耳蜗植入；听觉感知
DOI：10.13201/j.issn.2096-7993.2024.05.017
［中图分类号］ R764.43 ［文献标志码］ A

Assessment of auditory perception of children with single-sided deafness after cochlear implantation

WANG Xuemei[1] *CHEN Jiahui*[2] *ZHANG Rui*[3] *WU Qiong*[4] *FAN Mengyun*[3] *SHI Wendi*[2] *LOU Gaozhong*[1] *ZHANG Qing*[4]

([1]Department of Otorhinolaryngology, Hangzhou Children's Hospital, Hangzhou, 310014, China; [2]Hangzhou Ren'ai Deaf Rehabilitation Research Institute; [3]Department of Otolaryngology Head and Neck Surgery, Xi'an Children's Hospital; [4]Department of Otolaryngology Head and Neck Surgery, Xinhua Hospital, Shanghai Jiaotong University School of Medicine; Ear Institute, Shanghai Jiaotong University School of Medicine; Shanghai Key Laboratory of Otolarsal Disease Transformation)

Corresponding author: ZHANG Qing, E-mail: zhangqing03@xinhuamed.com.cn

Abstract Unilateral deafness will lead to the decline of children's speech recognition rate, language development retardation and spatial positioning ability, which will have many adverse effects on children's life and study. Cochlear implantation can help children rebuild binaural hearing, and systematic audiological evaluation after operation is particularly important for clinicians to evaluate the hearing recovery of children. In this study, a variety of commonly used audiological evaluation, testing processes and methods after cochlear implantation in children with unilateral deafness are described in detail, and the related research status and results are summarized.

Key words child; single-sided deafness; cochlear implant; auditory perception

单侧耳聋(single-sided deafness，SSD)是单侧听力损失的一种形式，表现为一侧耳有重度至极重度感音神经性听力损失，而对侧耳听力正常。在儿童和青少年人群中，单侧听力损失的发生率为每1 000名新生儿0.4～3.4人，并且在整个儿童时期呈上升趋势，SSD的发病率在每1 000名学龄儿童中有2.0～5.0人[1-3]。SSD对患儿的言语发育，学习和生活有着不同程度的社会和心理影响，由于缺乏只有双耳听觉才能产生的头影效应，双耳抑制效应和双耳整合效应等，SSD儿童常出现言语识别率差、空间定位能力下降及注意力易分散等问题[4-5]。目前对这些儿童的干预措施包括定期随访观察，信号对传式(contralateral routing of soud，CROS)助听器，及植入式骨导助听装置(bone conduction devices，BCD)等。但这些方案都不能恢复双耳听觉，并且在噪杂环境下会影响信噪比言语信号与噪声信号的差值(signal-to-noise ratio，SNR)[6-7]。人工耳蜗植入(cochlear implantation，CI)通过电脉冲直接刺激听觉神经来实现对大脑的听觉输入，可以

*基金项目：国家自然科学基金项目(No：81970891，82171137)；上海市科技计划项目(No：21S31900600)；上海申康医院发展中心研究型医师创新转化能力培训项目(No：SHDC2022CRD013)
[1]杭州市儿童医院耳鼻咽喉科(杭州，310014)
[2]杭州仁爱耳聋康复研究院
[3]西安市儿童医院耳鼻咽喉头颈外科
[4]上海交通大学医学院附属新华医院耳鼻咽喉头颈外科 上海交通大学医学院耳科学研究所 上海耳鼻疾病转化医学重点实验室
通信作者：张青，E-mail：zhangqing03@xinhuamed.com.cn

引用本文：王雪梅，陈佳慧，张睿，等. 儿童单侧聋植入人工耳蜗术后听觉功能评估[J]. 临床耳鼻咽喉头颈外科杂志，2024，38(5)：436-441. DOI：10.13201/j.issn.2096-7993.2024.05.017.

帮助听力减退尤其是先天耳聋患者重建听觉并促进言语感知、发声及语言能力发展。2019 年 7 月美国食品药品管理局首次批准 5 岁及以上 SSD 儿童的 CI 植入，越来越多的临床研究数据表明，CI 可以提高患儿安静及噪声情况下的言语识别能力，空间定位能力，对术后患儿及家长的主观感受也产生了积极的影响。同时，多维度的听力学检测对 SSD 患儿 CI 术后的疗效评估显得十分重要。

1　安静环境中的言语识别能力评估

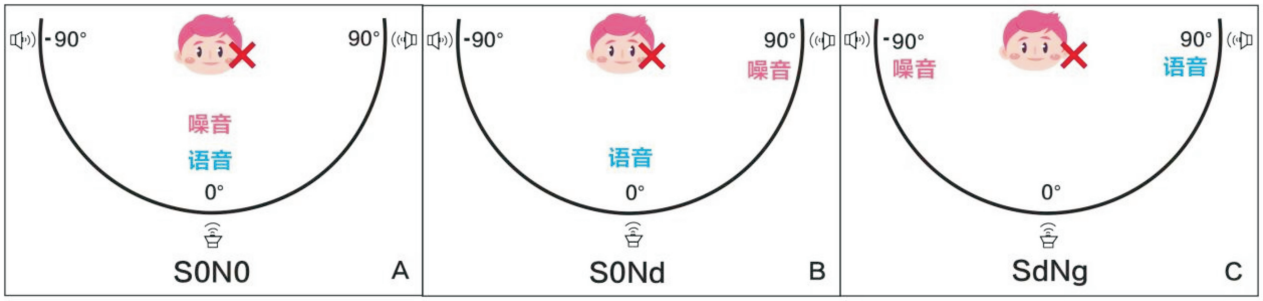
SSD 患儿 CI 植入术后在安静环境中进行言语识别能力评估时，因隔离声场中的声音刺激会同时到达人工耳蜗处理器和听力正常的健耳，为避免从健耳中听到的声音影响对植入耳的听力测试结果，通常采用适合儿童尺寸的耳塞或耳罩实施遮蔽，或使用双通道听力计用气导耳机给予足量噪音掩蔽[8-9]。言语测试材料的选择因患者年龄及测试听力中心的不同而略有差异，大部分研究采用的安静环境中测试方法包括儿童最基础言语测试组合（pediatric minimum speech test battery，PMSTB），早期语音感知测试（early speech perception，ESP），词汇相邻测试（lexical neighborhood test，LNT）、多音节词汇相邻测试（multisyllabic lexical neighborhood test，MLNT）和辅音-元音核-辅音（consonant-nucleus-consonant，CNC）单词测试等[10-14]。Rahne 等[15]在对 4 例 CI 的 SSD 患儿听力评估时分别记录在 125、500、1 000、1 500、2 000、3 000、4 000、6 000 和 8 000 Hz 频率范围内的气传导阈值，在 125、500、1 000、1 500、2 000、3 000、4 000 和 6 000 Hz 频率范围内的骨传导阈值，为了方便评估，计算 500、1 000、2 000 和 4 000 Hz 下气导和骨导纯音阈值（4PTA）的平均值，从而分别得到 $4PTA_{AC}$ 和 $4PTA_{BC}$，并使用 Freiburger 多音节或 Mainzer 单音节词测试在声场设置中患儿的语音感知能力，分别记录在术后第 1、3、6 和 12 个月时安静时的言语识别率（word recognition score，WRS），结果显示所有儿童的听觉功能在 CI 后均得到改善。6 项研究对 42 例儿童进行了在安静环境中植入耳的语音感知评估（对正常听力耳完全掩蔽后），使用了 6 种符合患儿年龄的句子测试和单音节或多音节单词测试：Arizona Biomedical Institute Sentence Test，Consonant-vowel nucleus-consonant word test，Freiburger Speech Test，Lexical Neighborhood Test，Mainzer speech perception test，The Northwestern University-Children's Perception of Speech，其中 34 例儿童（81.0%）的言语识别率从 CI 植入中获得了改善[15-20]。在一项包含 15 例接受 CI 的 SSD 儿童，16 例未接受 CI 的 SSD 儿童和 30 例听力正常儿童为对照组的病例对照研究中，研究者使用 Schlichting Expressive Language Test 中的单词语句测试儿童的词汇量，使用 Schlichting Expressive Language Test 中的句子测试评估儿童的语法，结果显示接受 CI 的 SSD 儿童在词汇量及语法方面与听力正常的同龄人一致。未接受 CI 的 SSD 儿童词汇量及语法分数低于植入组和听力正常组[21]。以上研究表明，CI 可以显著提高 SSD 患儿安静环境中的言语识别能力。

2　噪音环境下的言语识别率检测

尽管功能正常的单耳可以很好地辨别安静环境下的语音，但双耳听觉对于复杂聆听环境下的言语识别很重要。双耳听觉的功能优势可用以下 3 种机制来解释：头影效应、双耳抑制效应和双耳整合效应。头影效应发生在语音和噪声在空间上分离的日常聆听条件下，头部会产生声学阴影，使高频声音衰减约 20 dB，低频声音衰减 3～6 dB，导致到达双耳的言语声与噪声的 SNR 发生变化，且每只耳接受的信噪比不同。双耳听觉可通过听觉神经系统的调节，选择性地传入高信噪比侧耳的言语声信息，进而获得较好的言语识别能力[22]。双耳抑制效应，又称双耳静噪效应。当语音和噪声同时传入双耳时，经听觉中枢整合，会优先将语言信息呈递给声音传导通路，并对噪声的传输发挥抑制效应。静噪有助于将有意义的声音与背景噪音区分开来，并已有研究证明双耳抑制效应可将 SNR 降低 2～3 dB。但是，双耳抑制效应的客观优势是有限的，无头影效应明显[23]。双耳整合效应也是双耳听觉中枢处理的结果，当双耳接受相似声音信号时会发生声信号的放大，组合信号的高阶听觉处理可将感知响度提高约 3 dB，从而改善安静条件下的语音感知，并且在噪音环境中尤为显著[24]。

噪声环境下的言语识别率（speech-in-noise，SIN）已成为客观评估 SSD 患者 CI 术后“双耳效益”的关键措施。Little LINT 材料用于评估噪声中的语言感知，在自由场中以 55 dB SPL 的固定强度予以连续语音加权噪声。言语信号强度以 2 dB 为间距进行调整以确定言语接受阈（speech reception threshold，SRT）：儿童可以理解大约 50% 语音时的 SNR，并将最后 5 次试验的 SNR 与虚拟下一次试验的 SNR 取平均值记为 SRT。语音感知测试包括 3 个空间条件（图 1）：①在患者 0°方位角处共同定位语音和噪声（S0N0）；②在患者 0°方位角处定位语音和在患者 90°方位角处呈现噪声（S0Nd）；③在患者 90°方位角（患耳侧）定位语音和在患者 90°方位角（健耳侧）定位噪声（SdNg）。在整个测试过程中，患者以 0°方位角面对扬声器。对于每个空间条件，至少完成 2 个列表，一个列表包含 10 个单词，每个数字以随机顺序出现一次，然后计算每个空间条件的平均 SRT 加以量化和比

较[25-26]。8 项研究共评估了 49 例儿童在噪声中的言语感知，尽管不同研究使用的听力测听配置略有差别，但其所呈现的背景噪声均为 65 dB (A)，并且均测量了患儿在 0°方位角(S0N0)设置下对声音和噪声的感知情况，结果证明 49 例儿童中的 39 例(79.6%)在 CI 后对噪声中的言语感知有所改善[4,15,16,19-20,27-29]。Ehrmann-Mueller 等[28]评估了 7 例 3～16 岁接受 CI 的不同病因的 SSD 儿童。每个儿童均使用 HSM(hochmair、schulz 和 moser)测试植入后噪声环境下的语音识别情况，结果证明所有儿童在噪声环境下的言语识别率都有明显改善，患儿对术后效果表示满意并未有儿童在随访期间放弃使用人工耳蜗。



患儿坐在距扬声器 1 米远，以 0°方位角面对扬声器且双耳与扬声器处于同一水平。a：噪音定位于 0°方位角；b：噪音定位于 90°方位角(患耳侧)；c：噪音定位于 90°方位角(健耳侧)。本图参考 Arras 等[30]研究改制。

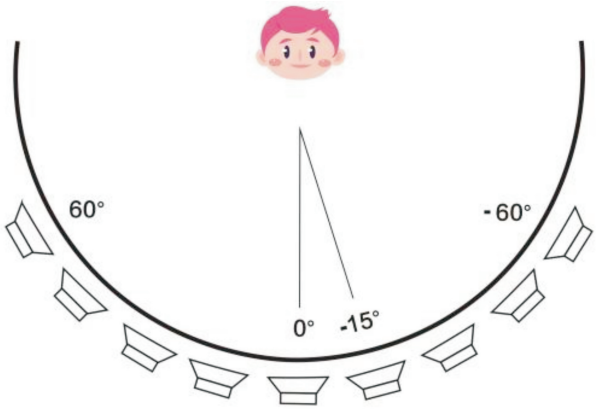
图 1 噪声测试中语音空间条件示意图

3 空间定位能力测评

人类的空间听觉和声源定位能力部分依赖于双耳信号输入的整合。当声源偏移到听者头部侧方时，头部会形成一道物理屏障使距离声源较远耳所感受到的声强降低，从而导致耳间强度差(interaural level differences ILD)；同样，声音到达离声源较远的耳朵需要更长的时间，从而出现耳间时间差(interaural time differences，ITD)。由于神经冲动与低频声音波形相位有高度锁向性，因而 ITD 产生的效应在低频声波中显著，而 ILD 在高频声波中效应更加显著[31-32]。患有 SSD 的儿童因为单耳听觉会出现声源空间定位能力的缺陷，会面临学业、认知、社交、情感、言语和语言问题的风险。

声源定位测试时患者坐在一个由 9 个扬声器组成的扬声器阵列中间，角度范围从－60°～60°，间隔为 15°(图 2)，患者以 0°方位角面向扬声器，一次从一个扬声器发出 1 s 的电话声音，声音刺激在 59～65 dB SPL 进行切换以避免使用声音级别作为定位提示。计算每个试验的刺激和响应角度(以°为单位)之间的绝对差值后取平均值记为平均绝对误差(mean absolute error，MAE，以°为单位)以量化每个患者的定位性能。这一检测方法比通常使用的定位声源与实际声源之间偏差角度的均方根(root mean square，RMS)作为观察指标更适合儿童测试[33]。

一项由 12 例接受 CI 的 SSD 患儿，9 例未接受 CI 的 SSD 患儿和 26 例听力正常的儿童组成的病例对照研究结果表明：SSD 幼儿的早期 CI 提高了他们在噪音中的言语理解能力和声源定位能力。接受 CI 的 SSD 儿童的 SRT 平均优势为 10.5 dB，优于未接受 CI 植入的对照组儿童。在声源定位方面，12 例接受 CI 的 SSD 儿童中有 5 例能够定位声源，与未植入的儿童比较，MAE 平均改善 11.7°。同时也发现如果接受检查的 SSD 患儿年龄过小，所得结果准确性会下降。在正常听力儿童组中也会有同样的现象发生。这种因为年龄过小理解不当所导致的定位失误会从 5 岁以后逐渐减少，此后的评估结果也会更加可靠[30]。另有多项研究表明，接受 CI 的 SSD 儿童空间定位能力有所提高，并随着佩戴 CI 时间的延长，患儿听力相关空间感觉也更加敏感和准确[4,15,20,26,34]。



由 9 个扬声器组成的方位角范围由－60°～60°，间隔 15°的声源定位阵列。以 0°方位角面对扬声器且双耳与扬声器处于同一水平。本图参考 Arras 等[30]研究改制。

图 2 声源定位测试设置示意图

4　患者及家长的主观感受评价

4.1　双耳听觉耦合感受

由家长、教师、语言病理学家或儿童完成的主观问卷可以提供 CI 术后相关功能水平和 SSD 潜在影响的有价值信息。这些问卷旨在捕捉孩子听觉技能发展的变化情况。言语、空间和听力质量(speech，spatial，and qualities of hearing，SSQ)问卷提供了一种获取有关患者如何在日常聆听环境中感知听功能信息的方法。SSQ 针对的听力功能依赖于完整的双耳听觉系统，是评估 SSD 患者干预效果的合适工具[35]。SSQ 的 3 个版本专门针对儿科人群进行了调整：儿童量表、父母量表和教师量表[36]。Brown 等[37]使用 SSQ 问卷测评了 20 例 SSD 患儿 CI 手术前和手术后双耳听觉耦合感受的改善情况，其中 19 例患儿在语言感知、空间定位和听力质量 3 个领域都有明显改善。此外，汉化简版 SSQ 听力量表(SSQ12)已被国内研究人员研发并运用于临床以验证汉化版量表的信效度和敏感度[38]。

4.2　生活质量评价

生活质量(quality of life，QoL)评价已被确定为衡量 CI 植入益处的重要工具。HEAR-QL-26 是 1 份包含 26 个项目的问卷，专为 7～12 岁的儿童设计，并在 3 个分量表中评估生活质量：在某些环境或情况下感知的听力困难、听力损失对社交或体育活动的影响，以及听力损失对孩子的感受的影响。HEAR-QL-28 是 1 份包含 28 个项目的问卷，专为 13～18 岁的青少年设计，并在 4 个分量表中评估生活质量：家庭和朋友、活动、学校和自身感受。HEAR-QL 的学龄前版本仍在开发中[39]。Umansky 等[40]通过对 35 例单侧听力减退儿童、45 例双侧听力减退儿童和 35 例听力正常儿童的病例对照研究中证明 HEAR-QL-26 可以准确区分听力减退儿童和正常听力儿童之间可能存在真正的差异，是一种有效、可靠且敏感的问卷用以评估听力减退对患儿生活质量的影响，进而帮助临床医生确定何时应该尝试干预以改善儿童的整体健康水平以及干预是否有益。

4.3　学习能力评估

与听力正常的同龄人比较，患有 SSD 的儿童会出现与双侧听力损失儿童类似的听觉疲劳从而影响患儿的学习能力。SSQ-Child Listening Effort 分量表已成功用于测量 SSD ＋ CI 儿童听觉努力的感知变化。Lopez 等[41]在对 16 例接受 CI 的单侧听力减退儿童进行听觉努力评估时证明该量表可显示 CI 术后 SSD 儿童的听觉努力明显减少。此外，研究人员仍在了解 CI 对 SSD 儿童学业成绩的影响，针对教育风险的筛选工具 SIFTER 是临床和研究环境中常用的工具。Bess 等[42]研究表明老师可以使用 SIFTER 量表评估听力损失儿童在课堂上与同龄儿童在学业、注意力、沟通、课堂参与和学校行为 5 个方面表现的差异并加以量化比较。

5　小结和展望

本文分别从安静环境和噪声环境中的言语识别能力评价、空间定位能力评价，以及患儿及家长的主观感受评价 4 个方面综述了 SSD 患儿 CI 术后听觉功能测评的方法和现有的研究结果。从已有的研究结果看，SSD 患儿 CI 在多个测评维度显示出听觉功能的提高。同时也要注意，已有的测评方法和手段在一定的范围内还有相对的局限性。首先，SSD 患儿 CI 的效果与耳聋持续时间、遗传病史、围产期疾病(巨细胞病毒、核黄疸、缺氧)以及内耳发育等诸多因素有关；其次，已有的听觉功能测评方法会受到儿童的年龄及配合程度、听力评估环境、听力师的临床经验、家庭经济条件、家长受教育水平等诸多因素的影响；此外，一些 SSD 患儿听觉功能测评方法还在不断研发和精进过程中，部分测评方法也还未出现相应的汉化版本。因此，在国内开发和研究适合于不同年龄段的，更具客观性、准确性和非侵入性的听觉功能测评技术对 SSD 儿童 CI 术后的听力学评价显得尤为重要。

利益冲突　所有作者均声明不存在利益冲突

参考文献

[1]　Eiserman WD，Hartel DM，Shisler L，et al. Using otoacoustic emissions to screen for hearing loss in early childhood care settings[J]. Int J Pediatr Otorhinolaryngol，2008，72(4)：475-482.

[2]　Watkin P，Baldwin M. The longitudinal follow up of a universal neonatal hearing screen：the implications for confirming deafness in childhood[J]. Int J Audiol，2012，51(7)：519-528.

[3]　Widen J E，Folsom RC，Cone-Wesson B，et al. Identification of neonatal hearing impairment：hearing status at 8 to 12 months corrected age using a visual reinforcement audiometry protocol[J]. Ear Hear，2000，21(5)：471-487.

[4]　Arndt S，Prosse S，Laszig R，et al. Cochlear implantation in children with single-sided deafness：does aetiology and duration of deafness matter? [J]. Audiol Neurootol，2015，20 Suppl 1：21-30.

[5]　Hassepass F，Aschendorff A，Wesarg T，et al. Unilateral deafness in children：audiologic and subjective assessment of hearing ability after cochlear implantation [J]. Otol Neurotol，2013，34(1)：53-60.

[6]　Lin LM，Bowditch S，Anderson MJ，et al. Amplification in the rehabilitation of unilateral deafness：speech in noise and directional hearing effects with bone-anchored hearing and contralateral routing of signal amplification[J]. Otol Neurotol，2006，27(2)：172-182.

[7]　Niparko JK，Cox KM，Lustig LR. Comparison of the

bone anchored hearing aid implantable hearing device with contralateral routing of offside signal amplification in the rehabilitation of unilateral deafness[J]. Otol Neurotol,2003,24(1):73-78.

[8] Park LR,Preston E,Noxon AS,et al. Comparison of test methods to assess the implanted ear alone for pediatric cochlear implant recipients with single-sided deafness[J]. Cochlear Implants Int,2021,22(5):283-290.

[9] Galvin JJ 3rd,Fu QJ,Wilkinson EP,et al. Benefits of Cochlear Implantation for Single-Sided Deafness:Data From the House Clinic-University of Southern California-University of California,Los Angeles Clinical Trial[J]. Ear Hear,2019,40(4):766-781.

[10] Uhler K,Warner-Czyz A,Gifford R,et al. Pediatric Minimum Speech Test Battery[J]. J Am Acad Audiol,2017,28(3):232-247.

[11] Peterson GE,Lehiste I. Revised CNC lists for auditory tests[J]. J Speech Hear Disord,1962,27:62-70.

[12] Spahr AJ,Dorman MF. Effects of minimum stimulation settings for the Med El Tempo+ speech processor on speech understanding[J]. Ear Hear,2005,26(4 Suppl):2S-6S.

[13] Kirk KI,Pisoni DB,Osberger MJ. Lexical effects on spoken word recognition by pediatric cochlear implant users[J]. Ear Hear,1995,16(5):470-481.

[14] Nilsson M,Soli SD,Sullivan JA. Development of the Hearing in Noise Test for the measurement of speech reception thresholds in quiet and in noise[J]. J Acoust Soc Am,1994,95(2):1085-1099.

[15] Rahne T,Plontke SK. Functional Results After Cochlear Implantation in Children and Adults With Single-sided Deafness[J]. Otol Neurotol,2016,37(9):e332-340.

[16] Deep NL,Gordon SA,Shapiro WH,et al. Cochlear Implantation in Children with Single-Sided Deafness [J]. Laryngoscope,2021,131(1):E271-E277.

[17] Beck RL,Aschendorff A,Hassepass F,et al. Cochlear Implantation in Children With Congenital Unilateral Deafness:A Case Series[J]. Otol Neurotol,2017,38(10):e570-e576.

[18] Ramos Macías Á, Borkoski-Barreiro SA, Falcón González JC,et al. Single-sided deafness and cochlear implantation in congenital and acquired hearing loss in children[J]. Clin Otolaryngol,2019,44(2):138-143.

[19] Tavora-Vieira D,Rajan GP. Cochlear implantation in children with congenital unilateral deafness:Mid-term follow-up outcomes[J]. Eur Ann Otorhinolaryngol Head Neck Dis,2016,133 Suppl 1:S12-S14.

[20] Zeitler DM,Sladen DP,DeJong MD,et al. Cochlear implantation for single-sided deafness in children and adolescents[J]. Int J Pediatr Otorhinolaryngol,2019,118:128-133.

[21] Arras T,Boudewyns A,Dhooge I,et al. Assessment of Receptive and Expressive Language Skills Among Young Children With Prelingual Single-Sided Deafness Managed With Early Cochlear Implantation[J]. JAMA Netw Open,2021,4(8):e2122591.

[22] Stern RM Jr,Colburn HS. Theory of binaural interaction based in auditory-nerve data. IV. A model for subjective lateral position[J]. J Acoust Soc Am,1978,64(1):127-140.

[23] Arndt S,Aschendorff A,Laszig R,et al. Comparison of pseudobinaural hearing to real binaural hearing rehabilitation after cochlear implantation in patients with unilateral deafness and tinnitus[J]. Otol Neurotol,2011,32(1):39-47.

[24] Brown KD,Balkany TJ. Benefits of bilateral cochlear implantation:a review[J]. Curr Opin Otolaryngol Head Neck Surg,2007,15(5):315-318.

[25] Buechner A,Brendel M,Lesinski-Schiedat A,et al. Cochlear implantation in unilateral deaf subjects associated with ipsilateral tinnitus[J]. Otol Neurotol,2010,31(9):1381-1385.

[26] Park LR,Dillon MT,Buss E,et al. Spatial Release From Masking in Pediatric Cochlear Implant Recipients With Single-Sided Deafness[J]. Am J Audiol,2021,30(2):443-451.

[27] Ramos Macias A, Borkoski-Barreiro SA, Falcon Gonzalez JC,et al. AHL,SSD and bimodal CI results in children[J]. Eur Ann Otorhinolaryngol Head Neck Dis,2016,133 Suppl 1:S15-20.

[28] Ehrmann-Mueller D,Kurz A,Kuehn H,et al. Usefulness of cochlear implantation in children with single sided deafness[J]. Int J Pediatr Otorhinolaryngol,2020,130:109808.

[29] Thomas JP,Neumann K,Dazert S,et al. Cochlear Implantation in Children With Congenital Single-Sided Deafness[J]. Otol Neurotol,2017,38(4):496-503.

[30] Arras T,Boudewyns A,Swinnen F,et al. Longitudinal auditory data of children with prelingual single-sided deafness managed with early cochlear implantation [J]. Sci Rep,2022,12(1):9376.

[31] Wie OB,Pripp AH,Tvete O. Unilateral deafness in adults:effects on communication and social interaction [J]. Ann Otol Rhinol Laryngol,2010,119(11):772-781.

[32] Noble W,Tyler R,Dunn C,et al. Hearing handicap ratings among different profiles of adult cochlear implant users[J]. Ear Hear,2008,29(1):112-120.

[33] Van Deun L,van Wieringen A,Van den Bogaert T,et al. Sound localization,sound lateralization,and binaural masking level differences in young children with normal hearing[J]. Ear Hear,2009,30(2):178-190.

[34] Sladen DP,Frisch CD,Carlson ML,et al. Cochlear implantation for single-sided deafness: A multicenter study[J]. Laryngoscope,2017,127(1):223-228.

[35] Gatehouse S,Noble W. The Speech,Spatial and Quali-

ties of Hearing Scale(SSQ)[J]. Int J Audiol，2004，43(2)：85-99.

[36] Galvin KL，Noble W. Adaptation of the speech，spatial，and qualities of hearing scale for use with children，parents，and teachers[J]. Cochlear Implants Int，2013，14(3)：135-141.

[37] Brown KD，Dillon MT，Park LR. Benefits of Cochlear Implantation in Childhood Unilateral Hearing Loss (CUHL Trial)[J]. Laryngoscope，2022，132 Suppl 6 (Suppl 6)：S1-S18.

[38] 孟令辉，欧华，李昌亚，等. 简版言语空间音质听力量表(SSQ12)汉化版本的信效度及敏感性分析[J]. 中华耳科学杂志 2021，19(4)：597-602.

[39] Griffin AM，Poissant SF，Freyman RL. Speech-in-Noise and Quality-of-Life Measures in School-Aged Children With Normal Hearing and With Unilateral Hearing Loss[J]. Ear Hear，2019，40(4)：887-904.

[40] Umansky AM，Jeffe DB，Lieu JE. The HEAR-QL：quality of life questionnaire for children with hearing loss[J]. J Am Acad Audiol，2011，22(10)：644-653.

[41] Lopez EM，Dillon MT，Park LR，et al. Influence of Cochlear Implant Use on Perceived Listening Effort in Adult and Pediatric Cases of Unilateral and Asymmetric Hearing Loss[J]. Otol Neurotol，2021，42(9)：e1234-e1241.

[42] Bess FH，Dodd-Murphy J，Parker RA. Children with minimal sensorineural hearing loss：prevalence，educational performance，and functional status[J]. Ear Hear，1998，19(5)：339-354.

（收稿日期：2023-02-12　修回日期：2023-03-06）

（上接第 435 页）

[8] 崔勇，王晓茜，傅敏，等. 180°翻滚试验在水平半规管良性阵发性位置性眩晕患侧判别中的作用[J]. 临床耳鼻咽喉头颈外科杂志，2014，28(19)：1492-1494.

[9] 邢娟丽，张婷，张姝，等. 快速轴位滚转试验对水平管良性阵发性位置性眩晕定位诊断的意义[J]. 临床耳鼻咽喉头颈外科杂志，2022，36(6)：419-422.

[10] 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. 良性阵发性位置性眩晕诊断和治疗指南(2017)[J]. 中华耳鼻咽喉头颈外科杂志，2017，52(3)：173-177.

[11] 单希征. 良性阵发性位置性眩晕复位治疗进展[J]. 中国医学文摘(耳鼻咽喉科学)，2008，23(5)：257-258.

[12] 孙勃，马丽涛，李娜，等. 前庭功能诊治系统 SRM-Ⅳ在良性阵发性位置性眩晕中的应用[J]. 中华耳科学杂志，2010，8(1)：83-85.

[13] 李婷，刘吉祥，毕巍，等. 水平半规管良性阵发性位置性眩晕的患侧定位方法与临床价值探讨[J]. 临床耳鼻咽喉头颈外科杂志，2017，31(8)：612-615.

[14] Ichijo H. Positional nystagmus of horizontal canalolithiasis[J]. Acta oto-laryngologica，2011，131(1)：46-51.

[15] Bhandari A，Bhandari R，Kingma H，et al. Modified Interpretations of the Supine Roll Test in Horizontal Canal BPPV Based on Simulations：：How the Initial Position of the Debris in the Canal and the Sequence of Testing Affects the Direction of the Nystagmus and the Diagnosis[J]. Frontiers in neurology，2022，13：881156.

[16] 吴翔，沈双，刘文龙，等. 人内耳半规管嵴顶时间常数的定量分析[J]. 医用生物力学，2022，37(5)：895-901.

[17] Rajguru SM，Ifediba MA，Rabbitt RD. Three-dimensional biomechanical model of benign paroxysmal positional vertigo[J]. Ann Biomed Eng，2004，32(6)：831-846.

[18] 邢娟丽，杨盼，任瑞，等. 体重指数对水平半规管良性阵发性位置性眩晕复位治疗效果的影响[J]. 临床耳鼻咽喉头颈外科杂志，2022，36(11)：869-871，874.

（收稿日期：2023-07-24　修回日期：2023-08-25）