

DOI:10.11798/j.issn.1007-1520.202525082

· 专家论坛 ·

# 先天性外中耳畸形的人工听觉植入

赵守琴, 王丹妮, 吕梦双

(首都医科大学附属北京同仁医院 耳鼻咽喉头颈外科, 北京 100730)



**专家简介** 赵守琴, 医学博士, 主任医师, 教授, 博士研究生导师。北京市东城区医学会耳鼻咽喉专业委员会主任委员, 北京中西医结合学会第六届耳鼻咽喉科专业委员会副主任委员, 中国中西医结合耳鼻咽喉科专业委员会耳力学与中耳植入专家委员会副主任委员, 中国医疗保健国际交流促进会人工听觉分会常委和听力学分会常委, 在国内外专业期刊发表论著 100 余篇。曾获中华医学科技奖二等奖和北京市科技进步二等奖及三等奖等奖项。

**摘要:** 对于先天性外中耳畸形(CMA)的患者, 同时存在着耳廓再造和听力重建两大临床难题。随着人工听觉植入设备的发展, 更多不能通过传统听力重建手术改善听力的患者选择人工听觉植入来改善听力。本文对先天性外中耳畸形患者行人工听觉植入的发展现状、相关人工听觉技术的特点进行阐述, 并对未来的研究方向进行展望。

**关键词:** 先天性外中耳畸形; 人工听觉植入; 声源定位能力

**中图分类号:** R764.9<sup>+</sup>3

## Artificial auditory implantation for congenital external and middle ear malformations

ZHAO Shouqin, WANG Danni, LYU Mengshuang

(Department of Otolaryngology Head and Neck Surgery, Beijing Tongren Hospital, Capital Medical University, Beijing 100730, China)

**Abstract:** For patients with congenital external and middle ear malformations, there exist two major clinical challenges: auricular reconstruction and hearing restoration. With the development of artificial auditory implant devices, an increasing number of patients who cannot improve their hearing through traditional hearing restoration surgery are opting for artificial auditory implants to enhance their hearing. This article elaborates on the current development of artificial auditory implants for patients with congenital external and middle ear malformations, the characteristics of related artificial auditory technologies, and looks forward to future research directions.

**Keywords:** Congenital external and middle ear malformations; Artificial auditory implantation; Sound localization ability

先天性外中耳畸形(congenital microtia-atresia, CMA), 又称小耳畸形, 在我国新生儿的发病率高达 3.06/10 000<sup>[1]</sup>。单侧耳畸形较为常见, 约占 3/4, 右侧耳受累多于左侧, 男性患者的比例高于女性。CMA 主要临床表现为出生后不同程度的耳廓结构畸形, 并伴有外耳道狭窄或外耳道骨性闭锁, 以及不

同程度的中耳结构畸形, 少数伴有内耳畸形。听力表现为不同程度的传导性或混合性听力损失, 90% 以上的患耳气骨导差达 50 ~ 60 dB HL。传统的听力重建方式是外耳道成形鼓室成形术, 有严格的手术适应证。对于外耳道闭锁患儿而言, 需颅中窝和颞颌关节位置正常, Jarhsdoerfer 评分 > 6 分, 8 分以

上术后效果更好<sup>[2]</sup>。术后听力改善远期效果受多种因素影响,如术后感染、瘢痕增生、远期外耳道再狭窄、鼓膜外侧愈合等<sup>[2-3]</sup>。若患者无法保持术腔日常清洁,或无法定期医院复查,均会影响患者术后的听力效果和生活质量<sup>[2,4]</sup>。随着人工听觉技术的发展,听觉植入设备开始被更多的耳科医生选择应用到 CMA 患者的听力重建中。植入前需要考虑患者的年龄、听力情况、颞骨发育程度,同时也应结合耳廓再造手术规划做整体设计。人工听觉植入的不同设备也存在差异,植入体的大小、厚度、植入位置均不同,需要术前结合患者的自身情况做出选择。本文将阐明目前应用于 CMA 部分人工植入设备的应用与发展,并针对不同畸形程度、侧别,对不同人工植入设备的选择,以及其疗效进行讨论、总结,供临床参考。

## 1 植入式骨传导助听装置 (bone conduction hearing device, BCHD)

由于 CMA 的听力学特点,以及传统听力重建方法的局限性,越来越多的患者选择通过植入式 BCHD 改善听力。根据植入术后皮肤是否完整分为穿皮式和经皮式 BCHD。经皮式 BCHD 可分为被动式和主动式两类。目前我国市场代表植入式 BCHD 的产品有:穿皮式的 Ponto (Oticon Medical, Copenhagen, Denmark),骨锚式助听装置 (bone anchored hearing aids, BAHA) 包括 BAHA-Connect (Cochlear, Melbourne, Australia);经皮被动式的 BAHA-Attract (Cochlear, Melbourne, Australia)、Sophono (Medtronic, Inc, United States);经皮主动式的骨桥 (MED-EL Corporation, Innsbruck, Austria)、Osia (Cochlear, Australia) 等。

### 1.1 BAHA

BAHA 于 1977 年问世,2010 年引进我国,是最先进入中国市场的植入式 BCHD,用于改善传导性、混合性听力损失。BAHA-Connect 作为一种穿皮式 BCHD,通过骨整合植入物直接振动颅骨,减少约 8~20 dB HL 皮肤衰减<sup>[5]</sup>。植入钛钉部分裸露,术后易发生局部皮肤破损、感染等炎症反应,以及植入体脱出、周围肉芽增生、骨融合不良等,患者常感到局部皮肤疼痛、麻木<sup>[5]</sup>,依从性差导致助听效果不佳。随后出现的 BAHA-Attract 是经皮被动式 BCHD,克服了皮瓣不完整所造成的并发症,在 CMA 患者中证实安全、有效<sup>[6]</sup>。为了减少术后皮肤并发症的发生,在 BAHA-Attract 系统植入手术方面,应

用垂直切口技术可作为替代 C 形切口的有效方法,术中减少组织创伤,为术后良好愈合和美观性奠定了基础<sup>[7]</sup>。对于进行耳廓再造的 CMA 患者,术前植入切口的制定要考虑到再造耳皮瓣的生长以及再造耳的美观性。但仍有报道 BAHA-Attract 植入后的皮肤并发症会随着植入时间的延长而增加<sup>[6]</sup>。术中确保带蒂皮瓣充分覆盖磁体边缘,以及术后充分抗感染治疗,会减少皮肤并发症的发生。另外在使用初期,可逐渐增加佩戴体外机的时间,使新皮瓣得到充分的适应和休息,以增加长期的依从性<sup>[6]</sup>。BAHA 系列体外音频处理器不断向自动化、个性化方向发展,适配范围和频率范围更优,能更有效地改善听力。在言语识别能力上,尤其在嘈杂环境中,BAHA 6 Max SP 体外处理器能显著增强患者对言语的接收和理解能力,有效地提升患者日常交流<sup>[8]</sup>。

### 1.2 骨桥

2012 年第一代骨桥问世,2016 年进入中国市场。骨桥由两部分组成:体外的音频处理器 (audio processor, AP),通过内外磁体与线圈的电磁感应,将声信号转化为可透过皮肤传递至体内植入体的磁信号;植入部分的骨传导漂浮质量传感器 (bone conduction floating mass transducer, BC-FMT) 直接固定于颅骨,接收信号产生振动<sup>[9]</sup>。传导性聋或混合性聋 (其纯音测听骨导阈值  $\leq 45$  dB HL),双耳骨导阈值差  $< 15$  dB HL,且无内耳畸形或中枢性听觉处理障碍的患者可考虑骨桥植入改善听力。近年来,众多研究团队对骨桥植入在 CMA 治疗中的应用进行了大量深入研究,包括最小植入年龄、植入位置的选择、植入技术的创新改进以及助听效果与安全性稳定性方面的研究等。植入 BC-FMT 的位置主要包括窦脑膜角、乙状窦后以及颅中窝 (即颞线上方)<sup>[9-10]</sup>。术前患者均需行高分辨率颞骨 CT,充分评估颞骨发育程度,同时建议术前通过基于颞骨 CT 的三维重建系统对植入部位进行细致规划,以减少手术时间和术中并发症。虽然窦脑膜角是骨桥植入最常见的位置,但对于耳廓再造术后、乳突开放术后或颞骨发育不良的患者,可选择乙状窦后位置进行植入,不仅可以保证术后听力效果,还可以避免耳廓再造术后的瘢痕区发生皮瓣并发症<sup>[11]</sup>。CMA 患者常伴有乳突发育不良、乙状窦前移、颞颌关节后位及颅中窝天盖低位等解剖学异常,第一代骨桥植入体 8.7 mm 的厚度对有效植入空间构成了挑战。在手术过程中,存在对硬脑膜和乙状窦的暴露及压迫的风险。为了减少不必要的并发症发生,可采用 Lifts 系统以

减少植入体压迫深度<sup>[9,12]</sup>。相关研究表明,术中使用 Lifts 系统后对硬脑膜产生轻度压迫,这并不会对骨桥的助听效果产生负面影响<sup>[12]</sup>。目前骨桥的植入年龄最小为 5 岁<sup>[13]</sup>,而骨桥的骨传导植入体(bone conduction implant, BCI) 602 厚度缩小至 4.5 mm,患者骨皮质厚度大于 1.5 mm 即可植入。这使得未来植入年龄将向更低龄发展。BCI 602 植入体通过增加了 2.4 mm 的直径以保证了对颅骨振动效率以及声学效果,多项研究报道使用骨桥的 BCI 602 自由声场测试听阈可降低 25 ~ 28 dB HL,在 8 kHz 的高频听阈处也有显著改善<sup>[9-13]</sup>。长期随访骨桥的安全性和助听效果都很稳定,但无论是单侧或是双侧 CMA 的患者,单侧骨桥植入后对患者声源定位能力的改善效果目前仍存在争议。最后,由于骨桥的植入不破坏皮肤的完整性,且植入体与颅骨皮质紧密固定,术后出现皮肤并发症以及植入体脱落、移位等情况甚少<sup>[9-13]</sup>。体外机通过磁力固定于头皮发挥作用,磁力的大小并不影响骨桥对声音的传导,过大的磁力反而可能刺激皮肤和软组织导致患者局部疼痛,需根据患者的舒适程度调整至合适的磁力大小。

### 1.3 Osia

Osia 系统(Cochlear, Australia)是一种主动式骨整合的 BCHD。2019 年首次提出的主动骨整合稳态植入系统(osseointegrated steady-state implant system, OSI),目前最新一代产品主要包括两部分:植入体为 OSI 200 和骨融合钉 BI 300,体外部分是 Osia 声音处理器<sup>[14]</sup>。Osia 适用于传导性或混合性听力损失骨气导差 > 30 dB HL 的患者,以及骨导听阈 < 55 dB HL 的患者;对于单侧聋的患者,需耳聋侧 > 90 dB HL,正常耳侧 < 20 dB HL。目前美国食品与药物管理局(food and drug administration, FDA)批准可植入年龄从 12 岁降低到 5 岁,而欧洲监察部(compliance, CE)表示与年龄无关,仅要求患者体重 > 7 kg 即可结合临床考虑植入<sup>[15]</sup>。Osia 系统应用的是数字压电换能器,相较应用电磁换能器的 BCHD,植入体积更小。而且 BI 300 骨融合钉仅需约 3 mm 或 4 mm 的植入深度,尤其适用于颅骨薄的儿童<sup>[15]</sup>,大大减少了 CMA 患者术中对硬脑膜的暴露和乙状窦的损伤而带来的风险<sup>[16]</sup>。同时主动经皮式 BCHD 保留了皮肤完整性,减少了术后植入部位感染的风险,皮肤并发症少见,仅有轻度皮肤反应<sup>[16]</sup>。Osia 植入前要求对皮瓣进行厚度测量,线圈区域皮瓣厚度 ≤ 9 mm<sup>[17]</sup>,以防止体外机固定不良。当皮瓣厚度 < 3 mm 时,术后初期使用非常低功率的

磁力,并用发夹固定以确保安全,来减少相应的皮肤并发症发生<sup>[16]</sup>。Osia 系统在听力改善方面已被证实具有显著的效果<sup>[14-18]</sup>,且相较于其他非植入式和植入式 BCHD,其在 10 kHz 的高频听阈改善可达 30 dB HL,在音乐感知和噪声环境中的语音辨别都具有明显优势<sup>[17]</sup>。目前有研究在局部麻醉的状态下成功进行了 Osia 系统的植入<sup>[18]</sup>,为无法耐受全麻手术的患者提供了改善听力的可能。但由于 Osia 系统的临床应用时间尚短,缺乏长期对助听效果以及声源定位能力的临床试验,且目前尚未允许进入中国大陆市场,Osia 系统对听力学方面的有效性仍需更深入的研究。

## 2 人工中耳

人工中耳主要是通过机械振动直接作用于中耳结构(如听骨链),将声音传递到内耳。最初的设计主要用于中度到重度感音神经性听力损失,以及部分传导性或混合性听力损失患者。由于 CMA 的患者存在不同程度中耳畸形,而人工中耳的助听有赖于正常的中耳结构,如听骨链(主要是镫骨或砧骨)、前庭窗等,所以临床中人工中耳相对较少应用于 CMA 患者<sup>[19]</sup>。目前临床上出现的人工中耳包括:部分植入的振动声桥(vibrate sound bridge, VSB)、Maxum 系统,全植入式 Carina 系统、Esteem 植入式助听装置等。而国内应用于 CMA 的主要是 VSB。

VSB 是目前唯一通过欧洲 CE、美国 FDA 及中国 FDA 认证的人工中耳<sup>[19]</sup>。VSB 为半植入式、电磁式人工听觉设备,主要作用部分为植入于中耳的漂浮质量传感器(floating mass transducer, FMT)。FMT 可以放置于镫骨、前庭窗、卵圆窗以及第三窗等。虽然 FMT 的最佳植入位置仍存在争议,但有证据支持将 FMT 放置于镫骨有利于听力改善<sup>[20]</sup>。随着 FMT 耦合技术的不断完善,部分听骨链畸形较重以及前庭窗闭锁的 CMA 患者,可以将 FMT 耦合在圆窗或第三窗改善听力<sup>[21]</sup>。长期随访发现, CMA 患者植入 VSB 未影响残余骨导听力且助听效果显著<sup>[19]</sup>。关于植入 VSB 的时机,不同于 BCI 对颅骨厚度有较严格的要求, VSB 可在早期先植入解决患者的听力问题(无需行耳廓再造者),也可以同耳廓再造术的最后一期同期完成或者待耳廓再造术完成后进行<sup>[22]</sup>。欧洲推荐 VSB 植入年龄为 ≥ 3 岁<sup>[23]</sup>,术前可以选择骨导助听器(bone conduction hearing aid, BCHA)改善听力。由于 VSB 手术植入部位在中耳,术后可出现耳部不适、面神经麻痹、味觉减退

等,甚至可能损伤内耳造成眩晕和感音神经性听力损失,术后还可能出现 FMT 固定或再移位,需要再次手术。

### 3 植入时机、侧别对 CMA 患者的影响及未来展望

考虑到耳廓再造术对残余耳及周围皮肤的完整性以及皮瓣的血供的要求,一般建议 BCHD 植入与耳廓再造术同期进行,或在耳廓再造术完成之后进行,以保证再造耳廓的皮瓣安全。当与耳廓再造术同期进行时,植入选择在耳廓再造最后一期术中进行。手术中需要关注耳廓后方的筋膜是否足够包裹再造耳的软骨支架以及植入体。分期植入时,需要更多关注植入体再造耳的美观,以及耳廓再造术区瘢痕对植入体的影响,减少植入手术皮瓣并发症。一般植入选择原手术切口进行,尽可能避免新增瘢痕。同时植入体位置的选择也是耳科医生关注的焦点,大多数先天性小耳畸形患者存在不同程度的颞骨发育不良,如乳突发育不良、乙状窦低位、颞颌关节后位、面神经畸形等。术前应对患者的颞骨有清晰的解剖认识,术中注意避免损伤乙状窦、硬脑膜、畸形面神经等重要组织。

双侧 CMA 患者行双侧助听的言语识别阈值较单侧助听效果更显著,言语识别能力和声源定位能力的改善也更强<sup>[24]</sup>。但考虑到患者家庭、经济等因素,且单侧植入可以满足患者的日常基本生活,多数双侧 CMA 患者选择单侧进行人工听觉植入,但在早期建议配戴双侧 BCHA<sup>[25]</sup>。而植入侧的选择,应对患者进行完善的听力学检查以及影像学检查,对于双侧 CMA 的患者,BCHD 应该选择听力、发育较差且符合植入条件侧进行植入<sup>[25]</sup>。

对于单侧 CMA 的患儿,由于一侧耳的听力正常,患侧耳表现为中重度的传导性听力损失,并不影响正常生活,往往在早期被家长们所忽视。在生长发育的早期,单侧的听觉剥夺以及双侧不对称的听觉刺激,使得大脑的听觉相关脑区功能存在重塑,甚至在视觉、躯体感觉、认知网络以及小脑区域均发生功能异常<sup>[26]</sup>,患者表现出不对称的听力损失,在噪声环境下言语辨别、交流和生活质量都会受到影响。且随着患儿的年龄增大,单耳听力对儿童的行为影响也越来越大<sup>[26]</sup>,因此需要强调对单侧 CMA 患儿的早期听力干预的重要性。在听觉感知方面,单侧 CMA 患者从 BCHD 和人工中耳中获益的观点已达成共识。理论上,由于骨传导的经颅衰减有限,BCHD 可能会给正常听力耳引入干扰性的听觉输入。这种效应被称为

交叉听力,但在临床中与人工中耳相比,BCHD 的交叉听力并不会影响双侧听力<sup>[21]</sup>。

人工听觉植入对 CMA 患者在声源定位方面的改善至今仍存在争议,一些研究报道无论是 BCHD 还是人工中耳都可以提高声源定位能力的准确性<sup>[27]</sup>。另有研究认为骨导听觉植入对单侧 CMA 患者水平声源定位能力没有提高甚至更差<sup>[28]</sup>。由于单侧 CMA 患者长期单侧听力剥夺造成的频谱形状线索和单耳头影效应,此时助听装置的引入均可能破坏这些听觉线索<sup>[29]</sup>。通过调查问卷评估患者主观的声源定位时,发现患者在助听后表现出比听力学测试中观察到的更明显的声音定位能力的改善<sup>[21]</sup>。有研究表明,在单侧耳聋患者中使用定位特异性方案进行训练后,声音定位的准确性得到了改善<sup>[29]</sup>。Agterberg 等<sup>[30]</sup>提出术后声源定位的获益可能取决于患者的术前声源定位能力。Sharma 等<sup>[31]</sup>通过检测大脑听皮层诱发电位的潜伏期来评估中枢听觉通路的成熟度,并确定听神经突触的可塑性峰值大致发生在 3.5 ~ 7 岁。所以我们推荐对单侧 CMA 患者尽早配戴 BCHA,进行听力干预,可能减少早期听力剥夺对大脑皮层的影响,也可以更大发挥后期 BCHD 的效果。

总而言之,随着人工听觉技术在 CMA 中的应用越来越广泛,植入式助听设备亦在不断优化,其发展方向涵盖全植入式、小型化、高效率、高可靠性、低功耗、MRI 兼容性以及个性化等诸多领域。在此进程中,诸如新一代 BAHA、骨桥、Osia 等创新产品的问世,进一步推动了该领域的技术革新。此外,粘贴式骨导助听装置 Adhere、弧形骨导助听装置 BAHA SoundArc、佩戴于牙齿上的 SoundBite 以及骨导眼镜等非植入式设备,在患儿早期听觉干预以及植入术前的效果评估中也发挥着重要作用。声音处理器的不断优化,逐步满足患者在日常生活和更多社交场景中的多样化需求。这些技术的融合与发展,为 CMA 患者的听力改善提供了更为完善且多元化的解决方案。

### 参考文献:

- [1] Deng K, Dai L, Yi L, et al. Epidemiologic characteristics and time trend in the prevalence of anotia and microtia in China[J]. Birth Defects Res A Clin Mol Teratol, 2016,106(2):88-94.
- [2] Jahrsdoerfer RA, Yeakley JW, Aguilar EA, et al. Grading system for the selection of patients with congenital aural atresia[J]. Am J Otol, 1992,13(1):6-12.
- [3] 赵守琴. 先天性外中耳畸形的听力重建策略[J]. 中华耳鼻咽喉

喉头颈外科杂志,2021,56(4):409-413.

- [4] 赵守琴,戴海江,韩德民,等. 先天性外中耳畸形耳廓再造与听力重建手术的远期疗效观察[J]. 中华耳鼻咽喉头颈外科杂志,2005,40(5):327-330.
- [5] Sassi TSDS, Bucuvic EC, Castiquini EAT, et al. High-frequency gain and maximum output effects on speech recognition in bone-conduction hearing devices: Blinded study[J]. Otol Neurotol, 2023,44(10):1045-1051.
- [6] Chen Y, Ren LJ, Gao N, et al. Long-term hearing performance and soft tissue outcomes of the Baha® Attract system in patients with bilateral congenital microtia in a single centre[J]. Clin Otolaryngol,2022,47(2):357-363.
- [7] Ślęzak A, Wróbel MJ. Modification of skin incision for Baha Attract System Implantations[J]. Otolaryngol Pol, 2024,78(3):1-5.
- [8] Zsófia Bere, Roland Nagy, Fiona Anna Molnar, et al. Comparison between Baha® 5 and the new Baha 6 Max sound processors; results among Baha attract users[J]. Speech Lang Hear, 2024:2304998.
- [9] Yang J, Chen P, Zhao C, et al. Audiological and subjective outcomes of 100 implanted transcutaneous bone conduction devices and preoperative bone conduction hearing aids in patients with bilateral microtia-atresia[J]. Acta Otolaryngol, 2020,140(8):675-681.
- [10] Chen P, Liu Y, Yang J, et al. A new active bone-conduction implant: surgical experiences and audiological outcomes in patients with bilateral congenital microtia[J]. Eur Arch Otorhinolaryngol, 2024,281(8):4039-4047.
- [11] Wang D, Ren R, Chen P, et al. Application of retrosigmoid sinus approach in Bonebridge implantation[J]. Acta Otolaryngol, 2021,141(2):129-134.
- [12] Yang J, Zhao C, Liu Y, et al. The effect of anatomical variables and use of the Lifts system on hearing outcomes after implantation of an active transcutaneous bone conduction device in bilateral congenital conductive hearing loss[J]. J Otolaryngol Head Neck Surg, 2020,49(1):57.
- [13] Bae SH, Jung Y, Jung J, et al. Clinical experience of using active transcutaneous bone conduction implants (Bonebridge) in children under 5 years old[J]. Clin Exp Otorhinolaryngol, 2022,15(2):194-196.
- [14] Mylanus EAM, Hua H, Wigren S, et al. Multicenter clinical investigation of a new active osseointegrated steady-state implant system[J]. Otol Neurotol, 2020,41(9):1249-1257.
- [15] Posta B, Perenyi A, Szabo L, et al. Response to the Letter to the Editor "Pediatric morphometric study to guide the optimized implantation of the Osia® 2 implant system"[J]. Eur Arch Otorhinolaryngol, 2022,279(12):5973-5974.
- [16] Bennett A, Tan JY, Ramzan U, et al. Clinical experience; Simultaneous bilateral Osia implantation in children with microtia[J]. Clin Otolaryngol, 2024,49(2):283-286.
- [17] Briggs R, Birman CS, Baulderstone N, et al. Clinical performance, safety, and patient-reported outcomes of an active osseointegrated steady-state implant system[J]. Otol Neurotol, 2022,43(7):827-834.
- [18] Posta B, Rovó L, Bere Z. How I do it: implantation of Osia® 2 system under local anesthesia[J]. Eur Arch Otorhinolaryngol, 2024,281(12):6717-6720.
- [19] Cadre B, Simon F, Célérier C, et al. Long-term outcomes of retrospective case series of middle ear implantation with Vibrant Soundbridge in children with congenital aural atresia[J]. Eur Arch Otorhinolaryngol, 2023,280(4):1629-1637.
- [20] Hüttenbrink KB, Beutner D, Bornitz M, et al. Clip vibroplasty: experimental evaluation and first clinical results[J]. Otol Neurotol, 2011,32(4):650-653.
- [21] Liu Y, Yang L, Wang Y, et al. Long-term safety and subjective satisfaction of Bonebridge and Vibrant Soundbridge in congenital unilateral conductive hearing loss[J]. Acta Otorhinolaryngol Ital, 2024,44(5):322-332.
- [22] 赵春丽,赵守琴,章庆国,等. 振动声桥置入与耳廓再造同期手术治疗先天性外中耳畸形[J]. 中华整形外科杂志,2019,35(3):248-253.
- [23] Frenzel H, Sprinzl G, Streiterberger C, et al. The vibrant soundbridge in children and adolescents: Preliminary european multicenter results[J]. Otol Neurotol, 2015,36(7):1216-1222.
- [24] Canale A, Urbanelli A, Gragnano M, et al. Comparison of active bone conduction hearing implant systems in unilateral and bilateral conductive or mixed hearing loss[J]. Brain Sci, 2023,13(8):1150.
- [25] 中华耳鼻咽喉头颈外科杂志编辑委员会. 先天性外中耳畸形患者骨传导助听器应用专家共识[J]. 中华耳鼻咽喉头颈外科杂志,2024,59(3):197-203.
- [26] Liu Q, Wang Y, Yang T, et al. Poor speech recognition, sound localization and reorganization of brain activity in children with unilateral microtia-atresia[J]. Brain Imaging Behav, 2022,16(1):78-90.
- [27] Battista RA, Mullins K, Wiet RM, et al. Sound localization in unilateral deafness with the Baha or TransEar device[J]. JAMA Otolaryngol Head Neck Surg, 2013,139(1):64-70.
- [28] Liu Y, Zhao C, Yang L, et al. Characteristics of sound localization in children with unilateral microtia and atresia and predictors of localization improvement when using a bone conduction device[J]. Front Neurosci, 2022,16:973735.
- [29] First JB, Reeder RM, Dwyer NY, et al. Localization training results in individuals with unilateral severe to profound hearing loss[J]. Hear Res, 2015,319,48-55.
- [30] Agterberg MJH, Hol MKS, Cremers CWRJ, et al. Conductive hearing loss and bone conduction devices: restored binaural hearing? [J]. Adv Otorhinolaryngol, 2011,71:84-91.
- [31] Sharma A, Dorman MF. Central auditory development in children with cochlear implants: clinical implications[J]. Adv Otorhinolaryngol, 2006,64:66-88.

(收稿日期:2025-02-24)

**本文引用格式:**赵守琴,王丹妮,吕梦双. 先天性外中耳畸形的人工听觉植入[J]. 中国耳鼻咽喉颌底外科杂志, 2025,31(2):1-5. DOI:10.11798/j. issn. 1007-1520.202525082

**Cite this article as:** ZHAO Shouqin, WANG Danni, LYU Mengshuang. Artificial auditory implantation for congenital external and middle ear malformations [J]. Chin J Otorhinolaryngol Skull Base Surg, 2025, 31 (2) : 1 - 5. DOI: 10. 11798/j. issn. 1007 - 1520. 202525082