

一体感自身式听力反应器的研究进展

邹佳霖 李明涛 牟国庆 王照乾 辛宁
青岛恒星科技学院, 中国·山东 青岛 266041

摘要: 一体感自身式听力反应器作为一种新兴的听力恢复技术, 近年来在国内外引起了广泛关注。论文通过系统回顾国内外相关研究, 阐述了一体感自身式听力反应器的原理、发展历程、临床应用现状以及面临的挑战与未来展望。目前, 该技术在提高听力损失患者言语识别能力、提高生活质量等方面显示出独特优势, 但仍存在技术瓶颈、成本高昂、患者适应性问题。未来, 随着科技的不断进步和多学科的交叉融合, 一体感自身式听力反应器有望在性能优化、个性化治疗、可及性等方面取得突破, 为听力损失患者带来更多福祉。

关键词: 一体感自身式听力反应器; 听力损失; 研究进展; 临床应用; 挑战

Research Progress on Integrated Self-type Hearing Reactor

Jialin Zou Mingtao Li Guoqing Mou Zhaoqian Wang Ning Xin
Qingdao Hengxing Institute of Technology, Qingdao, Shandong, 266041, China

Abstract: The integrated self-sensing hearing responder, as an emerging hearing restoration technology, has garnered significant attention both domestically and internationally in recent years. This paper systematically reviews relevant studies from around the world to elucidate the principles, development history, current clinical applications, challenges faced, and future prospects of the integrated self-sensing hearing responder. Currently, this technology demonstrates unique advantages in enhancing speech recognition abilities for patients with hearing loss and improving their quality of life. However, it still faces technical bottlenecks, high costs, and issues related to patient adaptation. In the future, with continuous technological advancements and interdisciplinary integration, the integrated self-sensing hearing responder is expected to achieve breakthroughs in performance optimization, personalized treatment, and accessibility, bringing more benefits to patients with hearing loss.

Keywords: integrated self type hearing reactor; hearing loss; research progress; clinical application; challenge

0 前言

听力损失是全球范围内常见的感官障碍之一, 严重影响患者的沟通能力、生活质量和社会参与度^[1]。据世界卫生组织(WHO) 2021 年报告^[2], 全球约有 4.3 亿人患有中度及以上程度的听力损失, 且这一数字预计到 2050 年将增至 7 亿。传统的听力恢复手段如助听器和人工耳蜗等虽在一定程度上改善了患者的听力状况, 但仍存在诸多局限性^[3]。一体感自身式听力反应器作为一种创新性的听力修复技术, 旨在通过模拟人体自然听觉通路, 为听力损失患者提供更接近生理状态的听觉体验^[4]。近年来, 该技术在国内外得到了快速发展和应用, 但在技术成熟度、临床推广、患者适应性等方面仍面临诸多挑战。

听力损失作为一种全球性健康问题, 其影响范围广泛且深远。听力损失的成因复杂多样, 包括遗传因素、年龄增长、噪声暴露、耳部疾病、药物毒性等。不同成因导致的听力损失在病理机制、临床表现和治疗策略上存在差异^[5]。例如, 遗传性听力损失多为感音神经性, 涉及耳蜗毛细胞或听觉神经的先天性缺陷; 老年性听力损失则与内耳毛细胞退化、听觉神经纤维减少等年龄相关变化有关; 噪声性听力损失是由于长期暴露于高强度噪声环境, 导致耳蜗毛细胞损

伤; 药物毒性听力损失则是某些药物(如氨基糖苷类抗生素)对内耳的毒性作用所致。

听力损失的程度通常分为轻度、中度、重度和极重度, 不同程度的听力损失对患者的生活影响各异^[6]。轻度听力损失患者在安静环境下能进行正常交流, 但在噪声环境中会感到困难; 中度听力损失患者在日常交流中需要依赖助听设备; 重度和极重度听力损失患者则可能完全丧失听力, 需要通过人工耳蜗等更高级的听力恢复手段或依赖唇读、手语等非听觉方式进行沟通^[7]。听力损失不仅影响患者的沟通能力, 还对其心理健康、认知功能、社会关系等方面产生负面影响。许多听力损失患者会出现孤独感、抑郁、焦虑等心理问题, 甚至导致认知能力下降, 增加患老年痴呆的风险^[8]。在儿童中, 听力损失会严重影响语言学习和认知发展, 进而影响其教育和就业机会。因此, 及时、有效的听力恢复对于改善患者的生活质量和社会功能至关重要。

目前, 临床上常用的听力恢复手段包括助听器和人工耳蜗等。助听器通过放大外界声音信号, 帮助患者更好地感知声音, 适用于轻度至中度听力损失患者。然而, 助听器在复杂环境下的效果有限, 如在嘈杂环境中, 放大背景噪声会干扰言语信号, 导致患者难以清晰地理解对话^[9]。此外, 助

听器对重度和极重度听力损失患者的帮助有限,无法满足他们对更高层次听力恢复的需求。

人工耳蜗是一种电子设备,通过绕过受损的内耳毛细胞,直接刺激听觉神经来恢复听力,适用于重度和极重度感音神经性听力损失患者^[10]。尽管人工耳蜗在一定程度上提高了患者的听力水平,但其声音处理和编码方式与人体自然听觉系统存在差异,导致患者感知到的声音质量与正常听力人群仍有差距。此外,人工耳蜗植入手术存在一定的风险和并发症,且设备成本高昂,限制了其在一些地区和人群中的应用。一体感自身式听力反应器作为一种创新性的听力修复技术,近年来逐渐进入人们的视野。它旨在通过模拟人体自然听觉通路,为听力损失患者提供更接近生理状态的听觉体验。该技术基于人体自身听觉系统的生理机制,通过特殊的传感器和信号处理技术,将外界声音信号转化为机械振动或电信号,直接刺激听觉神经或耳蜗内的毛细胞,从而绕过受损的听觉器官部分,实现声音的感知和传递。一体感自身式听力反应器的核心技术包括高灵敏度的声音采集与转换、精准的信号处理与编码、高效的神经刺激以及智能化的反馈调控等。通过安科迪 mantis 摄像头定向技术搭配杜克大学多项阵列 3D 成像及热成像技术对人物进行识别扫描以及信息传导。扫描后通过人机交互 HCI 指令传感器,对唇语以及手部形态、位移等进行持续采集,每隔一段时间完成一次系统建模形成一个模型信息的序列帧,再将这些信息序列转换为对应的指令。通过手部动作以及唇语识别,搭配反应器达到文字语音互转与共显,以此实现便捷助听。与传统听力恢复手段相比,一体感自身式听力反应器在声音处理的自然性、环境适应性以及患者舒适度等方面具有显著优势。

1 国内外研究现状

1.1 一体感自身式听力反应器的原理与技术特点

一体感自身式听力反应器基于人体自身听觉系统的生理机制,通过特殊的传感器和信号处理技术,将外界声音信号转化为机械振动或电信号,直接刺激听觉神经或耳蜗内的毛细胞,从而绕过受损的听觉器官部分,实现声音的感知和传递。其核心技术包括高灵敏度的声音采集与转换、精准的信号处理与编码、高效的神经刺激以及智能化的反馈调控等。例如,科利耳公司的 Kanso 2 一体式声音处理器采用了先进的 Forward Focus 技术,能够根据患者所处的环境自动调整声音信号的处理方式,提高患者在嘈杂环境中的言语识别能力。

1.2 国外研究进展与应用

在国外,一体感自身式听力反应器的研究和应用较为领先。以美国、澳大利亚、德国等国家为代表,众多科研机构和企业投入大量资源进行技术研发和临床试验。例如,美国的 Advanced Bionics 公司致力于开发高性能的人工耳蜗系统,其最新产品通过优化电极设计和信号处理算法,显著

提高了患者的听力效果和生活质量。澳大利亚的科利耳公司在一体感自身式听力反应器领域处于领先地位,其产品已在全球多个国家和地区广泛应用,并不断推出升级版本,如 Kanso 2 声音处理器在兼容性、智能化等方面有了显著提升。德国则在基础研究方面成果丰硕,科研人员深入探索了听力反应器与听觉神经之间的相互作用机制,为技术改进提供了理论支持。

在 SOS 危险感知系统方面:当前研究中对美国 Invacare、德国的 otto Bock、荷兰的 Permobil 等公司开发基于云平台技术的自动定位原理进行了深入了解。通过大数据云平台技术,能够通过听力感应器进行远程控制和监控,还可以将用户的健康数据上传到云端进行分析和处理。远程控制和健康数据分析功能,同时还可通过听力反应器数据回馈系统进行升级和维护。

杜克大学多项阵列智能系统以及 Mantis 安科迪技术运用:项目根据国际 Nature Photonics 的多相阵列智能系统 (MCAM) 得到了一种获取连续图像快照以观察大面积区域或测量 3D 信息的新方法。多项阵列系统组成的同步阵列捕捉高速 3D 空间视频,实现高达每秒 230 帧的成像速度。

1.3 中国研究与应用现状

中国在一体感自身式听力反应器领域的研究虽然起步相对较晚,但近年来也取得了长足进步,展现出蓬勃的发展态势。中国一些高校、科研机构和企业在技术研发、临床试验等方面开展了积极的探索,为该技术的本土化和进一步创新奠定了坚实基础。

在高校和科研机构层面,清华大学、上海交通大学等高校在相关领域的基础研究和技术创新方面取得了一定成果。这些高校凭借其强大的科研实力和多学科交叉优势,深入探索一体感自身式听力反应器的工作原理、信号处理算法、生物相容性材料等方面的关键问题。例如,清华大学的研究团队在听力反应器的微型化设计和高效能量转换技术上取得了突破,成功研发出具有自主知识产权的听力反应器原型机。该原型机不仅体积小,便于佩戴,而且在能量转换效率和信号处理精度上达到了国际先进水平,为听力损失患者提供了更加自然、清晰的听觉体验。

然而,与国外相比,中国在该领域的研究仍存在一些差距。首先,技术成熟度相对较低。国外经过几十年的发展,在听力反应器的核心技术如高灵敏度声音采集、精准信号处理与编码、高效神经刺激等方面已经形成了较为成熟的技术体系,而中国在这方面的技术积累尚显不足,部分关键技术仍依赖进口或合作研发。其次,临床数据积累不足。临床试验数据对于听力反应器的研发和优化至关重要,国外通过大量的临床试验积累了丰富的数据,能够为设备的改进和个性化治疗方案的制定提供有力支持。而中国的临床试验起步晚,样本量相对较小,数据的完整性和系统性有待提高。最后,产品市场占有率有限。目前,国际上的听力反应器市场

主要被少数几家国外企业垄断,中国自主研发的产品在市场上的份额较小,品牌知名度和市场竞争力有待提升。中国在一体感自身式听力反应器领域的研究虽然取得了一定进展,但仍面临诸多挑战。未来,需要进一步加大科研投入,加强产学研合作,提高技术创新能力,积累更多的临床数据,推动中国听力反应器产业的快速发展,缩小与国外的差距,为听力损失患者提供更加优质、可及的听力恢复解决方案。

2 挑战与展望

2.1 面临的挑战

尽管一体感自身式听力反应器在听力恢复领域展现出巨大潜力,但在实际应用中仍面临诸多挑战。首先,技术瓶颈是制约其进一步发展的关键因素之一。例如,如何提高声音信号的采集与转换精度、优化信号处理算法以适应复杂环境、降低设备功耗和体积等,都是亟待解决的问题。其次,成本高昂是限制其广泛应用的重要因素。目前,一体感自身式听力反应器的研发、生产和维护成本较高,导致设备价格昂贵,许多患者难以承受。最后,患者的适应性问题也不容忽视。由于个体差异,部分患者在使用过程中可能出现不适感、听力效果不理想等情况,需要进一步优化设备的个性化适配技术。

2.2 未来展望

随着科技的不断进步和多学科的交叉融合,一体感自身式听力反应器有望在未来取得突破性进展。在技术研发方面,借助纳米技术、人工智能、生物医学工程等前沿科技,有望进一步提升设备的性能和智能化水平。例如,通过纳米材料的应用,可以提高传感器的灵敏度和稳定性;利用人工智能算法,实现对声音信号的自适应处理和个性化优化。在临床应用方面,随着临床试验的不断深入和数据的积累,将为设备的优化和临床指南的制定提供更有力的依据。同时,政府和社会各界的支持也将推动该技术的普及和可及性,通过医保政策的调整、公益项目的开展等,降低患者的经济负担,使更多听力损失患者受益。

综上所述,一体感自身式听力反应器作为一种具有创新性的听力恢复技术,在国内外已取得了一定的研究成果和临床应用经验。然而,仍需面对技术、成本、患者适应性等

多方面的挑战。未来,通过持续的技术创新、多学科合作以及政策支持,一体感自身式听力反应器有望在性能优化、个性化治疗、可及性等方面取得突破,为听力损失患者带来更加光明的听觉未来。

参考文献:

- [1] 刘萍,陈婧媛,陈彪,等.单侧聋及不对称听力损失患者人工耳蜗植入术后主观满意度研究[J].中国听力语言康复科学杂志,2025,23(2):154-160.
- [2] 王铭点,李原.人工耳蜗在脑白质改变合并听力损失儿童中的应用现状[J].中国听力语言康复科学杂志,2025,23(2):180-184.
- [3] 张晓,杨扬,刘薇,等.双侧蜗神经发育不良患儿人工耳蜗植入后听觉言语康复效果及影响因素分析[J/OL].听力学及言语疾病杂志,1-4.
- [4] 陈婧媛,刘萍,陈彪,等.单侧聋人工耳蜗使用者在空间竞争性言语噪声中的言语识别[J/OL].听力学及言语疾病杂志,1-6.
- [5] 杨仕明,李佳楠.机器人人工耳蜗植入手术[J/OL].中华耳科学杂志,1-2.
- [6] 张晓丹,龚静,李亚敏,等.关注人工耳蜗患儿父母家庭弹性的中介作用[J].中华耳科学杂志,2025,23(1):33-37.
- [7] 魏璐璐,吉文伟,尹中普,等.糖皮质激素联合 α -糜蛋白酶对鼻咽癌放疗后化脓性中耳炎患者听力水平及炎症因子的影响[J].中国临床医生杂志,2025,53(1):60-64.
- [8] 雷之涣.鼓室成形术联合开放式乳突根治术治疗慢性中耳炎的效果及对患者听力变化的影响[J].医学信息,2024,37(24):73-76.
- [9] 钱俊俊,汪旭,顾小霞.耳内镜下微创鼓室成形术对中耳胆脂瘤患者听力恢复情况的影响[J].哈尔滨医科大学学报,2024,58(4):421-425.
- [10] 周军华.耳内镜与显微镜辅助下鼓室成形术治疗慢性化脓性中耳炎对患者听力恢复的影响[J].中国医学创新,2024,21(22):59-62.

作者简介: 邹佳霖(2005-),男,中国四川眉山人,本科,从事听觉功能与神经认知功能变化之间的关联研究。

课题项目: 言犹在耳—一体感自身式听力反应器(项目编号: S202413015013)。