

临床听力学

CLINICAL AUDIOLOGY

姜泗长 顾 瑞 主编

北京医科大学中国协和医科大学联合出版社

临床听力学

CLINICAL AUDIOLOGY

姜泗长 顾 瑞 主编

北京医科大学
中国协和医科大学 联合出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

临床听力学/姜泗长, 顾瑞主编, - 北京: 北京医科大学中国协和医科大学联合出版社, 1999

ISBN 7-81034-956-2

I. 临… II. ①姜…②顾… III. 临床医学: 听力学-医学院校-教学参考资料 IV. R339.16

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (1999) 第 05249 号

内 容 简 介

本书第一部分讨论听力学的范围、发展史及其与耳科学等临床医学的关系。第二部分介绍与听力学有关的声学基础知识和听觉生理。第三部分对现代测听技术及其临床意义作了较详细的叙述。第四部分以噪声性听力损失、老年性聋、中枢听功能障碍、言语-语言功能障碍、学习障碍等为例, 阐述测听结果的分析 and 听力康复的基础知识。第五部分介绍助听技术的基础知识和助听器的选配等问题。

本书可作为听力学专业人员的基本参考书, 并可供耳科、神经科、儿科、心身医学、劳动卫生学等有关医师、科技人员参考。

临床听力学

主 编: 姜泗长 顾 瑞
责任编辑: 张忠丽 王庆然

出版发行: 北京医科大学 联合出版社
中国协和医科大学
(北京东单三条九号 邮编 100730 电话 65228583)

经 销: 新华书店总店北京发行所
印 刷: 北京市迪鑫印刷厂

开 本: 787×1092 毫米 1/16 开
印 张: 34.5
字 数: 842 千字
彩 页: 2
版 次: 1999 年 5 月第一版 1999 年 5 月北京第一次印刷
印 数: 1—5000
定 价: 60.00 元

ISBN 7-81034-956-2/R·954

(凡购本书, 如有缺页、倒页、脱页及其它质量问题, 由本社发行部调换)

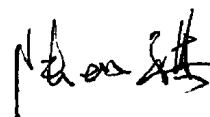
编 著 者

(按编写章节先后次序排列)

- 姜泗长 中国工程院资深院士
中国人民解放军耳鼻咽喉科研究所 所长 教授
中华医学会耳鼻咽喉科学会名誉主任委员
《中华耳鼻咽喉科杂志》名誉主编
- 裴宏恩 海军总医院耳鼻咽喉科 主任医师
- 陈洪文 中国人民解放军耳鼻咽喉科研究所 高级工程师
- 胡 岢 中国聋儿康复中心 教授
- 顾 瑞 中国人民解放军总医院耳鼻咽喉科 教授
《中华耳鼻咽喉科杂志》顾问
《听力学和言语疾病杂志》主编
- 陈 新 解放军总医院耳鼻咽喉科 主任医师
- 李兴启 中国人民解放军耳鼻咽喉科研究所 副所长 研究员
- 石勇兵 中国人民解放军总医院耳鼻咽喉科 副主任医师
- 郑杰夫 中国人民解放军总医院耳鼻咽喉科 主治医师
- 顾之平 北京医科大学第附属医院耳鼻咽喉科 教授 主任医师
- 杨伟炎 中国人民解放军总医院耳鼻咽喉科 主任 主任医师
中国人民解放军耳鼻咽喉科研究所 副所长 教授
- 郝 昕 中国人民解放军耳鼻咽喉科研究所 助理研究员

序 言

听力学是一门研究听觉生理、病理，对听觉障碍诊断处理的独立学科。听觉障碍是主要的致残性疾患之一。随着人民生活水平的改善、平均寿命延长，听力问题已成为人们所关注的健康和生活质量中的重要方面。听觉障碍不仅涉及耳科疾病，也涉及言语-语言障碍、学习障碍；听功能检查不只是为了评价听敏度和诊断耳疾，在神经系统疾患、中枢听处理障碍和一些其它系统疾患的诊断中也占重要地位。听觉障碍不仅影响交流，而且可导致心理障碍，且涉及社会问题。听力康复不同于用药物、手术等医疗手段治疗耳疾，而是涉及声学、电子技术、计算机技术、教育学、心理学和社会学等多学科的综合应用。有关听功能的生理病理和诊断处理的科学技术发展十分迅速，国外听力学已成为一个独立的专业学科，一些高等学府设置了培养听力学科学技术人员的专业，并要求从事听力学专业的人员取得硕士或博士学位及上岗执照。我国各级医疗单位、听力康复单位、劳动卫生部门已有大量专职或兼职从事听力学工作的人员，姜泗长教授等编著的《临床听力学》，结合国内近20年来听力学的临床实践体会，吸收国外在听力学方面的新进展，为我国听力学工作者提供了一本较完善的基础参考书。这本《临床听力学》的出版定将对听力学在我国的发展起积极的推动作用。



导 论

人耳能听取和辨别自然界各种声源发出的不同性质与强弱的声音。声音经过外耳及中耳传音系统到达内耳，再通过中枢听觉神经径路到达大脑皮层，经综合分析后，觉察、辨别并理解出各种声音的内容，称之为听觉功能。若此系统遭受损害，即可引起听觉障碍，使听力减退，病人听不清声音或不能理解其内容。听力减退的性质与程度可有所不同，临床上统称为耳聋。

人耳能听到的声音频率为 20 ~ 20 000Hz，儿童可听到 24 000Hz 左右，言语频率区在 500 ~ 3 000Hz 之间，人对言语的识别力与纯音听力可不一致。有时纯音测听的结果表示听力减退不多，但听不懂言语，即闻声不解其意。有时纯音测听显示 3 000Hz 以上频率损失较重，而其以下频率听力损失很轻或接近正常，对聆听普通谈话无何影响。因此，耳聋性质、病变部位与程度常需通过各种主、客观听力测验始能明确之。

耳聋的程度因耳部病变部位及性质不同而有所差异。幼童由于耳发育不全或某些疾病引起聋者，无法学习言语，可致聋哑。成人重度耳聋听不到外界声音，与对方谈话只能见其口动；对方大声喊叫，病人或可听到，但常误解谈话内容，或只能闻声而不了解其内容。全聋病人对各种强度声音均听不到，常可引起误会与矛盾，影响病人的学习、工作及生活，病人极感痛苦。日久使病人精神上受到创伤，以致发生忧郁，苦恼或急躁等情绪波动。因而防聋治聋为耳科领域内重要的课题。国内文献有关发病统计的资料中，耳科病人一般占全部耳鼻喉科门诊人数的 30% ~ 40%，其中除少数外耳疾病外，均诉有听力减退。

近 20 年来由于耳科学及听力学迅速发展，可以早期而准确地对听觉功能障碍的病人作出明确的诊断。已往某些原因不明的耳聋，现已逐渐了解其发病的原因，如对许多药物中毒引起的耳聋、蜗后性聋、遗传性聋、噪声听力损失等。电子工业的发展及设备的完善，推动了许多检查技术的发展，听力计、声导纳计、电反应测听仪器等增加了诊断的灵敏度。因此，耳科工作者应该充分利用各种检查技术，尽早发现病人的听力损失，明确其性质，病变部位及程度，给予治疗；并对如何利用残余听力，对小儿耳聋进行言语训练。耳科医师应具有足够的听力学知识，以期更好地解决耳聋的防治措施。

临床听力学范围

临床听力学 (clinical audiology) 的主要内容为检查评估听觉障碍，诊断病变部位和进行听力康复，从听力学所服务的对象和服务的主要内容，又可分为诊断听力学 (diagnostic audiology)、康复听力学 (rehabilitation audiology)、教育听力学 (educational audiology)、工业听力学 (industrial audiology)、儿童听力学 (pediatric audiology) 和法医听力学 (forensic audiology) 等。

目 录

导 论	(1)
第一章 听力学历史和现状	(1)
第二章 听力学和耳科学	(9)
第三章 声学基础知识	(28)
第一节 声音的产生与传播	(28)
第二节 听力学常用的几种声信号	(33)
第三节 声学测量与分析	(39)
第四节 声阻抗的物理概念	(51)
第五节 听力计	(58)
第六节 听力计校准	(68)
第七节 隔声室	(75)
第四章 临床听觉生理	(81)
第一节 与听力学有关的声学概念	(81)
第二节 外耳与中耳生理	(85)
第三节 骨导机制	(90)
第四节 耳蜗的结构	(91)
第五节 内耳淋巴液的理化性质	(96)
第六节 听觉的耳蜗机制	(99)
第七节 听觉机制研究的分子生物学进展——毛细胞及其静纤毛 的蛋白质结构	(103)
第八节 听觉神经系统生理	(106)
第九节 与感音神经性听觉障碍有关的几个问题	(111)
第五章 纯音听阈测定	(119)
第一节 测听的基本要求	(120)
第二节 纯音气导听阈测定	(124)
第三节 掩蔽	(126)
第四节 骨导纯音听阈测定	(132)
第五节 用扫频听力计测听阈	(134)
第六节 筛选测听和声场测听	(135)
第七节 听阈测定结果及其记录和分析	(137)
第八节 高频测听	(143)
第六章 耳蜗性及蜗后病变测听法	(146)
第一节 双耳交替响度平衡试验	(146)
第二节 短增量敏感指数测定	(152)

第三节	音衰试验·····	(156)
第四节	自描听力计测听法·····	(162)
第五节	短音测听 (brief tone audiometry, BTA) ·····	(169)
第七章	言语测听·····	(171)
第一节	言语测听材料·····	(171)
第二节	言语测听的环境和准备·····	(173)
第三节	言语听阈 (speech thresholds) ·····	(173)
第四节	言语识别率检查·····	(175)
第五节	在竞争声下的言语识别检查·····	(179)
第六节	言语听力图和言语识别率检查的临床应用·····	(181)
〔附〕	汉语言语测听词表举例·····	(183)
第八章	声导抗测试·····	(191)
第一节	声阻抗与声导纳·····	(191)
第二节	鼓室声导纳测试·····	(197)
第三节	鼓室肌反射·····	(219)
第四节	咽鼓管功能检查·····	(224)
第五节	中耳肌反射测试的临床应用·····	(225)
第六节	导抗测试在婴幼儿中的应用·····	(229)
第九章	听诱发电位的临床应用·····	(233)
第一节	电反应测听 (ERA) 发展概况 ·····	(233)
第二节	听诱发电位的基本原理·····	(235)
第三节	听诱发电位的检查记录·····	(249)
第四节	耳蜗电图 (ECochG) 及其临床应用 ·····	(264)
第五节	听性脑干反应 (ABR) 及其临床应用·····	(274)
第六节	中期肌源性 (声动) 反应及其临床应用·····	(292)
第七节	听性中潜伏期反应 (auditory middle latency response, AMLR) ·····	(293)
第八节	40Hz 相关电位 (AERP) 及其临床应用·····	(295)
第九节	听性长潜伏期反应·····	(299)
第十节	小结——ERA 的主要应用范围 ·····	(304)
第十章	耳声发射·····	(306)
第一节	耳声发射的基本概念·····	(306)
第二节	耳声发射的机理及意义·····	(309)
第三节	瞬态声诱发耳声发射 (TEOAE) ·····	(315)
第四节	畸变产物耳声发射 (DPOAE) ·····	(326)
第五节	自发性耳声发射 (SOAE) ·····	(337)
第六节	刺激频率耳声发射 (SFOAE) 和电诱发耳声发射 (EEOAE) ·····	(339)
第七节	耳声发射的应用·····	(341)
第八节	OAE 的研究及应用前景 ·····	(342)
第十一章	中枢听功能检查·····	(348)

第一节	用非言语信号测试·····	(351)
第二节	用言语信号测试·····	(357)
第三节	用语句作中枢听觉功能检查·····	(372)
第四节	中枢听觉神经系统病变的测试结果·····	(375)
第十二章	小儿听力评估和测试·····	(379)
第一节	不同年龄儿童对声刺激的反应能力·····	(379)
第二节	新生儿听力筛选·····	(380)
第三节	婴幼儿(0~6岁)行为测听·····	(382)
第四节	言语测试·····	(385)
第五节	客观听功能测试·····	(386)
第十三章	测听结果分析与听觉障碍处理·····	(392)
第一节	测听结果分析·····	(392)
第二节	职业噪声性听力损失·····	(393)
第三节	老年性聋·····	(398)
第四节	中枢性听觉障碍·····	(399)
第五节	非器质性听力障碍·····	(400)
第六节	听力康复·····	(407)
第十四章	听觉障碍和言语-语言障碍·····	(414)
第一节	概述·····	(414)
第二节	听处理和听处理病·····	(415)
第三节	发育性疾病·····	(421)
第四节	学习障碍的学生·····	(424)
第五节	教育听力学·····	(425)
第十五章	耳鸣的测试·····	(431)
第十六章	助听器·····	(440)
第一节	助听器的发展历史·····	(440)
第二节	助听器的分类·····	(443)
第三节	助听器的工作原理·····	(446)
第四节	助听器的主要技术指标·····	(457)
第五节	压缩放大式助听器·····	(464)
第六节	耳模及其声学特性·····	(484)
第七节	助听器选配用处方公式·····	(498)
第八节	真耳分析及介入增益·····	(510)
第九节	选配助听器的步骤及助听器效果评估·····	(515)
第十节	堵耳效应与深耳道式助听器·····	(520)
第十一节	K-Amp 电路助听器·····	(523)
第十二节	可编程助听器·····	(526)
第十三节	助听器选配中的社会医疗及心理问题·····	(528)

第一章 听力学的历史和现状

听力学是研究生理、病理状态下听觉功能的一门科学。人的听觉器官的解剖结构极为精密，听觉生理亦很复杂，引起的听力减退的原因和机理多种多样。听觉障碍的处理也在不断地完善。研究听觉生理、病理过程必须具有基础学科及某些边缘学科等多方面的知识。听力学是在许多学科发展的基础上，应人类对解决听觉障碍的困扰的需要而发展形成的一门独立学科，许多学科与听力学有着密切与重叠的关系（图 1-1）。随着科学技术的发展。例如生物物理学、电生理学、显微解剖学及超微量生物化学测定技术、电子工业等等的发展，听力学也在不断地进步。

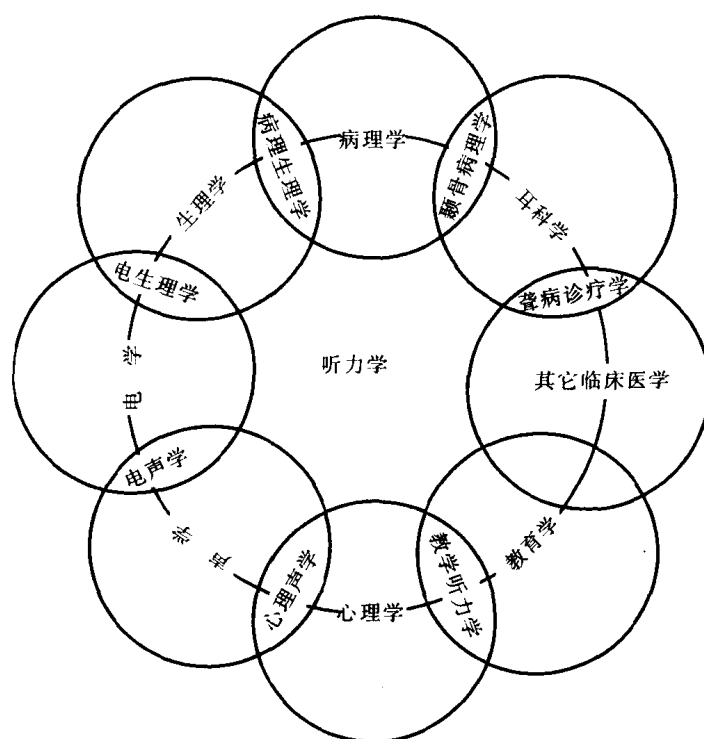


图 1-1 听力学与相邻学科的关系示意图

第二次世界大战以后，欧美一些科学技术比较发达的国家都建立了听力学中心，并有实验听力学（experimental audiology）和临床听力学（clinical audiology）两大支。实验听力学研究听觉生理和听觉病理、以及听觉心理。其主要范围为：听觉系统的胚胎、发育、解剖、生理、心理、病理的基础研究和对功能检查技术——观察方法的改进完善的研究。

临床听力学分诊断听力学和康复听力学二大部分，诊断听力学包括听功能的测试、测试结果的分析、听功能状况的评价，判断听觉障碍程度，鉴别器质性和非器质性听力减退，鉴

别传音性、耳蜗性、蜗后性和中枢性听觉障碍, 诊断病变部位, 协助耳科、神经内、外科发现病变, 为言语 - 语言障碍提供诊断和处理的建议, 并为法律听力学 (forensic audiology) 范畴内的听力鉴定、评残, 赔偿等提供参考意见。

1930 年, 耳蜗生物电现象的发现, 促进了听力学较快的发展, 加强了听觉生理、病理的实验研究, 从而能阐明一些听觉产生的生理过程和听觉障碍的病理机理, 并且为临床测听技术开拓了一条新的途径——从主观测听到客观测听。

测听技术是听力学研究的重要内容之一, 目前, 国内外测听仪器更趋精密完善, 临床上导抗测试和电反应测听等客观测听法已广泛地应用, 能较精确地诊断耳聋的性质和鉴别耳蜗、蜗后及中枢性聋。各种胎儿测听法已应用于临床, 可早期发现胎儿的听力障碍, 对婴幼儿测听技术亦有所发展。许多国家制订了自己的听力零级, 我国的 GB 4855 - 84 等效采用 ISO 389 - 1975, 临床测听技术的程序逐渐标准化、规范化。听力防护和听力重建也是听力学研究的内容。听觉障碍的原因除各种疾病外, 噪声已是引起耳聋原因的重要因素, 为了防护噪声对听觉的损害。我国和其他一些国家研究制订了噪声容许标准, 并成立环境保护机构, 监督各种噪声源采取措施降低噪声。以药物或手术方法恢复或重建听力, 主要是耳科治疗的任务; 60 年代中期开始的耳蜗电极埋植法为听力重建提供了一种新的方法, 亦是正在研究的新课题。听力学则着重于非药物和非手术性处理, 例如配助听器、听觉训练、言语训练等。

一、听力学发展简史

听力学 (audiology) 一词约在 1945 年由 Carhart 和 Canfield 所创用, 后 Davis 将听力学发展成为专门学科。

在这之前听力检查是附属于耳科学范畴的, 意大利的 Cardano 在 1550 年描述将棍棒置于两牙之间可闻其声响。1603 年 Cahivacci 提出该测试的诊断意义为: 听力减退的病人若能经骨导听到声音, 其损害部位必在鼓膜; 否则听力减退必在神经, 作者藉此鉴别传音性聋与感音性聋, 但长期未被注意。1827 年英国的 Wheatstone 观察到堵塞外耳道可增大自己的说话声, 并发现堵塞某侧耳, 则声音即偏至该侧, 但未应用于诊断。1834 年德国的 Weber 因不知 Wheatstone 的工作而详细描述了骨导传声至堵塞耳的偏侧现象, 并对听力减退的病人进行了观察, 发现其诊断价值, 最后由法国的 Bonnafont (1845) 与德国的 Schmalz (1846) 在耳科学书籍中介绍。对于经骨导与气导的听力比较, 由德国的 Rinne 在 1855 年发明了一种音叉测验方法。

19 世纪后半叶, 耳科学迅速发展, 对听力问题的诊断提出了更高的要求。对听力的定量估价, 长期未获解决, 许多声音刺激装置均不理想, 而且也没有高频与低频的划分。Bezold (1894) 设计出一套涵盖 16 ~ 20 000 Hz 可听频率范围的音叉与音笛。直至近代纯音听力计的发展, 音叉仍为检查听力的良好器械。

基于电学原理, 由德国的 Hartmann (1878)、英国的 Hughes (1879)、意大利的 Gradenigo (1890) 利用简单的电路阻断器、电话受话器及强度控制器, 制成了第一个骨导振动器。美国的 Seashore (1899) 介绍其第一部听力计, 并应用心理物理学上的 Weber - Fechner 感觉定律, 以对数刻度 (dB) 来调节声强变化。这种电听力计的频率范围及信号的频率特性仍较差, 未被广泛接受。第一次大战后, 电子工业的发明, 使得听力计可以发出一

定的频率,纯音强度可以度量。第一代听力计为德国(1919)的 Otaudion 及美国 Western Electric 公司出品的听力计。至此,听力诊断的工作日益发展起来。第二次世界大战中,言语病理学家 Carhart 应征在部队中为失聪的士兵工作,同时耳科学家 Canfield 亦为战争中的耳科伤员服务,两人将听力学这一名词统一起来。二战后大批复员军人的听力康复的需求,使检查听力、评定伤残和选配助听器工作成为一项专门的职业,Davis 将其发展成为一门独立的专业学科。约在 50 年前,美国西北大学设置了第一个授予毕业资格的听力学教学计划,标志着听力学作为一门独立的学科得以确立。当时仍采用培训临床医生的方法,但着重于测听和听力康复,以正常和听力障碍的听觉功能为主要研究对象。近年来随着人们对环境、福利、教育等问题的关注,听力学也不断将其领域扩展到工业噪声防护、听力普查与测控、科普宣传以及听力康复等领域。

二、诊断听力学的发展

多数听力工作者的主要从事诊断听力学方面的工作,包括听力检查,对听力问题作出诊断、提出处理意见,为患者安排处理方案。诊断听力学与耳科临床关系最为密切,一直相互配合,在听功能检查方法、耳聋的病因分析、听力的补偿等方面,都取得了长足的进步。诊断听力学走向成熟,经历了五个里程碑式的发展阶段。

(一)“响度重振”年代 电声技术和后来的计算机技术的迅速发展,为听力学的发展创造了条件。纯音测听的技术方法得到发展,上升法、下降法、升降法(Hughson-Westlake 法)相继出现。1945 年 Newhart 和 Seger 提出“升五降十”的升降原则,Jerger 和 Carhart 后来也提出了升降法测听原则。有关测听过程中的掩蔽问题,随着心理声学中枢掩蔽、临界带宽、有效掩蔽级等概念的提出而受到人们的重视。1960 年英国人 Hood 和美国人 Studebaker 分别提出了掩蔽平台的概念,是测听技术的重要进展。欧美一些科学技术比较发达的国家均建立了听力学中心,在许多国家制订各自的听力零级的基础上,国际标准化组织公布了纯音基准等效阈声压级和基准等效阈力级,各种测听仪器更趋完善精密,纯音测听的方法已有了规范化的国际标准。小儿测听技术亦有所发展。听力计能测出听阈,而且发展了阈上功能测试。在对响度的心理声学研究方面,开展了等响曲线、强度辨差阈、响度编码等研究工作,提出了方(phon)与宋(sone)的概念,并将不适响度级及响度重振测试引入临床。Fowler 于 1937 年介绍了重振现象,并进行了交替双耳响度平衡试验(ABLB)。1948 年 Dix 等论证 Fowler 提出的 ABLB 可鉴别耳蜗和蜗后病变。此后 Carhart 和 Jerger 等进一步发展了鉴别耳蜗与蜗后病变的测听方法。Jerger 等在 1959 年开始了短增量敏感指数(SISI)试验,Von Békésy 在 1947 年介绍了自描测听法,他设计的自描听力计,至今仍在一些阈上功能测试中发挥作用。有关病理适应、听觉疲劳的检查方法也得到应用(Von Békésy 1947; Schuch 1944; Carhart 1957)。Jerger 将 1936 至 1966 年的 30 年间称为诊断听力学的“响度重振时代”。在听力障碍的性质和病变部位的诊断方面为听力学增添了新内容。随着微电子工业的飞速发展和电子计算机的出现,听力计的功能更加丰富,使用更为灵活。国际电工委员会颁布了有关听力计的 IEC 645 标准。

(二)言语测听年代 1929 年 Fletcher 及 Steinberg 用言语作为检查材料来评价电声器材的传递性能,并用于学童听力筛选。整个三四十年代,言语测听与纯音测听并驾齐驱。二战结束后言语测听在评估听力伤残和选配助听器时,占有重要的地位,得到迅速发展并走向规

范化。1955年 Bocca 等用“敏化的”(sensitized)言语测听观察颞叶肿瘤患者,1956年 Goldstein 等观察大脑半球切除术后纯音听阈和言语听懂能力的关系,以后以“敏化的言语测听”为代表的中枢听觉神经系统测听法得到发展。

影像诊断技术的进展使颅内占位性病变得以在早期作出诊断,这就使鉴别耳蜗与蜗后病变的响度重振检查和检查中枢听觉神经系统的敏化言语测听等出现较高的假阴性率,而面临新的挑战。

在这期间,听力学工作者在研制新的助听器,改进助听器的选配方法方面,做了大量的工作。言语测听在评价助听器选配效果时的重要性有被一部分人忽视的趋势。

(三) 导抗测听年代 1946年 Metz 的电机机械桥开创了导抗测试的时代。60年代声电桥取代电机机械桥并使中耳导抗测试得以广泛使用。为诊断听力学开辟了新时代。声导抗测试在现代听力学中占有重要地位。其客观特性,可以证实或补充其它测听方法的不足。最初声导抗测试主要用于中耳传音功能的检查,随着镫骨肌声反射的深入研究,导抗测听在临床的应用更加广泛。实践证明,声反射对于耳蜗和蜗后病变的鉴别诊断,是既适用又方便的检查方法。用声反射阈预估听敏度对幼儿听力筛查和不能配合的受试者的听力鉴定,具有一定的意义。导抗测试对咽鼓管功能和面神经病变的研究,也很有意义。

(四) 电反应测听年代 电反应测听(electric response audiometry, ERA)是指将声刺激引出的内耳、听神经及中枢神经系统的电反应用于听功能测试的技术。ERA是近20年来发展的一项新技术,作为一种客观测听技术,对于耳蜗及蜗后病变的鉴别诊断及定位诊断,具有重要的临床价值。

电反应测听的问世有两个先决条件:①听觉电生理学自1930年发现耳蜗生物电现象以来,人们已经积累了大量的资料,认识到听觉系统从外周到中枢在对外界声刺激的反应中均伴随着电位的变化;②电子计算机叠加平均技术的发展,使得这许多过去湮没于自发脑电波中的微弱的听觉诱发电位,通过叠加平均,得以从噪声背景中提取出来。

1930年 Wever 与 Bray 发现耳蜗微音电位,1950年 Davis 发现了总和电位,同年 Von Békésy 发现了耳蜗内直流电位。Dawson 自50年代最早研制诱发电位累加装置,但真正到了60年代,小型电子计算机的出现才为诱发电位的记录提供了可能性。最初对听诱发电位的研究,主要集中在皮层慢反应,但结果一直不很确切,幸好1967年 Yoshie 等用外耳道电极,Portmann 与 Aran 用经鼓膜的鼓岬电极,记录到了耳蜗电图,使电反应测听的研究重新升温。听觉脑干诱发电位是由 Jewett 等在1970~1971年首先报道的。他们指出:从颅外头皮记录到潜伏期在10ms以内的诱发电位可能来源于脑干的听觉通路。

现在 ERA 已成为客观测听判定听阈、诊断病变性质、部位和实验研究的常用技术,诊为听力学得到迅速发展。70年代中期后,脑干听觉诱发电位广泛应用于小儿和成人测听。

诱发电位也开始为相邻学科所应用,例如用于监测昏迷、麻醉深度;在神经、血管和矫形外科手术中监测中枢或外周神经功能状态,以及用于听觉心理学的研究。这些多由其它专业的人员所操作,并已超出听力学“研究听力问题”的范围。

(五) 耳声发射年代

1978年 Kemp 报告的外耳道记录到耳声发射,迅速被用于实验研究和临床,现已成为听力筛选、听力障碍诊断和听传出系统功能检查的方法,进入到临床验证或应用阶段,在近

几年中已积累了大量的经验。

诊断听力学从纯音听阈测定发展到现在包括响度重振和音衰减试验、言语测听等主观测听法和导抗测试、电反应测听和耳声发射检查等客观测听法等各有关特长的系列检查法,正确选用这些方法,对听力问题的诊断和听觉生理病理的研究将会有更大的促进。

三、康复听力学的发展历程

康复听力学是听力学中的一个重要分支。以药物或手术方法恢复或重建听力,主要是耳科治疗的任务。由于耳外科手术的迅速发展,对于传导性聋或部分混合性聋,术后可获得70%~80%的听力改善,达到实用水平,而对感音神经性聋,临床尚无有效治疗方法。只有依赖康复听力学的手段选配助听器(对于双耳深度聋的患者,实施人工耳蜗埋植手术),进行语言训练。

在二次大战之前,康复听力学的发展明显受到助听设备低下的限制,只能把注意力集中在视觉方式上,包括文字阅读、手语等视觉信息。

第二次世界大战后,由于半导体技术的出现,助听装置得以小型化而得到普遍欢迎。另一方面,退伍老兵在战争中饱受噪声损害之苦,美国各地的老兵医疗中心,也对康复听力学的发展提出更高的要求,拓展了听力学者的工作领域,并相应实施了一系列有关设备和操作规程的标准。第一个面向听力学者的培训计划是从40年代在美国西北大学开始的,在五六十代迅速普及。在六七十年代,康复听力学者只把唇读和听力训练作为康复的主要手段。随着技术的不断改进和提高,许多听力学者开始把目光转向助听器,至70年代后期,助听器成为康复听力学工作中的重要组成部分,美国言语-语言-听觉联合会(ASHA)开始允许听力学者选配助听器。而在此之前,助听器的买卖仅是零售商的事,听力学者只允许对助听器作出评估,并把患者推荐到零售商那里。

现阶段康复听力学的主要工作,集中在各种助听扩音装置上。除了助听器之外,适用于聋儿教学的无线调频接收系统,适用于聋人各种特殊需求的电视伴音接收系统、门铃警报接收系统,也日益为广大聋人所接受。下面简述一下助听器和人工耳蜗的发展历程。

助听器是一种增加声音强度的装置,可采用增加声音的集合,减少声能的消散和将声能放大等方法来获得。18世纪末已有喇叭形和管形集音器,其集音功能仅能使声强增加10~20dB。1900年利用电话机的原理,制成了电助听器,但其放大声音的效能仍小。20年代电子管问世以来,原始的电助听器即被淘汰,而代之以电子管助听器;以后随着电子管和体积电池的价格及体积的相继减小,电子管助听器由台式发展成可随身携带的盒式助听器。50年代后半导体逐渐代替了电子管,1953年出现全部采用晶体管的助听器,70年代后,推挽式放大电路的出现使得大功率助听器得以问世;与此同时集成电路技术的发展使得助听器的体积进一步减小,出现了耳背式、耳内式、耳道式、全耳道式助听器,更加照顾到患者心理上美观的需求,而且采用了自动增益控制,指向性麦克风K-Amp、宽动态范围压缩、D级放大等技术,其放大效能,清晰度和保真度日臻完善。

进入80年代末,数字电子技术开始渗透到助听器电路设计中来,助听器出现了有一定存贮运算能力的内存芯片,可以由选配者通过一台电脑(或便携式的编程器)把一些控制参数预先写入助听器的内存芯片。在实际使用时,内存芯片可根据外界输入声的强弱、高低来控制助听器中其他模拟元器件的工作,以达到最完善的听觉补偿。这种“数字-模拟”混合

电路助听器被称为“数码程式”助听器。到1995年全球数码程式助听器的品牌已有45种之多。

随着助听器工业的发展,助听器选配过程中处方公式和真耳分析的方法得到普及和发展,大约40年前, Lybarger 提出的“二分之一增益原则”至今仍是助听器选配中遵循的基本方法。Berger 方法在此基础上略作修正。1976年澳大利亚国家声学试验室的Byrne和Tonnison提出了一个NAL处方公式,更加适合言语信号的补偿。1986、1991年又针对深度聋患者做了修正。POGO公式是1987年由美国犹它州立大学McCandless和丹麦Oticon公司的Lyregaard提出的,更像是1/2增益原则的翻版。Libby总结了1000个选配病例,提出对轻中度聋患者采用1/3增益原则;重度聋选用1/2增益;深度聋适合2/3增益原则。另外德国普遍采用Keller公式。今天,真耳分析在助听器选配中已普遍采用,其方法是将一个特定规格的软胶管沿外耳道深入到近鼓膜5mm处,在真实耳朵上测定助听器工作时近鼓膜处的声学特性,以便调节助听器频响,使之符合处方公式给出的目标曲线的要求。Lauridsen和Gunthersen1981年发明了这种软胶管方法,使得真耳分析在日常的助听器选配中成为方便灵活的方法。

人工耳蜗的发展是与对耳蜗生物电现象的认识分不开的。1855年Duchenne第一次发现用交流电流刺激耳朵可听到一种类似昆虫翅膀振动的声音。本世纪五六十年代,Djourno和Eyries及Simmons等使用不同节律、强度的电脉冲刺激听神经,患者可以感知这些不同。Doyle把言语信号叠加在这些刺激方波上,刺激电极放置在耳蜗外或近圆窗处,病人可以区分言语和音乐的节奏,区分高低音调,偶尔可判别单字。将单导电极插入耳蜗内,也得到相同的结果,Simmon还把6导电极插入耳蜗内的不同刺激部位,不同的电极产生了不同的音调感觉,进一步支持了部位学说。但以上的研究工作与实现听懂言语,还相距甚远。美国的House研究所投入了大量精力研制人工耳蜗,其3M型单导人工耳蜗也曾获得FDA认可,澳大利亚的Nucleus22导人工耳蜗在成人和儿童都获得了巨大成功,分别在1984年和1990年经FDA获准在成人和儿童身上使用。Nucleus22导人工耳蜗是60年代末由澳大利亚墨尔本大学的Graeme Clark教授及其同事首先发明的多导人工耳蜗植入系统,并由Cochlear公司与墨尔本大学合作研制成功了最终的定型产品。它主要由植入部件(一个磁铁、一个接收器/刺激器和连接耳蜗与接受器/刺激器的呈环状排列的22个电极)、言语处理器、方向麦克风、导线及传送器组成。其工作原理是:声音由方向性麦克风接收后送至言语处理器。言语处理器将信号放大、过滤、数字化,并编译成适合的声音讯号。编译后的讯号包括刺激电极的位置和刺激强度。该讯号由传送器传送至接收器/刺激器,产生电子脉冲并传送到适当的电极。电极直接刺激内耳的听觉神经,并传至大脑演绎成听觉。整个过程在数毫秒内完成,这意味着声音一发出就可听到。如果声音继续发出,讯号就会连续地传送随着对耳蜗数学模型研究的不断深入,言语处理器提取言语信号的算法也日益完善。从最早的“共振峰提取”策略、“谱峰滤波检测”策略和近期“连续间隔采样(continuous interleaved sampling, CIS)策略。

无论是佩戴助听器还是使用人工耳蜗,要达到日常语言交流的目的,都必须辅以一定的语言训练和听功能训练,尤其是进行了人工耳蜗埋植的病人。

对于语前聋患者,发音器官由于长期不用而存在着废用性倾向,训练的重点应在于结合

听觉功能训练同时,练习口形和锻炼发音功能,以发音的基本功训练为主,训练的年龄越早越好,一般以不迟于2~3岁为宜。

对于使用助听器的病人,要选配合适的助听器,充分利用残余听力来分辨声音、理解语言、学习说话。语言训练与听功能训练相互依存,不可偏废。

国外已有较为完整的英语言语测试和训练用的音素、单音节词表、双音节词表、句表、段落表。

四、听力学的最新进展

电声技术与计算机工业的日新月异,给听力学的发展带来了巨大的活力。听力设备又有如下进展:延伸高频测听(expanded high frequency audiometry),插入式耳机的使用,多频鼓室图技术、听力设备的计算机化、测听结果在计算机上的存贮、显示与共享等。

随着数码程式助听器的不断推出,各厂家都普遍感到,需要联合开发一个公共的软件平台和硬件接口,各程式助听器的生产厂家都基于这样标准来开发各自的产品。1993年11家著名的程式助听器厂家同意成立一个联合开发机构——助听器厂家软件协会(Hearing Instrument Manufacturers' Software Association, HIMSA),并推出了“诺亚”(Noah)软件平台,寓意“诺亚方舟、同舟共济”。硬件接口大多采用通用的HI-Pro接口。

Noah软件除了可以加载各厂家的选配模块外,还包括诊室办公模块、听力数据模块。越来越多的听力计、真耳分析仪厂家也都开始采用Noah格式,将听力图、插入增益等结果直接传输到Noah的听力数据模块,从而构成一个助听器诊室用的一体化系统。

稳态诱发电位(steady state evoked potential SSEP)是听觉诱发电位的最新进展,它采用正弦调制信号作为刺激音,载波频率可为250Hz~8kHz范围内的任一频率,调制波作为同步信号。SSEP具有良好的频率特异性,可以客观测得纯音听阈,是真正意义上的“电反应测听”。现已有商业化的产品问世。

五、中国的听力学发展与现状

1955年张庆松等参加世界聋人协会第二届大会,在会上报告了“741例聋人的调查”。《中华耳鼻喉科杂志》在1956年至1957年刊登了3篇有关聋人调查、1篇有关爆震性聋的文章。1959年发表了8篇有关噪声性听力减退的文章,并同时以“声音物理与听觉生理”为题介绍了一些涉及听力学的基础知识。50年代已有一些医院用听力计测定听阈,但听力问题还只是耳鼻喉科学中众多检查方法和耳疾诊治中的不很突出的问题。

60年代蔡宣猷、程锦元等分别编录了汉语普通话测听材料,开展了言语测听。一些医院开展了响度重振和听适应检查。1964年何永照主编的《听力学概论》出版,助听器也开始在国内生产。与此同时颞骨组织病理学、听生理学、言语声学、听觉心理学以及听力保护、测听仪器的检验校准等多方面的进展从不同侧面为听力学在我国的发展提供了条件。

在经过我国科技发展停滞的年代后,1983年召开了“全国听力基础与临床学术会议”,1984年召开了“听力学座谈会”,全国性和地方性听力学学习班也相继举办。我国近10年来已有不少从事临床听力学工作的专职人员,负责听力检查、听力康复。GB 16403-1966《声学测听方法-纯音气导和骨导听阈基本测听法》规定,测听工作的合格人员应受过有关测听检查的理论和实际操作的教学课程培训,由国家主管机构认定这一资格”。目前我国尚无院校开设听力学专业课程,从事聋幼儿听力康复特殊教育的大专班,已在国内二所师范大

学内开课。有关单位目前正在积极筹备开设听力学教育。

1987年，中国聋儿康复研究中心成立，此后不少省市相继成立了听力康复中心或聋病研究中心。越来越多的从事听力语言康复工作的专业人员涉及到听力学领域。一支开始由耳鼻咽喉科医师为主，而后有大量从事相邻学科工作的专业人员加入的听力学队伍正日益壮大，我国听力学正以较大的步伐缩短与国外的差距。1995年，我国第一本听力学专业期刊——《听力学与言语疾病杂志》问世，标志着听力学在我国成为一门专业学科为时已不会太远。

(姜泗长)