

实用听力学检查技术手册

实用纯音测听检查 技术手册

主编 | 刘 博



人民卫生出版社
PEOPLE'S MEDICAL PUBLISHING HOUSE

实用听力学检查技术手册

实用纯音测听检查 技术手册

主编 | 刘 博

编者 (按姓氏拼音排序)

白 忠 (昆明医科大学第二附属医院)

刘 博 (首都医科大学附属北京同仁医院)

刘 辉 (首都医科大学附属北京同仁医院)


卢 伟 (郑州大学第一附属医院)

亓贝尔 (首都医科大学附属北京同仁医院)

秘书 亓贝尔 (首都医科大学附属北京同仁医院)

绘图 赵安琪 (首都医科大学)

张华宋 (中山大学孙逸仙纪念医院)

 人民卫生出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

实用纯音测听检查技术手册 / 刘博主编. —北京: 人民卫生出版社, 2018

ISBN 978-7-117-26650-5

I. ①实… II. ①刘… III. ①听力测定 - 技术手册
IV. ①Q437-62

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2018) 第 086923 号

人卫智网	www.ipmph.com	医学教育、学术、考试、健康, 购书智慧智能综合服务平台
人卫官网	www.pmph.com	人卫官方资讯发布平台

版权所有, 侵权必究!

实用纯音测听检查技术手册

主 编: 刘 博

出版发行: 人民卫生出版社 (中继线 010-59780011)

地 址: 北京市朝阳区潘家园南里 19 号

邮 编: 100021

E - mail: pmph@pmph.com

购书热线: 010-59787592 010-59787584 010-65264830

印 刷: 北京盛通印刷股份有限公司

经 销: 新华书店

开 本: 889 × 1194 1/32 印张: 3.5

字 数: 87 千字

版 次: 2018 年 5 月第 1 版 2018 年 5 月第 1 版第 1 次印刷

标准书号: ISBN 978-7-117-26650-5/R · 26651

定 价: 46.00 元

打击盗版举报电话: 010-59787491 E-mail: WQ@pmph.com

(凡属印装质量问题请与本社市场营销中心联系退换)

主编简介



刘博，主任医师，教授，博士研究生导师

中央保健委员会中央保健会诊专家

现任北京市耳鼻咽喉科研究所副所长，首都医科大学附属北京同仁医院耳鼻咽喉科教研室主任和耳鼻咽喉头颈外科中心行政部主任

毕业于首都医科大学。曾作为国家首批临床听力学项目的选派师资赴澳大利亚 Macquire 大学学习临床听力学，在澳大利亚 Bionic Ear 研究所、奥地利 Innsbruck 大学、美国 Ohio 大学进行短期进修和学习人工耳蜗技术等。

擅长眩晕和耳聋耳鸣等内耳疾病的临床诊疗及相关研究工作。曾率先在国内报道大前庭水管综合征并对其进行了长期随访，发现其病程规律及诊疗方向，获得良好的临床效果；是最早开始在国内进行耳声发射应用基础研究并推向临床应用的专家之一。近年来带领团队在人工耳蜗植入者声调特征和音乐感知等领域进行了系统的研究工作，为汉语编码策略的优化提供了理论支撑。

兼任国家卫生健康委员会全国防聋治聋技术指导组办公室主任，北京住院医师规范化培训耳鼻喉科专家委员会主任委员，中国医疗保健国际交流促进会听力学分会主任委员，中国医药教育协会眩晕专业委员会副主任委员，中国卒中学会卒中与眩晕分会副主任委员等十数项兼职，是中华耳鼻咽喉头颈外科杂志等五本杂志的编委。

先后主持国家自然科学基金，“863”课题，“十五”、“十一五”、“十二五”等国家科技支撑计划课题，北京市优秀人才基金，首都医学发展基金（重点项目），首都十大危险疾病科技成果推广项目等课题。获得国家科学技术进步二等奖，北京市科学技术进步一等奖、二等奖、三等奖等奖励。以第一作者和通讯作者发表专业论文 140 余篇，主编、副主编、参编著作 25 部。

纯音是最简单的声音，但纯音测听检查技术并不简单。

从16世纪人们发现置于门齿上的音叉振动可以被人耳听到，到现在敏感的耳声发射技术为新生儿听力筛查提供了可能，在这几百年间，围绕着听觉感知功能的评价，人们进行着不懈的努力和探索。截至目前，不断涌现的听觉功能评价方法、评价内容非常丰富，但是在高新技术面前我们一定不能忽视最基本的听觉功能评价手段——纯音测听技术，因为这是基础中的基础。

纯音测听是听力学检查中最基本的测试，也是最重要的测试。纯音测听是一种心理物理学检查方法，是指在安静环境下，特定频率的纯音声信号能引起测试耳产生反应的最小声音强度（即纯音听阈）的检查方法。纯音测听是临床听觉功能评价、疾病诊断与治疗以及制订听觉功能康复方案的依据。因此，一名合格的测试人员，应该习惯于站在听力诊断的角度去审视所测得的纯音听阈结果是否可靠。换句话说，就是这条纯音听阈曲线能否向临床医师提供有效的诊断信息和方向、提供准确的听力损失程度和听力损失性质。因此，若想得到可靠的纯音测听结果，绝不仅仅是控制给声的频率、强度和给声时几个简单按键的操作，能熟练操作听力计只是基本条件，这对于一名合格的测试人员是远远不够的。

在获取纯音听阈的整个过程中，从接触受试者到完成报告单填写，需要注意的细节有数十处之多。其中任何一个环节处理不当，都可能使测试结果五花八门、错误百出，致使测试结果失去可靠性。因此，掌握好纯音测听的相关理论知识，不仅可以使测试人员理解听力诊断的意义，还能更好地理解为什么在测试过程中要注意那么多细节。如果测试人员在整个检查过程中能始终保持主导位置，则不仅能引导受试者完成测试、得到准确可靠的临床结果，还能提升测试者本人的工作能力、掌控测试过程，特别是对于较复杂的测试状况，此种能力尤为重要。

因此，一名合格的测试人员应该是在精准掌握理论的前提下，经过规范化的培训和临床实践可以有效地减少操作误差，新手可以更快入门，熟练人士可以避免出现经验性的错误。对于临床医师而言，掌握纯音测听技术的内涵、掌握纯音测听的国际通用标准和标记符号、理解纯音测听过程的复杂性和规范操作流程的临床意义也具有极其重要的价值。

为了使听力检测人员能够系统地掌握纯音测听基本理论和相关知识，掌握规范操作的技术要点、流程以及质控因素；同时也为了临床医师夯实听力及眩晕疾病诊断流程并加以规范。编写者从方便实用的角度出发，出版一册随时可供查阅的实用纯音测听检查技术手册，以期为临床纯音测听的规范化发展提供有益的帮助，成为临床医师和听力学工作者的“掌中宝”、“案头书”。

刘博

2017年岁末 于北京

目录 Contents

前言

第一章 概论 1

第一节 临床听力学和临床听力学检查的概念 / 2

一、临床听力学的概念 / 2

二、临床听力学检查的范围 / 3

第二节 实用听觉系统解剖生理概念 / 5

一、耳的解剖 / 5

二、听觉的传导 / 11

三、听觉运动反射 / 13

第三节 声信号分类和纯音的基本概念 / 14

第四节 心理声学与感觉“阈”的概念 / 16

第五节 听觉的动态范围与辨差测量 / 18

第六节 音叉检查 / 20

一、基本概念 / 20

二、林纳试验 / 21

三、韦伯试验 / 22

四、施瓦巴赫试验 / 23

第二章 纯音测听的基本条件和要求 25

第一节 测听环境和条件 / 26

一、隔声室的建造要求 / 26

二、隔声室背景噪声控制与标准 / 28

三、隔声室的种类以及室内测试位置安排 / 30

第二节 纯音听力计 / 32

一、纯音听力计的类型 / 32

二、纯音听力计的原理与结构 / 33

三、纯音听力计的换能器 / 33

第三节 纯音听力计的校准 / 36

一、校准原则 / 36

二、校准设备 / 37

三、校准方法 / 39

四、校准参数 / 42

第三章 纯音测听检查方法

44

第一节 纯音听阈测试 / 45

一、测试前准备 / 45

二、纯音气导听阈测试 / 46

三、纯音骨导听阈测试 / 49

第二节 纯音测听掩蔽技术 / 51

一、交叉听力与耳间衰减 / 51

二、掩蔽指征 / 54

三、掩蔽中常用术语 / 56

四、掩蔽噪声种类及校准 / 57

五、临床常用的掩蔽方法 / 58

六、掩蔽过程中常见问题 / 65

第四章 纯音听阈测试结果的记录和分析

68

第一节 纯音听阈图 / 69

第二节 听力损失分级 / 71

第三节 纯音听阈图分型 / 72

一、正常听阈 / 72

二、听力损失 / 72

第五章 阈上听功能测试

75

- 一、阈上听功能测试基本概念 / 76
- 二、交替双耳响度平衡试验 / 76
- 三、短增量敏感指数试验 / 80
- 四、音衰变试验法 / 82

第六章 盖莱试验

84

- 一、测试原理 / 85
- 二、测试方法 / 85
- 三、盖莱试验的影响因素 / 86

第七章 纯音测听操作流程及注意事项

87

第一节 听阈的测试程序 / 88

- 一、测试前准备 / 88
- 二、测试参数 / 89
- 三、数据采集 / 91
- 四、测试结果分析 / 94

第二节 掩蔽的测试程序 / 98

- 一、掩蔽指征 / 98
- 二、测试前准备 / 98
- 三、平台法掩蔽 / 99

第三节 纯音听阈测试的影响因素及处置 / 100

- 一、假阳性反应 / 100
- 二、假阴性反应 / 100

参考文献

102

后记

103

听力学 (audiology) 是一门研究在正常和不正常状态下听觉功能的科学, 从专业的角度分析在病理条件下听觉功能的改变特点以及应采取的应对措施和具体方法。听力学是在第二次世界大战以后从实际需求中发展起来的一门相对年轻学科, 同时也是一个多学科的综合产物。因此, 听力学所涵盖的范畴不但与临床医学关系密切, 而且还涉及生理学、病理学、心理学、声学、电学、教育学等多个学科的知识体系和内容, 属于交叉的边缘学科范畴。

人类是如何感知声音的？各种声音刺激后如何引起生理和心理上的系列反应？在生理和病理状态下这些反应有什么样的变化？在听觉功能受到损伤后如何比较快速、比较准确地检测到听觉功能状态的变化？以及应该采取何种措施来弥补等。上述问题都属于临床听力学研究的范畴。

一、临床听力学的概念

听力学与耳科学、儿科学和神经科学关系很密切，可分为基础和临床两部分，即实验听力学和临床听力学。随着电声和计算机等技术的快速发展、对基础医学认识的不断提高而逐渐发展完善，临床听力学组成了听力学的主要内容，近年来又有发展为听力医学 (audiological medicine) 的需求。

临床听力学作为一门独立的学科在发达国家已有半个多世纪的历史，是听力学密切结合临床的部分，主要内容为听觉功能损伤后的诊断和处理，也包含听力损伤的预防。临床听力学又分为诊断听力学 (diagnostic audiology) 和康复听力学 (rehabilitation audiology)。本书所涉及的内容仅是诊断听力学中最基础的、也是最重要的临床常用技术——纯音测听以及相关的知识体系。

其实，听力学最初是起源于听力检测技术的，属于耳科临床工作范畴。早在 16 世纪就有人发现将振动的音叉置于门齿上人耳可以感觉到声音，因此提出了骨可以传声的理论，17 世纪初骨导检查技术开始用于临床听力检查。在此基础上，Weber 在 1834 年提出骨导偏侧试验 (即韦伯试验)，以后 Rinne 提出骨导 / 气导对比试验 (即林纳试验)。至此，临

床工作中不仅具备了用于判断听力损失的方法，也出现了可以鉴别听力损失性质的技术，在明确传导性听力损失还是感音性听力损失的鉴别中获得进展。此后，随着工业革命的快速发展，由于各种机械以及武器的强噪声对听力造成的损害日趋严重，对听力损失的诊断和康复提出了更为迫切的需求，也因此更促进了临床听力学检测技术的发展，对听力损伤的防治和康复也提出了更高的要求。

二、临床听力学检查的范围

随着相关技术的进步，截至目前临床听力学检查内容大致分为以下几类：

1. 音叉试验和纯音测听 音叉试验是最早采用的、相对科学的听力检查法，从简单的骨导试验到骨-气导对比再到用连续频率音叉检查高、低频听力损失，这项技术沿用近4个世纪，至今仍不失为简单有效的、初步的听力检查方法。

不过定量评价听力损失则需要使用标化的听力计进行检查。纯音听力计诞生于20世纪初，以后随着电声技术的进展逐步完善，检测方法也逐渐规范。在纯音测听的检查基础上又发展了标化的言语测听技术，这些技术的发展对了解听觉中枢的功能状态又增添了新的检测手段。

此外，正常婴儿在生后就可对比较大的声音出现行为反应，因此可利用不同年龄的发育特点，设计相应的听觉行为测试方法。小儿行为测听主要包括行为观察测听或应用强化训练引出的测试（包括：视觉强化测听和游戏测听）。后者是纯音测听的组成部分，多在声场条件下完成。

2. 声导抗测听 声导抗检查属于客观检测技术范畴，可用于测试中耳功能、咽鼓管功能和镫骨肌声反射功能等。目前常用其配合听觉脑干电位或诱发性耳声反射检测技术，用于新生儿和婴幼儿听力筛查，提高了听功能筛查检测的准确性。

声导抗测听与纯音测听的组合检测方式已成为临床的常规听力检测法。其结果有助于对各种耳科疾病的诊断，不但对鼓膜和中耳病变的诊断有帮助，对耳蜗和蜗后病变的鉴别诊断也有帮助，同时有助于了解咽鼓管功能和面神经病变的定位诊断等。

3. 电反应测听 电反应测听是指应用声刺激诱发出听觉系统的电反应活动的检查方法。此项技术是在 20 世纪中叶，随着电子计算机技术的不断发展得到极大推动的，是采用皮肤电极记录到听觉反应的一种电位活动。随后，耳蜗微音电位、总和电位、蜗内直流电位、耳蜗电图等不断被发现，听觉脑干诱发电位技术也逐渐应用到临床，并很快发展为耳科和神经科重要的检测手段，更是被用于耳科、神经外科和麻醉科的术中监测领域。

听觉脑干诱发电位在耳科临床使用普遍，但因其常用的刺激声频率特性等原因，在临床应用上受到一定限制，也因此临床常同时加用反映低频听力的 40Hz 听觉相关电位检测以弥补其不足。但是，随着相关技术的发展，近年先后出现了具有良好频率特性的稳态诱发电位和短纯音诱发的听觉脑干诱发电位检查，因此在很大程度上弥补了既往电反应测听检查中存在的频率特异性不足问题。今后，将随着信号分析、人工智能等新技术的发展，听觉电反应测听技术会具有更好的临床应用前景。

4. 耳声发射 耳声发射是近年听功能评价领域最具重要意义的发现，无疑是听觉功能检测领域的一次突破性进展。这项技术不仅提高并完善了耳蜗功能检测的技术和方法，还对听力损失的定位诊断和听觉传出系统功能的检测提供了新的途径。

耳声发射的检测方法简便、迅速，无任何创伤，成人和儿童均易于接受。同时也由于这项技术的发现，为新生儿普遍听力筛查提供了实现的可能，目前在世界范围内，耳声发射已成为听力筛查的常规技术手段。

第二节

实用听觉系统解剖生理概念

耳位于头颅两侧的颞骨位置。颞骨为成对骨，参与组成颅中窝和颅后窝，位于颅骨的两侧。颞骨内部容纳两种感受器（终器），一为感受声音的螺旋器，另一为感受平衡觉的椭圆囊斑、球囊斑（合称为位觉斑）和壶腹嵴。两者均属于特殊的神经器官，接受听觉及平衡觉感知。因此耳具有两方面的能力：一为听的感觉，一为前庭平衡感觉，本文仅对听觉解剖和生理功能特点进行描述。

一、耳的解剖

按耳的解剖位置可分为外耳、中耳与内耳三部分。外耳和中耳具有传导声音作用，内耳除可传导声音，还含有感受器将接受到的听觉和平衡觉的信号通过相应的神经分别传入各自的中枢系统。

（一）外耳

外耳包括耳廓与外耳道。

1. 耳廓 外形似贝壳，两侧对称，除耳垂外耳廓为弹性软骨组成。耳廓卷向外面的游离缘名耳轮，耳轮的前方有一与其约相平行的弧形隆起名对耳轮，耳轮与对耳轮之间有一狭窄而弯曲的凹沟名舟状窝，对耳轮前方深大的窝名为耳甲，它被耳轮脚分为上下两部，上部名耳甲艇，下部名耳甲腔，耳甲腔通入外耳门。佩戴助听器时，耳甲艇和耳甲腔是放入耳模的部位，尤其是耳模耳甲艇部分若未嵌入其内，使声音从其四周泄露将引起助听器啸叫。

2. 外耳道 外耳道起自耳甲腔底的外耳门，向内直至鼓膜，全长约 2.5 ~ 3.5cm，由骨和软骨部组成，略呈 S 形弯

曲。软骨部约占其外 1/3，骨部约占其内 2/3。在骨与软骨部交界处的外耳道较狭窄，距鼓膜 3~4mm 的骨部外耳道最为狭窄，称外耳峡部。当耳道式助听器置入此处接触到骨部时可消除堵耳效应。用耳镜检查成人鼓膜或欲看清外耳道全貌时，须将耳廓向上后提起；检查幼儿较成人困难，检查外耳道和鼓膜时应将耳廓向下拉，同时将耳屏向前牵引。

(二) 中耳

中耳包括鼓室、咽鼓管、鼓窦及乳突四部分。

1. 鼓室 为含气空腔，分上、下、内、外、前、后六壁，位于鼓膜与内耳外侧壁之间，向前借咽鼓管与鼻咽部相通；向后借鼓窦入口与鼓窦、乳突气房相通。

鼓室外壁：由骨部及鼓膜构成。鼓膜为向内凹陷的椭圆形的半透膜，高约 9mm，宽约 8mm，厚约 0.1mm，边缘略厚，紧张部中层周边形成纤维软骨环嵌附于鼓沟中，称为紧张部。鼓切迹处鼓膜直接附颞鳞部，较松弛，称为松弛部。鼓膜外形如扬声器，向前、外、下倾斜，与外耳道底成 $45^{\circ}\sim 50^{\circ}$ 角；新生儿约成 35° 角。耳镜检查时鼓膜前下有三角形反光区，称为光锥，故鼓膜内陷时，光锥可以消失或变形。

鼓室上壁：即鼓室盖，鼓室借此壁和颅中窝相隔。

鼓室下壁：也称颈静脉壁。此壁若有缺损时，颈静脉球的蓝色即可透过鼓膜下部隐约可见。

鼓室内壁：也称迷路壁，即内耳外壁。为耳蜗底周所在处，其表面有鼓室神经丛。有椭圆形的前庭窗（卵圆窗），为镫骨底板及其周围的环韧带所封闭；蜗窗（圆窗），由圆窗膜所封闭，此膜也称第二鼓膜，向内通耳蜗鼓阶的起始部。

鼓室后壁：即乳突壁，上宽下窄。面神经垂直部通过此壁内侧，后壁上部有鼓窦入口（鼓窦口），使鼓室和鼓窦以及乳突气房相通；后壁下内方，有锥隆起，镫骨肌由此发出肌腱附着于镫骨颈的后面。后壁与外壁相交处，有鼓索小管的鼓室口，鼓索自此管从面神经分出入鼓室。

鼓室前壁：即颈动脉壁。下部与颈内动脉相隔，上部有咽鼓管的鼓室口和鼓膜张肌半管的开口，两个半管合称肌咽鼓管。

鼓室内含听小骨、肌肉和神经。听小骨是人体中最小的一组骨，共三个，即锤骨、砧骨与镫骨，听小骨相互相关节组成听骨连，有鼓膜张肌和镫骨肌附着。面神经自膝神经节处向后到鼓室内壁，可分为两部分：鼓部（水平部）和乳突部（垂直部）。

2. 咽鼓管 是沟通鼓室与鼻咽的管道。成人全长约35~39mm，由骨部与软骨部构成。骨部为近鼓室段，占全长约1/3。软骨部为近鼻咽段，占全长约2/3。自鼓室口向前、向内、向下达咽口，故此管与水平面约成40°角，与矢状面约成45°角。鼓室口约高于咽口2~2.5cm。小儿的咽鼓管较短，峡部较宽，管腔相对得较大，近于水平，故鼻与咽部炎症易经此管侵入鼓室，易引起中耳病变。

3. 鼓窦 为鼓室向后上方延伸的含气腔，出生时即存在。

4. 乳突 乳突内的许多气房虽大小、形状各异，但均相互交通。

（三）内耳

内耳包括耳蜗、前庭和半规管。本节只讨论与听觉关系密切的耳蜗部分。

耳蜗形似蜗牛，为中空螺旋管，盘绕 $2\frac{1}{2}$ ~ $2\frac{3}{4}$ 周，分为底周、中周和顶周。顶尖为蜗顶指向颈内动脉，蜗底为内耳道底的大部分。蜗底至蜗顶高5mm，直径约9mm，全长30~32mm（图1-2-1）。

蜗中心内有蜗轴呈圆锥状，蜗神经沿轴心而上，沿途分布于骨螺旋板中，骨螺旋板的边缘向外分出两个膜，前庭膜和基底膜将蜗管分为三个管腔：前庭阶、中阶（蜗管）和鼓阶（图1-2-2）。前庭阶与前庭窗相接、中阶即膜迷路、鼓阶的起始部为蜗窗。鼓阶附近处有蜗小管（骨质）的内口，容纳膜质的耳蜗导水管，外淋巴液经此口通入蛛网膜下腔进行

交换。骨螺旋板的宽度近耳蜗的底周处较宽，约占螺旋内管的1/2，近顶处最窄，相对应的基底膜则相反。

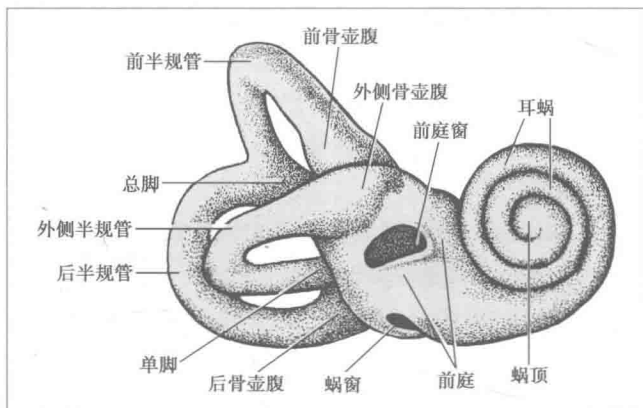


图 1-2-1 内耳示意图

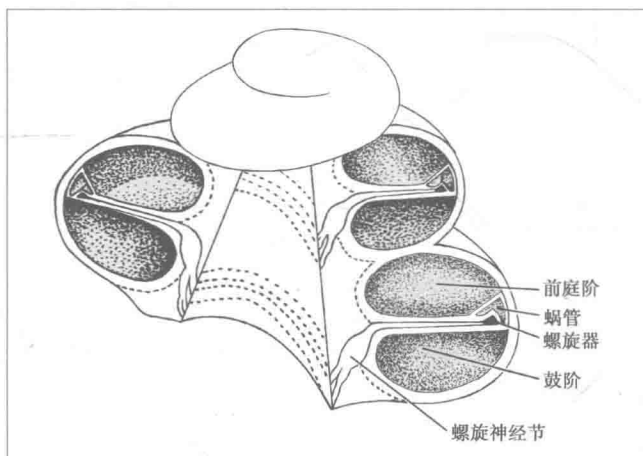


图 1-2-2 耳蜗示意图

1. 蜗管 即中阶。位于蜗螺旋管内。两端均为盲端，一端位于蜗隐窝内，称前庭盲端；另一端为顶盲端，参与蜗孔形成。管内侧缘接骨螺旋板，外缘接蜗管内壁，断面成三角状，如蜗顶向上时，分上、下、外壁。上壁是骨螺旋板上增