

PRECIS
D' AUDIOMETRIE
CLINIQUE

程华青 胡同增 主编译

人民卫生出版社

临床听力测验



020619-21 92863

3

R70
PTM
02

临床听力测验

原著 [法] Michel Portmann
Claudine Portmann

主编译 程华青 胡同增

编译 (以姓氏笔划为序)

吴展元 员彭年

胡新华 秦家风

特邀编译 陈玉琰

审 阅 姜泗长



020619 /R764CHQ



人 民 卫 生 出 版 社

临床听力测验

程华青 胡同增 主编译

人民卫生出版社出版

(北京市崇文区天坛西里10号)

北京市密云县卫新综合印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行

787×1092毫米16开本 15 $\frac{1}{2}$ -印张 4插页 362千字

1987年12月第1版 1987年12月第1版第1次印刷

印数: 00,001—2,300

ISBN 7-117-00619-6/R·620 定价: 5.35 元

统一书号: 14048·5496

[科技新书目 154 — 81]

序 言

听力学是发展耳科学中一门重要的学科。由于近30年来耳科学及神经耳科学迅速发展，听力学已逐渐成为一门独立的专门学科。本书系由法国著名耳科专家 Portmann 教授编写，内容丰富，简明扼要，其中包括听觉器官的解剖和生理，各种听力测验法及其临床意义，各种类型耳聋的表现，能协助耳科医生及神经内科医生作出正确的诊断，并提出预防措施。这本书有助于促进耳科学各种手术及治疗的发展。

临床听力测验技术是听力学中重要内容之一。它通过测定从末梢到中枢听觉系统的功能对引起听觉障碍的病变作出鉴别诊断。目前测听仪器类型日趋精密完善，发展迅速，除一般纯音听力计外，尚有高级听力计，各种类型的阻抗测听和电反应测听等客观测听法也在普遍应用，能较精确地诊断各种耳聋性质和鉴别耳蜗、蜗后及中枢性聋，提供准确的完整资料。儿童测听亦广泛应用于临床，为预防措施提出可靠的依据。本书著者特别对儿童听力测验有详细的描述与独特的见解，且详细地阐述了测听法在法医学和职业病学中的作用，对配制助听器的方法与选择作了全面的介绍。

Portmann 为当代世界上杰出的耳科学权威之一，对治聋及防聋方面作出了卓越的贡献。这本书由国内几位对耳科学有研究的同道们编译。从其内容上看，能全面反映出世界上听力学发展的动态和概况，对我国耳科及神经内科工作者无疑是一本颇有实用价值的参考书，将有助于我国耳鼻咽喉科同道们向科学的广度及深度探索。特缀数语予以推荐。

姜泗长

FA 18 / 14

第五版原序

近三十年来，耳鼻咽喉科与外科和内科学一样，越来越向功能领域发展。尤其耳科，更是一个令人惊异的实例。当代的种种研究探索，已使耳科学发生了翻天覆地的变化。自从本书几次再版以来，听力测验的范围继续不断扩大，特别是对听觉信息在脑内整合过程的精细探讨，直到涉及言语这一最高级范畴的研究更是如此。此外，耳蜗电图描记检查术和阻抗研究的进展，已开拓出一个完全崭新的领域。

医学科学的工作对象是人，它不只是心理物理学者和声学工程师在其实验室里进行的工作，而应该是在医院里进行真正医学的听力研究。一切耳蜗或前庭功能检查室，都只是临床科室的辅助部门，其工作内容和检查结果，最终都是为临床医疗服务的。

这次完成的本书第五版，即十分明确地反映了上述思想。这也正是我们学院一向的主导思想。

正确施行的听力测验，已成为临床实际工作中的必需手段；为进行十分精细的病因诊断，确定听觉器官手术的指征与估计手术效果，以及助听器的合理选配等等，都离不开这一条件。但经常遇到的情况是：需要参加这种工作的专业人员，首先是耳鼻咽喉科医师，对此认识不足，本书将有助于这种必要的学习。

这是一本实用书籍，本专业人员可在其中得到听力测验的最新知识。主要供临床医师、听力测验技术员及正音科医师使用。

由于其明晰精练及其以临床为核心的观点，我深信 Michel Portmann 及其夫人 Claudine PORTMANN 合著的这本《临床听力测验》第五版，将与以前各版一样，受到临床医学界的欢迎。

Georges PORTMANN

目 录

概论·····	1
第一篇 听力测验·····	11
第一章 单位及图解·····	11
一、单位·····	11
二、听野·····	13
三、听阈·····	15
四、图象及所用单位的缺陷·····	16
第二章 一般设备·····	20
一、听力测验室·····	20
二、听力计·····	21
三、言语测听法需要的特殊设备·····	22
第三章 常用纯音听阈测听法·····	24
一、气导·····	24
二、骨导·····	24
三、Rinne 氏测听·····	27
四、听力计测试最大音强·····	28
五、听阈测验结果的标记法·····	28
六、掩蔽·····	29
第四章 自描测听法·····	37
一、原理、设备和方法·····	37
二、自描测听法的种类和结果·····	38
三、临床意义·····	42
第五章 纯音阈上测听法——听觉失真的研究·····	44
一、音调失真·····	44
二、响度失真·····	45
三、声音时程感觉紊乱·····	52
四、耳鸣的测听法研究·····	57
第六章 言语测听法·····	59
一、语音检查设备·····	59
二、言语测听法·····	62
三、言语测听的临床意义·····	68
第七章 听功能的客观检查法·····	70
一、声阻抗检查法·····	70
二、反射检查法·····	77
三、电生理学检查法·····	78
第二篇 测听的临床意义·····	89
第八章 不同损伤部位所致耳聋的测听·····	89
一、传导性聋·····	90
二、感音性聋·····	94

376097-88/5-20-5.252

三、混合性聋·····	99
第九章 不同病因耳聋的测听结果·····	102
一、外耳疾病·····	102
二、咽鼓管阻塞·····	102
三、中耳炎·····	104
四、耳囊营养及发育不良症·····	107
五、老年性聋·····	108
六、迷路病·····	109
七、遗传性聋·····	109
八、膜迷路积水·····	109
九、血管性聋·····	110
十、外伤性聋·····	110
十一、中毒性聋·····	113
十二、感染性聋或病毒性聋·····	113
十三、肿瘤引起的听神经性聋·····	114
十四、中枢性听力损伤·····	116
第十章 测听法在法医学和工业医学中的作用·····	117
一、测听法与鉴定·····	117
二、工业医学听力测定的作用·····	125
第十一章 助听器·····	129
一、助听器的性能·····	129
二、助听器的选配·····	132
三、立体声助听器·····	138
四、助听器的效果·····	149
第三篇 儿童听力测验·····	152
第十二章 儿童听力缺陷的普查发现·····	153
一、新生儿和婴儿的普查·····	153
二、学龄前儿童的普查·····	155
三、学龄儿童的普查·····	156
第十三章 儿童的听力计检查·····	157
一、音响测听·····	157
二、言语测听·····	162
三、根据临床情况施行听力检查的规则·····	165
四、结论·····	168
第十四章 儿童听力测验的作用·····	169
一、耳聋的诊断·····	169
二、聋儿的全面总结·····	174
三、聋儿的听力训练原则·····	176
四、儿童助听器的放大型式及其适应·····	178
附录一 临床测听图谱·····	181
附录二 幼儿测听图谱·····	231

概 论

听力测验是通过声音刺激得出的数据来显示听力病变的技术。它不仅可诊断听力病变的原因，还可以了解声振动情况（物理范围）和听觉的机制（神经—感觉性生理）。

耳部有两组解剖结构：

1. 传导结构（外耳和中耳，中耳是主要的），传导声振动至内耳。其生理功能主要由物理定律所支配，其病变可以很容易地由物理学单位计算。

2. 感受结构，主要由感受器官（耳蜗，神经通路和皮层听觉中枢）组成。

声波到达内耳后，物理刺激就转换成神经冲动。耳蜗将此信息转换成特定的神经势能，此时已不再属于声学物理学范围而是由神经生理学规律所支配。如此产生的神经冲动，沿神经通路及神经中继站传导，在中继站处，再接受由于其他来自周围神经的传入冲动及其他神经功能作用的加工，最终纳入中枢神经系统的功能活动。神经冲动到达皮层听区后，人对形成此冲动的声音即产生初级感觉。此为纯神经—感觉的听觉现象。神经冲动可以传递信息性功能，中枢的编码则需要十分复杂的机能。目前的心理学和电生理学利用控制论和信息论，尚不能作出明确的描述。

听觉的基本机制可以分为四级：

1. 第一级为发觉和认识简单的声刺激，属声学纯音性质。开始于耳蜗形成神经冲动。第一级即为听觉。

2. 第二级是辨认复杂的声音。这种杂音事先经某些环境训练和经验的记忆，例如辨认音素或无意义的单音节。第二级即为初级辨认。

3. 第三级是听到的声音具有信息价值。一个声音或一组声音分别与一个意义相联系而引出抽象概念。第三级即为单词的理解。

4. 第四级似为人类所独有。已超过听力本身，人耳是言语发生作用的基点。即对言语结构作整体理解。第四级即为言语的理解。

根据上述粗略的划分，似乎可以用三项听力测验法去分析各级的听力障碍（用纯音检查听力；用音素或无意义的单音节检查初级辨认能力，用词组检查可懂度）。但在实际操作中，要区分这些不同的检查方法是非常困难的，因为常有很多情况同时混合在一起。

在通常测听检查中，常出现末梢性紊乱引起神经冲动的改变（这种变坏的信息却仍然使正常的中枢发生反响），但产生于中枢不同整合过程的选择性病变，则较末梢性紊乱少见。不过这两种情况有时会同时发生。

我们仍按一般的分类法分开进行：用纯音的和语音的常用测听法估计其个别或整体的病变；用纯音的和语音的特殊测听法检查听觉功能中最高级加工机制的病变。

1. 纯音测听法：通常测听法即纯音听阈测听；特殊测听法即阈上测听。

2. 语音测听法：通常测听法即言语可懂度测听分析整体听力情况；特殊测听法即没有意义的音素检查其感受中枢的整合功能。

在本书第一部分叙述上述检查之后，还将叙述下列问题：

1. 测听法在诊断、法医学及治疗方面的价值；
2. 小儿测听法：不同年龄小儿的听力测验有其不同的特性。

一、听觉器官解剖

解剖结构包括传导结构和感受结构。

(一) 传导结构

包括外耳和中耳（鼓膜、槌骨、砧骨、镫骨、韧带、肌肉）。内耳器官中也有一部分结构起到传导作用：卵圆窗内嵌有镫骨底板、圆窗、内耳的淋巴液、膜性蜗管的膜，主要是基底膜。

(二) 感受结构

包括螺旋器（感觉细胞和神经终末支）、听神经、神经中继站、神经通路和高级中枢。有两种神经纤维：感觉纤维（输入纤维）及输出纤维。

1. 感觉细胞：约有一万个纤毛细胞，按固定的位置沿蜗管分布。有些细胞对听域范围内极轻微的声音非常敏感，位于基底膜最活动的部分，称作外毛细胞；另一些细胞只对较强的声音敏感（ >50 分贝），位于蜗管的内侧部分，称为内毛细胞。这种细胞是一些独立的感觉器单元，能将其上端纤毛变形的机械能转化为神经冲动，经其下端的感受末梢转向中枢。这种听觉生理的独特现象，并非由螺旋器上各个毛细胞单独承担，而是由在空间上固定位置分布的细胞群集体完成。它们位于耳蜗之中，各部位仅能接受一定强度和频率的声波。一万个纤毛细胞与五万条感觉神经纤维相连接。

2. 感觉神经纤维：第一神经元细胞位于螺旋器的蜗螺旋神经节内，将螺旋器的神经冲动传至延髓的耳蜗核，分为腹核及背核，均位于下小脑脚的侧面。第二神经元直接穿过延髓，也可通过位于第四脑室底的听纹，达到同侧和对侧的斜方体核。第三神经元有三条通路：

(1) 对侧通路由对侧的斜方体核直接分出，经外侧丘系的侧部而到达对侧后方四迭体的下丘。

(2) 同侧通路直接经过同侧斜方体核，经过外侧丘系的侧部直到四迭体的下丘，不跨越中线。

(3) 最后一种通路系由同侧斜方体发出，立即在斜方体中穿过中线，而入对侧外侧丘系的侧部，到达对侧的四迭体下丘。

第四神经元经四迭体下丘到达内侧膝状体。第五神经元经膝状体到达颞叶听觉中枢。因此，每侧耳部都与两侧皮层相连。

3. 输出纤维：近年来，人们获得从延髓到螺旋器有输出纤维存在的形态学确证。Rasmussen 研究了输出纤维在延髓内及听神经内的径路。M. Portmann, C. Fernandez 和 H. Engström 研究了耳蜗部分及其终末支。这些纤维来自同侧和对侧延髓橄榄核的上部，亦即部分来自斜方体核，走向第四脑室，再经过中线，靠着神经核，再靠着前庭神经，终于在耳蜗内形成螺旋形缠绕听神经而终止于耳蜗的各周的全层，在螺旋器内与感觉细胞接触。沿听觉通路，上级中枢对下级各神经中继站，有一个广泛的控制系统，上述传出的神经束，即属此系统中的一部分。听觉现象自螺旋器起始，都通过输出纤维而处于上级中枢的控制之下。

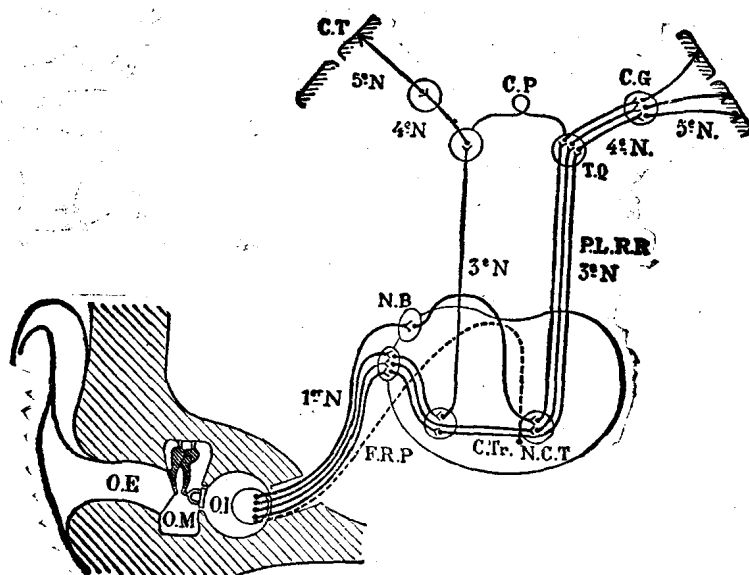


图 0-1 听觉器官及神经传导通路

O. E, 外耳; O. M, 中耳; O. I, 内耳。F. R. P (虚线): 延髓的输出纤维通向螺旋器。

1°N, 3°N, 4°N, 5°N: 直接输入的顺序联接的神经元或感觉神经。
N. B, 延髓核; C. Tr, 斜方体; N. C. T, 斜方体核; P. L. R. R, 外侧丘系的侧部; T. Q, 四迭体下丘; C. G, 膝状体; C. T 颞回; C. P, 后联合 (两侧联合纤维的通过处)

可以注意到双耳的交叉现象, 在周围部主要是借助于输出纤维; 而在中枢部则借助于后联合共同纤维和通路的两侧性。

二、听觉器官的生理

各解剖单元协同进行的生理功能

(一) 声音传导

耳廓收集到声音后, 引起鼓膜及听小骨振动。听小骨肌肉的作用可以暂时改变其阻抗。

1. 鼓膜的作用: 由于声波的作用, 鼓膜发生振动, 并把此振动传到听骨链。其功能很像话筒膜。因此, 单纯的鼓膜穿孔即可引起听力损失。

2. 听小骨的作用: 由于鼓膜的作用, 听小骨发生运动, 并将外来振动作整体的传导。如果比较鼓膜和镫骨底板的面积就可以看出整个鼓膜、听小骨系统有增加声压的作用。这主要是由于鼓膜面积约为镫骨底板面积的 20 倍, 因而可使声压增加约 20 倍 (Von Békésy)。但听小骨肌肉的收缩可以改变其物理性质, 而令整个听骨链具有保护内耳的作用。

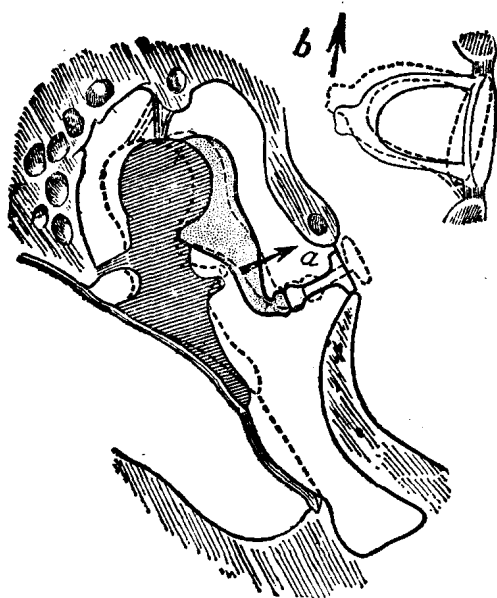


图 0-2 肌肉的作用

a) 张鼓膜肌按箭头方向使镫骨底板向卵圆窗内陷入。

b) 镫骨肌顺箭头向后拉镫骨, 使其底板前部离开卵圆窗。

两个肌肉同时收缩增加鼓膜听骨链的劲度。

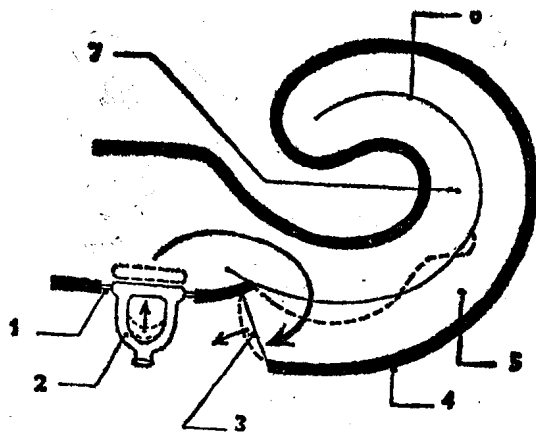


图 0-3 窗的作用

镫骨底板压入卵圆窗, 外淋巴液的运动沿前庭阶、鼓阶, 使圆窗膜向鼓室突出, 但只能在两个窗之间存在位相或压力的差别时, 才有此代偿作用。鼓膜和听骨链正常时, 鼓膜振动由固体传到卵圆窗。圆窗膜被鼓膜遮住, 只能接收慢而弱的振动, 因而振动的压力集中在底板上, 这样就造成两窗之间的差异。

1. 卵圆窗; 2. 镫骨; 3. 圆窗; 4. 耳蜗; 5. 鼓阶; 6. 基底膜及螺旋器 (虚线表示声波); 7. 前庭阶。

听小骨肌肉的作用: 鼓膜收到声波后, 引起听骨链的整体振动。此振动的强度一部分取决于张鼓膜肌和镫骨肌的张力。这两种肌肉的作用互相拮抗。但其反射是同时收缩, 从而使听骨链系统僵直而增加了阻抗, 于是减少了振动的幅度。所以, 此肌肉系统能抵抗强声而对内耳产生保护作用。肌张力造成的劲度, 特别能使低音减弱, 但对高音则无影响。如果外界声音过强, 两条肌肉就极度收缩, 而令听骨链完全不动。声音于是只能通过圆窗振动内耳的淋巴液, 这样便只有一个窗起作用而在最大强度上减弱了振动。实验证明: 切断动物的听小骨肌肉, 使耳鼓膜暴露在噪声下很快就会发生噪声性聋。

3. 两个窗的作用: 声音振动通过镫骨底板传入内耳, 借圆窗的代偿作用使外淋巴液振动。外淋巴液是不可压缩的。只有在镫骨底板运动的同时, 具有弹性膜的圆窗起到动力气压表的作用, 淋巴液才能传导。但只能声音振动达到两个窗时的位相或压力有差异时, 才能有这种代偿作用。

在生理上, 鼓膜听骨链系统收集了声音振动只传导到卵圆窗而不传至圆窗。因而圆窗膜的活动方向与镫骨底板完全相反, 这就保证了内耳淋巴液的活动, 从而刺激第八对颅神经。在病理情况下, 如果某种病变完全封闭了两个窗及其他有代偿性减压的部分 (如导水管, 血管等), 即使通过骨导, 内耳的液体也不能活动, 因而不复有任何听力。

若卵圆窗有阻塞 (例如耳硬化症), 声波只能通过圆窗进入内耳, 液体的活动是不够的。如若两窗本身无病变, 但所接受的声音压力和位相都相同, 则内耳的液体也不能

活动，因为每次底板向卵圆窗压入时，圆窗也有同样的力量抵销这一活动。接受乳突根治术的病人即属此例，术腔有少量脓液或用甘油棉片(人工鼓膜)置于鼓室内壁圆窗窝，则可改善听力，这是因为到达卵圆窝的声音振动和到达带有障碍物的圆窗的声音振动的压力或位相已有差异。临床观察证明，乳突根治术腔干燥时听力下降，而流脓时听力反有提高。

总之，声波传到内耳的条件是：两窗正常；声波到达两窗的压力及位相有所不同，差异越大，内耳液体的运动越活跃。

4. 淋巴液和蜗管的作用：在每个振动周期(Hz)中，镫骨底板的交替压力产生两种不可分离的现象：

(1) 只有在圆窗的代偿作用时，一部分内耳液体才能作整体的移动。

(2) 这种液体的整体移动引起基底膜变形。由于此种结构的物理性质及其产生共振的可能性，这种反复交替的变形遂产生沿基底膜扩散的波动。此波由两窗向蜗孔推进，并再将淋巴液向前推进。

每个声音振动周期都产生同样的现象。因此，不是一个波而是连续扩展的波，这些波根据声音的频率而不同，并且引起整个基底膜的共振。根据声音的频率，这些波沿基底膜前进达到的距离也不同，这与此膜的性质有关，基底膜越是宽而软，波动传播的距离越远，即离两窗越远而距离蜗孔越近。

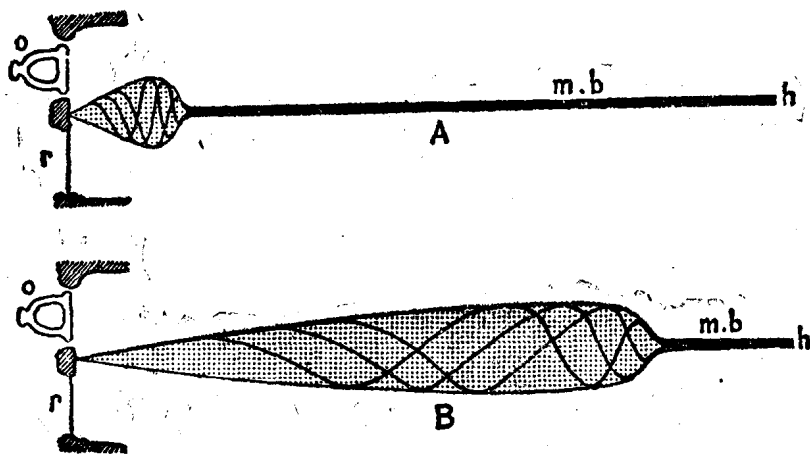


图 0-4 基底膜的振动

O: 卵圆窗及镫骨, r: 圆窗, m.b. 基底膜不振动部分, h: 蜗孔。

A. 高频：只有在靠近两窗的部分基底膜产生共振，其范围止于距两窗不远的地方。每一种频率都产生一个特定的共振范围。

B. 低频：从两窗开始到接近蜗孔的大部分基底膜均发生共振，每一种频率亦具有一固定的共振范围。

这种波传播到一定距离，即突然停止：低频波停止于距两窗较远的位置，高频则停止于距两窗较近的地方。最低音引起的波可传遍耳蜗各段直到蜗孔。高音引起的波很快就终止于耳蜗底周开始的位置。

一定频率的声音所引起波动波的传播距离永远是固定的，这决定于基底膜共振的物

理特性。弱的或中等强度共振波的最大振幅位于即将停止的部位；强共振波的最大振幅则靠近两窗一侧。上述各种结构，如外耳、中耳、耳囊（两窗）及内耳（淋巴液、基底膜）联合负担了传导振动的作用直达螺旋器。

此种传导作用，不论由哪一种解剖结构执行（外耳、中耳或内耳）都受同样的规律支配。声波在传播途中，都受到介质对之产生的阻力（阻抗）而停止或减弱。这种阻抗是一些中耳解剖结构的物理性质，在某些耳聋情况中，可因病损使这些因素改变而阻抗增加。

阻抗可借下列方程式表示：

$$i = \sqrt{r^2 + \left(mf + \frac{s}{f}\right)}$$

i = 阻抗； r = 摩擦力； m = 质量； s = 劲度； f = 声波频率。

也就是说：阻抗即振动过程的阻碍有下列特点：

① 不论振动的频率如何，摩擦力越大，阻抗越大，在任何传导病变中，都有摩擦力增大现象；

② 质量越大，阻抗也就越大，同时频率越高（因为式中 m 和 f 是相乘的）。此现象可见于耳垢栓塞或急性中耳炎（听力下降在高频段更为明显）；

③ 劲度越大，阻抗越大，特别是低音传导越受影响（因为劲度 s 除以频率 f ）。实际上，劲度增大，便于高音传导而妨碍低频通过。此种情况常为一些低频耳聋的原因（由于劲度加大而阻抗增加），耳硬化症导致听骨链及液体的劲度增加，迷路内压力升高同样可引起液体系统劲度增加，从而使低音传导受到影响。

实践中，这三个因素（摩擦力、质量、劲度）与传导结构的物理性质有关，无论何种病损，这三种因素都或多或少有所改变，以致发生所有频率都受到影响，或以低音损失为主的传导性聋，因为劲度改变常是主要原因。

（二）声波感受

属纯机械运动的声振动，通过连续传达到感觉细胞。当声波扩散时，基底膜表面纤毛与盖膜被接触部分之间，发生相对位移，于是感受细胞受到刺激。

1. 内耳本身的感受：真正的听觉功能，开始于内耳本身的感受作用，此即神经系统听觉整合的第一阶段。螺旋器的功能很像是“换能器”，它可以将机械能转化为神经能，把声音振动的所有性质转变成神经冲动。螺旋器的功能是把声音的各种不同性质转变成特异性的神经冲动，不论神经纤维接受刺激的内在机制如何，我们这里只谈谈刺激的各种特性如何转变为神经冲动，且以声音各性质中的频率和强度为例。

先复习几点神经生理的基础：

“全或无”定律：对一特定的神经纤维来说，神经冲动只能发生于超过一定强度的刺激。此神经冲动在幅度和持续时间上都是固定不变的。增强刺激，只能增加神经冲动的频率，此频率增加的最大限度，随各神经纤维的不应期而不同，超过此限度，则需要其他纤维参加，以保证冲动频率的增加。

“不应期”定律：在每一神经冲动之后，有一个不能接受刺激的不应期，听觉纤维

的不应期是千分之一秒。因此耳蜗只能根据声音的特点，向第八对颅神经提供相应数目和频率的神经冲动。

这里根据 Wever 的进发理论 (Volley Theory)，此学说现在几乎已被放弃，它似乎只对低频有效。简单举例如下：

(1) 第一个刺激是 1000 赫以下的纯音，例如 200 赫。当声音强度增加时，神经传送 10 次冲动/秒，然后 20，然后 40……直到 200 次冲动/秒，但最终不会超过刺激的频率。当声音强度再加大时，则在邻近的神经纤维中产生另外的冲动，加入了原来的冲动。二者共同的节律仍为 200 次冲动/秒。声感强度决定于神经冲动的总数目。

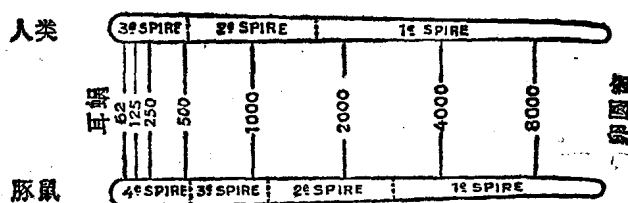


图 0-5 人类及豚鼠基底膜各频率最大振动的部位
各频率的最大感音区与耳蜗各周的部位相关

(2) 第二个刺激为 1000 赫以上的纯音，例如 1800 赫。声音强度的增加，在一个单独神经纤维上表现为神经冲动数目的增加，直到 1000 次冲动/秒，便不可能再多，因为神经纤维的不应期是 1/1000 秒。如果对多个神经纤维进行刺激，声音刺激的频率为 1800 赫，就只能表现为神经的“二相化”(神经纤维的半数和另一半数交替起作用，每半数传达 900 次冲动/秒)，共同达到 1800 次冲动/秒的节律。

刺激强度即转换为表现在神经冲动的总数。

这些简单举例可以阐明下列规律：

① 在单一根听神经纤维中，神经冲动每秒钟传送的数目，由于不应期的作用，不能超过 1000 次，也不能超过刺激声的频率。

② 此外，从神经来说，系以每秒神经冲动的总数表现声音的强度(由所有起作用神经纤维来传送)。

根据进发理论，声音的频率受到神经 1/1000 秒不应期的限制，超过 1000 赫，神经必须二相化，而在 2000 赫以上则必须三相化等等。但可能除了低频外，并不能见到神经冲动有这样准确的同步变化。

还应该承认另一机制：对于表现频率的神经冲动图象，最好描述为神经冲动在全部听神经纤维组成的“键盘”上的分布情况，这就像上文所述声波扩散一样。基底膜上最强刺激区(即振幅最大处)的位置，主要根据音调定位。低音的最大振幅位于近蜗孔处，高音位于近卵圆窗处。基底膜的振动从卵圆窗开始直到这一区域稍前方，越靠近卵圆窗，越是高音。从上述两个例子可以看出问题的复杂性。在人类，精神感觉因素越大，越不能正确的反映出声音的物理性质(例如，感知的音调常不完全依据频率)。

2. 皮层中枢的感受：在螺旋器中形成的神经冲动，沿神经传至延髓核，然后通过同侧和对侧的神经通路，最后到达右侧和左侧的颞叶听觉中枢而产生作用。沿途不断接

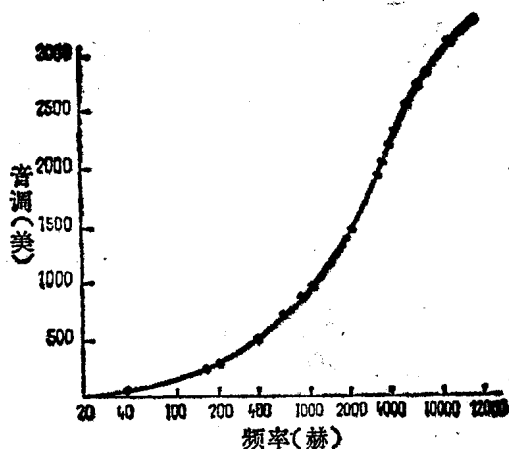


图 0-6 频率与音调的关系
(音调的单位为“美”)

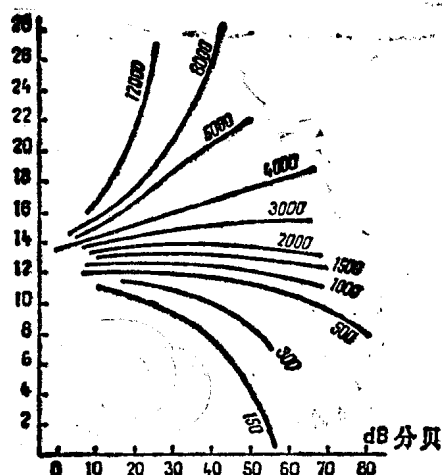


图 0-7 强度与音调的关系

在 2000 赫，中等频率的音调感觉是几乎不变的，但对低音，音调感觉随音强分贝的增大而变低，而对高音，音调感觉随音强分贝的增大而变高

受中枢性整合作用，即接受许多来自中枢神经各不同组合的影响，以至最终形成一个整体。最后，皮层细胞把神经冲动转变成声音的意识感，也就是说产生了纯神经——感觉现象。

但是在这简单现象之外，声音还能进入精神—智力层次。在听觉作用中，还有一些神经生理机制参与，如注意力、习惯、条件反射训练和记忆力。

再者，左右每一条通路最后都通到左右两侧皮层，但有一侧偏重的交叉现象。惯用右手者的左颞叶占优势。

从这简单的解剖、生理叙述可以看出，一个耳聋者，病变可以是传导性，也可以是感音性，或者二者同时存在。此外，在两耳之间存在密切关联，自第二个传入神经元开始，通路即分成同侧和对侧两路，而有了双耳共同的颞叶中枢。输出系统也作为连贯两耳的补充成分。如把一侧颞叶切除，则用普通的测听法测不出任何耳聋。只有做特殊检查，才可测出两侧听力在质量和整合方面的不同。

(三) 双耳听力

左右听觉中枢之间的密切联系，已如上述。现在讨论末梢部分，具备左右两耳，是否有助于听觉活动。在人的一生中，一般都是使用两耳。这比单耳听力要好，特别在某种情况下更为明显（例如来自不同方向的各种声音，可发生掩蔽作用的嘈杂环境等）。生理学家研究了分析这种有助于听力的因素。

关于强度阈和阈上声音方面，两耳的听力阈比单耳听力阈小 3 分贝 (Causse 和 Chavasse)。在阈上区如超过听阈 35 分贝以上，可以改善到 6 分贝。这是个不可忽视的较大改善。

同样，听力系统的分辨能力，同时使用两耳，也有明显增强（音强辨差阈）。此外，一只耳对另外一只耳的掩蔽作用，根据掩蔽声音和被掩蔽声的物理性质而有不同。对侧

掩蔽作用可以抑制或加强听力。

使听力满意的基本因素在于能把声音的来源定位。这种空间定位功能，并非完全依靠双耳听觉，还有其它因素参与。例如耳廓的转动方向，在某些动物非常灵活，在人类，这仍然是一个基本因素。对于较长的声音，两耳接受到的位相不同（由于头的位置和声音来源方向的关系，以及波长和两耳间距离的影响），强度也不同。如果波长足够长，则主要以位相差来确定声源的位置。相反，强度对确定高音来源的位置，用处较大。如果声音持续很短（例如敲击声），其到达每一只耳的时间差别似乎是主要依据。还应该强调另外一个基本因素是头部位置的变动使每一只耳能听到的声音发生位相和强度的变化，从而增加了对声音的空间感觉。

（秦家凤 译）

