



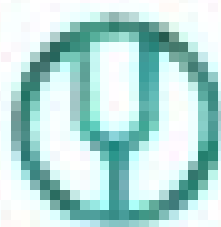
临床

听力学

纲要

LINCHUANG
TINGLIXUE
GANGYAO

郭玉德 萧学和 主编
武汉大学出版社



临床

听力学

纲要

LINCHUANG
TINGLIXUE
GANGYAO

主编 廖卫平 副主编 廖卫平 廖卫平

人民卫生出版社

临床听力学纲要

主 编 郭玉德 萧学和

副主编 王克武 罗耀俊 张笑如
魏凤立

编 著 (按姓氏笔划为序)

王克武 王振银 王增叶

龙孝斌 郑慧秋 吴月智

武 汉 大 学 出 版 社

临床听力学纲要

主 编：郭玉德 萧学和

副主编：王克武 罗耀俊 张笑如 魏凤立

*

武汉大学出版社出版发行

(430072 武昌 珞珈山)

武汉市新华印刷厂印刷

*

850×1168 1/32 9.875印张 250千字

1992年10月第1版 1992年10月第1次印刷

印数：1—1500

ISBN 7-307-01367-3/R·19

定价：9.80元

(鄂) 第9号

前 言

二十世纪后半期耳科学的飞跃发展给耳聋患者带来了福音。听力重建术的成就已为大家所公认，进而极大地丰富了人们对听觉生理学和病理生理方面的知识。测听法的改进和新测听法的不断引进，促使耳聋原因的定位和鉴别诊断更加迅速而准确。

关于听觉学说的研究以及有关听力损坏、诊断、鉴别诊断和耳聋的防治等皆积累了丰富的经验，并对其有新的认识和评价。

随着抗生素的出现，由于用药不当所致耳毒性耳聋及外伤事故造成的听觉器官损害也极为严重，且有显著增加趋势；尽管有显微、电子科学的协同发展和较好的医药条件、但若诊治不及时可导致聋哑，特别是小儿及青少年丧失听力，不仅影响患者本人的生活、学习，同时也给社会带来重大负担，后果极为严重，应予以足够重视。

在治疗耳聋前，先要确定诊断部位及性质，需通过听力检查才能辨别其性质及程度，因此，听力检查方法的改进，尤为重要，特别是小儿耳聋，如果早期诊断，并能尽早利用残余听力，则可有效地进行听力康复治疗。当然，优质助听器的匹配及进行集体训练和适当选型配带可使一大部分残听者解决耳聋之苦，转而成为社会的正常劳动者。

近年来，耳聋诊断新法不断出现，结果更加客观，且有效、准确、简便易行。当前已应用现代电子仪器，如纯音、自动连续、ABR、EOAE等全自动、客观、指标化等系列新方法以及各种听力试验，包括响度平衡试验、音强辨差试验、听觉适应、噪音测听、耳蜗电位、声阻抗、语言测听等已成为常规检查内容，这些方面在本书均有详述。小儿耳聋有特殊意义，因而设专

章加以介绍。另外，对耳聋患者如何配戴助听器问题，也列入专章介绍其原理、选择及配戴方法。

总之，听力学及其检查方法，不仅关系到耳科医师，而且与工业和卫生也有着密切的联系。现在关于这方面的文献仍感不足，还不能满足临床医师的要求和问题的全面解答。个别听力检查方法叙述过于繁琐，从临床角度要求今后应向简化方面努力。关于音叉、耳语等虽是老的听力检查法，但对广大基层及普通年轻医师仍不失为一种初步判断听力障碍的有力手段。纯音电测听检查法等现代电子仪器，只能在有条件的地方发挥更大作用。为满足广大医务工作者及患者的需要，我们参考大量国内外文献并结合笔者几十年的临床经验，汇编成《临床听力学纲要》。对从事耳科临床的各级医师、在校医学生和研究生是一本有益难得的参考书，对耳聋患者康复治疗及其康复教育人员均有指导作用，诚望读者有所受益。

由于笔者知识水平有限，文中如有不妥之处，望批评指正。

编者

1991年4月于武汉

目 录

第1篇 耳解剖生理学简述

第1章 听觉物理学概念	(1)
第1节 音野.....	(1)
第2节 响度.....	(5)
第3节 听觉感受性的鉴别阈.....	(7)
第4节 乐音听力和绝对听力.....	(8)
第5节 听觉适应.....	(8)
第6节 听觉遮蔽.....	(9)
第7节 音定位作用.....	(10)
第2章 听觉器官的临床解剖学和生理学基础	(12)
第1节 耳传音系统.....	(13)
第2节 音分析器的传导与中枢.....	(36)

第2篇 临床听力检查及诊断

第1章 听力检查方法	(43)
第1节 言语和耳语听力检查法.....	(44)
第2节 纯音和噪音感受检查法.....	(52)
第3节 音叉检查法及操作.....	(53)
第4节 纯音测听检查法.....	(55)
第5节 听力检查的一些条件.....	(59)
第6节 骨导检查法.....	(62)

第7节	纯音和语言感受之间的比率·····	(75)
第8节	电测听法的优缺点·····	(77)
第9节	准确应用听力检查法·····	(79)
第10节	听力检查的记录方法·····	(80)
第11节	阈上测听法·····	(84)
第12节	复聪(重振、响度平衡)测验·····	(85)
第13节	音强辨差阈或鉴别阈·····	(92)
第14节	听觉适应检查·····	(94)
第15节	噪音测听法·····	(97)
第16节	诱发性耳声发射测听法·····	(101)
第17节	声阻抗测试·····	(110)
第18节	诱发反应测听法·····	(122)
第19节	各种耳聋对不同测听的反应特征·····	(130)
第20节	伪聋识破法·····	(134)
第21节	听力重建术时听力检查·····	(137)
第22节	职业选择的听力检查·····	(142)
第2章	耳蜗神经炎及听束传导破坏水平的鉴别诊断 ·····	(145)
第3章	听觉器官各种病因的听力学特点和临床症状 ·····	(150)
第1节	急性中耳炎·····	(150)
第2节	卡他性中耳炎·····	(151)
第3节	分泌性中耳炎(渗出性中耳炎)·····	(154)
第4节	慢性非化脓性中耳炎·····	(155)
第5节	慢性化脓性中耳炎·····	(157)
第6节	粘连性中耳炎(干性中耳卡他)·····	(160)
第7节	鼓室硬化症·····	(161)
第8节	耳硬化症·····	(163)
第9节	美尼尔氏病·····	(167)

第10节	听觉器官的毒性破坏	(169)
第11节	老年性聋	(172)
第12节	高血压病听力损害	(173)
第13节	噪音性聋	(174)
第14节	传染病时听觉器官的损害	(175)
第15节	听觉器官的气浪伤损害	(180)
第16节	迷路和头颅损伤	(183)

第3篇 小儿耳聋

第1章	聋儿病因、分类及康复	(187)
第1节	耳聋病因	(187)
第2节	小儿耳聋特点和分类	(199)
第3节	听力缺陷小儿的教育与训练	(215)
第2章	小儿听力检查	(219)

第4篇 助听器

第1章	听力学有关基础知识	(255)
第1节	声音	(255)
第2节	听力学	(260)
第3节	耳解剖及生理的复习	(266)
第4节	病理	(273)
第2章	配助听器前的听力检查	(278)
第1节	听力检查	(278)
第2节	纯音测听器检查	(283)
第3节	纯音听力检查法和语言听力检查法	(286)
第3章	助听器	(293)
第4章	耳聋和助听器之间的关系	(298)
第5章	配戴助听器	(304)

第1篇 耳解剖生理学简述

第1章 听觉物理学概念

第1节 音 野

区别声音高度、响度和音色的能力属于音分析器的基本功能。某一声音的高度是由音频来决定的。人耳能感受音频适在10~20000赫兹的声音。高音域和低音域是没有严格划分界限的。如低音区域的声音适在12~24赫兹，而高音区域则为18000~22000赫兹。当然也存在一定的个体差异性。除此之外，能否听到这些声音是依所发出的声音强度为转移的，声音的振幅越大，其听域也就越宽。这种现象是用基底膜的边缘部分反应不低于10和不高于10000~13000赫兹的音频来解释的，基底膜纤维不存有反应更低和更高音频的特殊部分。区分这些纯音是依泛音来实现的，泛音是在很强烈的音强时产生的，使基底膜发生变相的音强。因此当音强增大时音感受域也将被扩大。在高出10000赫兹音域内是不存在区分纯音高度的。在感受最低的纯音时常混有振动感觉，这时有碍低音界的准确测定。

每秒16次以下的波频声音列入低音波，高于20000次以上的声音属于超声波。动物感受的音域与人类能够听到的音域是不一致的。通过条件反射的方法证明，狗能感受达30000赫兹的声音，猫能感受近40000赫兹的声音。蝙蝠可发出50000~60000赫兹的

高频音并能感觉这些声音。以此来说明甚至在无视力的条件下（雷达原理）某些动物也不会与其它物体冲撞的道理。正常人在其音域范围里可无遗漏的感受所有间断性的纯音。

为了标志纯音高度，除频率数字外，也可采用乐谱标志。把与第一音频相比的双重音频的纯音叫做八度音。后者又分七度，其在音乐中的名称是：*do* (*c*)，*re* (*d*)，*mi* (*l*)，*fa* (*f*)，*sol* (*g*)，*la* (*a*)，*Si* (*h*)。

如果把16赫兹的纯音做为 C_{III} 时，则以下的八度音将得出的音频为32赫兹—— C_I ，64赫兹—— C ，128赫兹等，依此类推：

C_{III}	C_{II}	C	c	c^1	c^2	c^3	c^4	c^5	c^6	c^7
16	32	64	128	256	512	1024	2048	4096	8192	16384

因此，人耳的音域能够高出10个八度音，自 C_I 到 c^5 （自32到4096赫兹）的声音属于乐音范围，声音达 c^2 （512赫兹）列为低音域，自 c^3 到 c^5 者（512~4096赫兹）列为高音域。超乐音范围者则高出乐音范围。

听力随着年龄而变化，特别是表现在高音界方面。15~20岁的人表现出听力最敏感，以后逐年下降。40岁以前的最大感受域适在3000赫兹范围内，40~60岁者在2000赫兹范围里，60岁以上者在1000赫兹范围里。事实上，人耳所能感受的音域范围在整个物理声音中间仅占相当小的一部分。而超声波可达到每秒钟数十万和数百万次。人耳所能感受的声音，对于区分环绕我们周围所发生的声音现象有极大生物学意义，也就是对于这些声音产生最大的感受性。然而，对于能感受听到的音频，还需要一种另外的必备条件，即足够的波幅（声音的强度或力量）。因此说不存在单独的质的听力检查（区分高度）和量的听力检查（识别力量）。声音的两种性质即力量和频率是互相联系着的，并且仅能根据其对某一频率的关系才能说出声音的力量。

如果把音频放到座标的横轴上，把声音的力量换成压力单位（微巴）或能量单位（尔格）放到座标的纵轴上时，将很容易得

到耳机能状态的图象。我们所听到的声音的频率，特别是力量方面的很大改变，在图上并非直线相关，而是近似呈对数函数关系。在此图上最低的曲线E(图1)相适于听阈，即反映出耳对各种不同音频的感受性。因此，人耳在该频率时所能感受的声音力量称为音的绝对值。感受性相等于音阈值的倒数： $E_0 = \frac{1}{I_0}$ ，这里的 E_0 为耳的感受性。 I_0 代表在听阈上的声音力量。

耳对1000~4000赫兹范围的声音具有最大的感受性，这里的音阈大致地相等于音压 $P_0 = 0.000204$ 微巴，其值等于 10^{-9} 尔格/厘米²/秒或 10^{-16} 瓦/厘米²/秒。

难于想象到音分析器这种惊人的感受性。在声阈力量时鼓膜振力的幅度是很小的，甚至比氢分子直径还要小得多而达到柯替氏器的能量不会超过视网膜在刚刚勉强能看到星光时所得到的能量。

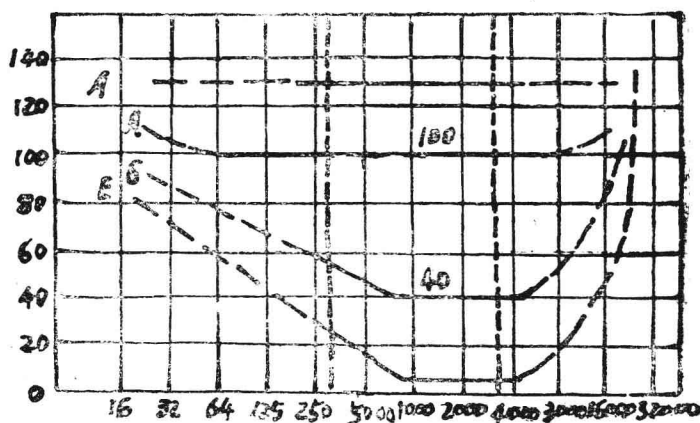


图1 音野声域纵座标示声强，以瓦、尔格、贝尔、分贝尔为单位。E示听阈，即听力曲线；A示痛阈曲线，B示正常阈上40分贝音强时的平均响度曲线

耳感受性离开这个最适宜的范围时便很快地下降并在200和1000赫兹范围里听阈量已是1000~4000赫兹音的一千倍。不仅是

低音界方面而特别是在高音界方面(1500赫兹),其感受性迅速下降可达最宜音域的百分之一。

如果检查阈上音量的声音时,则在足够的音强时声音具有相反的不快作用,并将进一步引起耳内压迫感与疼痛感。倘若测出各种音频的痛压阈值时,则可得到上边听觉局限性阈值曲线图,即压力和痛觉(π)曲线图。所有位于感受曲线(E)和压力曲线(π)之间的曲线就是音野。

此音野的范围在听觉最适的音域内(在音频1000~4000赫兹范围内)是特别有意义的。感受阈(10^{-8} 个尔格)和压力阈(10^{-4} 尔格)的声音力量之间比例恰为 10^{18} 。在技术上尚不知道能否通过某一仪器对这类天文数值相互拆开的数字显示出其大小的例子。

表示两程度间的对数单位的比例为 $10 \lg \frac{I}{I_0}$ 。这里的I为被认定的声音强度; I_0 为听阈上的音量。这个单位叫“贝尔”。此时音野强度的整个音域只为13对数单位或13“贝尔”。音能零水平(I_0)可任意选定,例如1微巴,这时,另外一个音能的水平则将自此上下分别换算。一般把0.000204微巴= 10^{-8} (个)尔格/厘米²秒= 10^{-10} 瓦/厘米²/秒的压力取为零水平,其正等于在此情况下的最大感受区域阈值稍低音量。所有听到的声音均将算出正数单位,实用上多采用较小单位——分贝,等于1/10贝尔并按下列公式计算分贝数: $10 \lg_{10} \frac{I}{I_0}$ 。

此单位用下列比例表示更为方便,即大约等于能分清两音响度所必需的添加声音力量。因此,分贝是该声音力量(I)对零水平(I_0 相应音为 P_0)比例的以10为底的对数值。如从音压(P)大小为出发点时,则分贝数将为:

$$10 \lg_{10} \frac{I}{I_0} = 20 \lg_{10} \frac{P}{P_0}$$

为了明显起见,我们现将分贝数和与之相比的音强见表1

(I和P的单位分别以尔格和微巴表示)。

表1

分贝	1	3	6	10	20	40	60	80	100	140
$\frac{I}{I_0}$	1.26	2	4	10	10^2	10^4	10^6	10^8	10^{10}	10^{14}
$\frac{P}{P_0}$	1.12	1.41	2	3.16	10	10^2	10^3	10^4	10^5	10^6

由表中明显看出，音强增到6分贝正相当于音压增大2倍，而增大到20分贝，则等于音压增大10倍，依此类推。

听阈的计算水平用零分贝表示。安静环境中的噪音强度达到20分贝时，亦即阈音的100倍，而音压则为10倍，耳语强度为30分贝，言语强度为60分贝，街道噪音为70分贝，大声谈话声为80分贝，耳旁喊叫为110分贝，飞机发动机噪音为120分贝。音野占据着所有能听到的声音范围，音乐的声音，例如乐队，其声音高度恰在32和5000赫兹范围内，强度达80分贝或更高些。人类语言占音野相当小的一部分。在音强40~60分贝时的音频为350~4000赫兹的声音是言语最重要的部分。

第2节 响 度

用分贝所表示的声音物理学强度还不能决定作为我们感觉特性的声音响度，即生理现象。

大家知道，对强音的感受性取决于音的高度和两侧最适的音域，声音在2000~3000赫兹之间很快消逝并对很低的及很高的纯音构成百万分之一。

音量相等而音频各异的两种声音其响度是不同等的。例如，频率64赫兹的音强40分贝（按正常零水平换算为0.0002微巴）时

仍然听不见。因此，曾设想出在一定的感受力量时，利用平均感觉，即该音的音量表现对该频率感受阈特征的力量比例。当然，感受水平也由分贝来决定，即由两种强度的比例来决定，但是这些分贝将意味着另外的强度大小，好象决定着正常音域上的声压水平的那些分贝值一样。该分贝恰与音频1000~3000赫兹的声音相等，因为正常水平算成的数字正好等于此音域的阈音压力。现今很少利用感受水平，因为它不能让我们得出各不同音频响度的比较。换言之不同音频声音的阈上响度随速度不同而增长。有鉴于此，各不相同音频的阈上音，其响度亦各异，尽管感受水平是相同的。为了比较各音频之响度而来确定出响度水平，比较被检查出的响度与1000赫兹平均响度，得出该音强的分贝数字。所以一定音的响度水平正好等于1000赫兹被检音平均响度的强度（换算成正常阈上的0.0002微巴）。

但是，人们找不出在相当程度内的响度水平特征是真正的响度，即该感觉值的数字价值。响度水平只能得到两种音的响度比较，然而却存在人耳响度的直接价值。例如，在音乐中很久以来就采用最弱、弱、次弱、中强、强、最强和强-最强等符号，每一级均为前者的两倍。整个乐音音域适在响度的70~80分贝，因此可以大致认为声音强度每增大10个分贝，则响度增加2倍，由此还可看出，响度水平的增大并不能相应地得出响度的真正感觉。大多数人都能很准确地测定声音的双重响度，且大量的受检者均得到相同的结果。这种方法的检查可用来表示听器官分析力的特点。

音色取决于组成泛音的量和大小。大钢琴或吱吱声的音量和音强度是同样根据参与的谐音各音谱使耳易于分辨。而且，好耳能进行复合音的分析，以前称其为组合谐音。在这方面听器官要超过眼睛，因眼睛尚不能分辨出组成光成分的白光（各种不同频率电磁波的混合物）。

还注意到音分析器的一种特性。同种和谐音的复合声音将

对耳引起同样的声音，倘若此等和谐音在基础纯音方面处于不同位相情况也一样，而通过这样方式，耳将区分出泛音的高度与响度，但对其位相是不敏感的，尽管声音曲线的形式在任一泛音位相移动时有剧烈变化。欧姆值显示出听觉器官的这种特性，认为耳将对各个组成正弦音进行复合音的分解并仅仅对此单纯声波敏感。所以，任何一种听觉学说都应说明耳对复合音分析的能力。对听觉共鸣学说是很清楚的，因借助共鸣器很容易进行分析复合音，分解各个成分。

除了听觉器官的基本特点，即分辨声音的高度、响度和音色能力外，它还具有一系列更完善利用信号的特点。

第3节 听觉感受性的鉴别阈

音分析按声音的频率和强度能分辨出阈上音，对于这种特点的数量概念应该测出该音频或音量的最小增长量，即耳所能识别出来的。而且根据音偏侧韦伯定律，必须使音叉增强的大小足够引起敏感，其所增大的音量始终保持恒定比例。即增大量永远构成最初音叉的一定部分。因此，把这种音频明显增长量对最初音频的关系叫做音频鉴别阈。在音频500~5000赫兹范围内的这些最小阈值等于0.003。这意味着音频的改变总是在纯音1000赫兹~3000赫兹为耳所能区别为另外一种高度的道理。在纯音4000赫兹时，则需12赫兹的增长量，依此类推。鉴别阈的特点是耳的临界分析功能，看来主要与大脑皮质终末活动有联系。

应看出，音量鉴别阈也取决于检查音的频率。在低音域内阈值特别大，而在500~4000赫兹范围则特别小。计算音频1000赫兹的响度序数达374级。在高度正常鉴别阈时耳能区分的频率为2000级。这样一来，耳所感受响度级的总数和纯音的高度超出50万（ 374×2000 ）。纯音可以联合的数量（更不说复合音的数量）是怎样也算不到的。

第4节 乐音听力和绝对听力

在感受音强时区分一定频率关系是听觉器官的特殊功能。例如频率间隔 $1:2$ 的叫八度音，而且就其所有频率范围感受都是一样的。间隔 $3:2$ （五度）， $4:3$ （四度）等亦都对耳引起特殊音感。间隔的细微识别和声音记忆均为乐音听力的基础。认出任一乐音纯音高度（例如在五线谱符号中）的能力叫绝对听力。由此定义很清楚看出，主要是在熟悉音乐者的身上可查出绝对声音。良好的乐音记忆是做为绝对听力的主要标志之一。大家知道，受训练者可识出声音强度。例如，音乐家相对地会很好的记住他自己乐器的结构并能将其所发出的乐音做比较。因此，指挥者的记忆听力要相对地对经常遇到诸如音色的高度，特别是对很熟悉的被检音的高度识别比失去音色的声音容易些。

第5节 听觉适应

声音作用到听觉器官引起某些机能特性改变，这种生理学的适应叫听觉适应。感受性的变化是最重要的特征，在音刺激的影

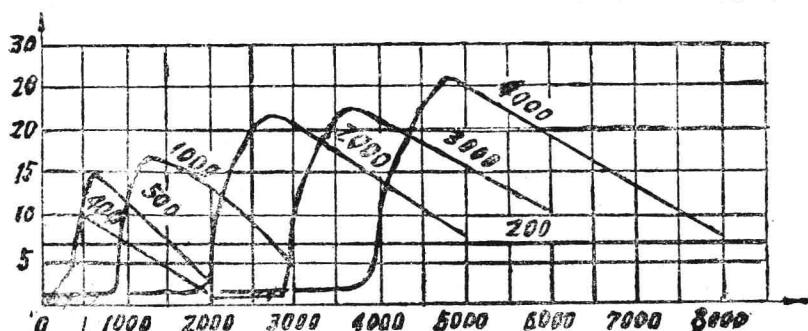


图2 用200、400、500、1000、3000、4000Hz刺激后各音频之阈值升高曲线图。
听阈上100分贝，刺激5分钟（据AA、
КИЯЗОВАЯ）