

16—25岁青年人純音听觉閾限的測定

II. 正常听閾曲綫

龙叔修 方至

(中国科学院心理学研究所)

我們关于青年人純音听觉閾限的測定工作的第二部分,即現在所要报导的部分,是根据耳机在被試外耳听道中所产生的声压和耳机輸入电压之間的关系(这个关系称为人耳校准的耳机灵敏度)的測定,和工作的第一部分中原有的数据,包括各頻率測試起点的耳机輸入电压,和达到听閾时的衰減数字等^[1],計算出各頻率上的听閾。

关于听觉(絕對)閾限,文献上有所謂“最小可听声場”和“最小可听声压”之分^[2,3]。我們的测听工作是使用耳机做声源的,現在的任务就在于找出耳机在听道中所产生的“最小可听声压”。

自由声場中听道声压分布的研究^[4]揭露了外耳对于某一部分音頻的放大作用,和鼓膜附近声压与听道(外)口声压的一定比值。这个結果适用于很多种不同的(包括戴耳机的)情况。但是听觉的刺激条件极端复杂,甚至在測定閾限的場合也是如此。具体的問題,就象“声場”和“声压”两种閾限的差异如何解释,都沒有完全弄清楚^{5]}。

虽然近年文献倾向于在听道口測量声压^[6,7,8],我們却在听道口和鼓膜区两处測定了耳机的灵敏度,为的是想在确定听閾的同时,探明在我們的实验情况之下,能否証实前人所找出的鼓膜附近声压和听道口声压的比例关系。

方法和技術

測量听道中的声压的方法是使用一个探測传声器,即具有导管的传声器^[5,9]。給耳机以一定的音頻交变电压后,耳机在听道中所产生的声压由传声器再度变成电压,通过适当的滤波器和放大器,在精密的电压表上讀出。图1是仪器装置的大意。其中頻率分析仪包括放大和滤波部分以及自己的音頻电压表。

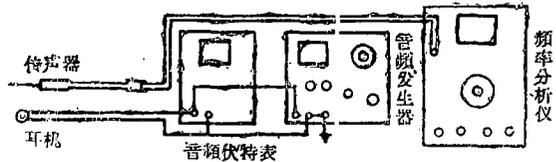


图1 仪器装置

图2是探測传声器,这是我們将一个电容传声器改装而成:先去掉护膜金属网,再加上一个略凸的密合的圓形銅盖,盖的中央垂直向外焊接了一根小銅管,长44毫米。导管就套接在小銅管上。

导管是塑料制成的,內径約1毫米。为听道口和鼓膜区分別地使用了两根长度不等的导管。短的一根入听道深度約为1—2毫米,长的一根达到鼓膜附近。这一方面由被試报告他所听見的导管接触鼓膜时的响声保証着(当被試报告听見响声时,实验者立刻停止

向听道内推进导管,并向外回拉一极小长度),另一方面由实验者依据听道长度的标准数字控制着(听道约长23毫米)。插导管的方法先由实验者在自己的耳中试过,才推行于被试。

为了使导管入听道不致超过应有的深度,还利用了细铜丝做成的小支架,略大于听道的口径,绕在导管上并与导管垂直。

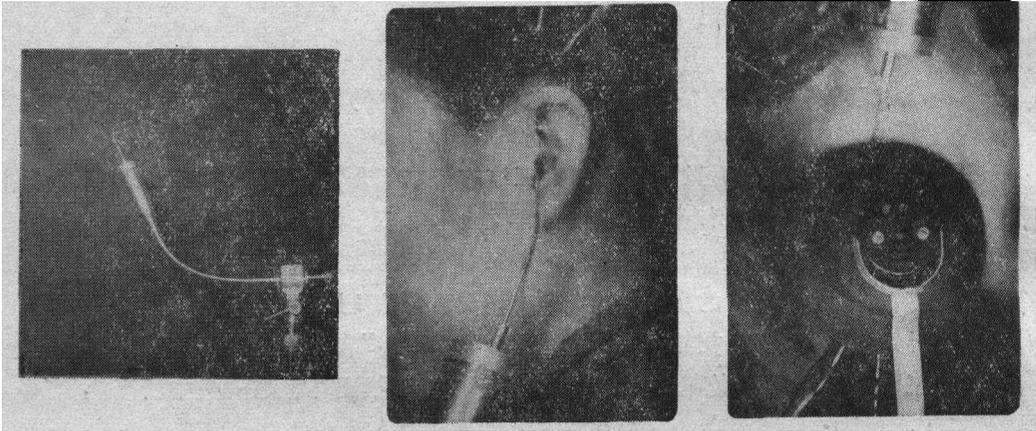


图 2

图 3

图 4

导管插入听道后,就给被试戴耳机。要注意使耳机的海绵橡皮罩的压力为传声器上的小铜管而不是导管本身所承受;小铜管则应该近乎平行地和均匀地接触面颊。图3和图4表明导管传声器和耳机在被试面颊上的正确位置。

在量听道口声压时我们用了20名被试,在量鼓膜附近声压时用了9名被试,男女差不多都各占一半。我们不要求这些被试一定要是测听工作中的被试,但是要求他们属于同一年龄范围,没有耳病,听力正常。除了少数例外,对每一个被试都测试全部耳机,但是只用一耳,左右不拘。

结 果 与 讨 论

先说明一下计算公式:

1. 求耳机灵敏度的公式。命

- V = 耳机输入电压,
- S = 耳机灵敏度(微巴/伏),
- K = 传声器灵敏度(伏/微巴),
- R = 电压表读数,

一律以分贝计,以1伏及1微巴为基准,则有

$$V + S + K = R,$$

即

$$S = R - V - K. \quad (1)$$

2. 求听阈的公式。命

- U = 测听起点的耳机输入电压,
- x = 衰减数字,

S_i = 各耳机灵敏度(微巴/伏),

n_i = 使用各耳机被试人数,

N = 被试总人数,

T = 听阈,

除人数外,一律以分贝计,以 1 伏及 1 微巴为基准,则有

$$T = \frac{\sum x + 2 \sum n_i S_i}{2N} + U + 2.5 \quad (2)$$

以上两个公式中的变量,在必要时,用写在右下角上的辅助符号 m 和 t , 或独立地书写的 (m) 和 (t), 来给它们区别是适用于听道口的或鼓膜区的。

在公式(1)中, R 用全体被试的读数的平均值(当然按耳机和频率分别计算), V 值经常是 9.5 分贝(即 3 伏),但在灵敏度太低,读数困难时改用了 19.1 分贝(即 9 伏), K 值是电子所李炳光同志为我們所测定的¹⁾, 如表 1。

表 1 探测传声器灵敏度

频率	125	250	500	1000	2000	3000	4000	6000	8000
K_m	-66.5	-70.0	-75.5	-80.5	-82.0	-85.0	-91.5	-94.5	-82.5
K_t	-68.0	-71.0	-77.5	-78.5	-87.5	-84.0	-89.5	-95.5	-85.0

由于器材和仪器特性方面的限制,在较高的频率上难以得到准确的数字,为此我们不得不取消 12000 赫的频率上的耳机灵敏度的测定。

在公式(2)中, U (要改用分贝表示)和 $\sum x$ 都是原有的测听数据,人数 n_i 和 N 也都是已知的。

根据公式(1)算出了人耳校准的耳机灵敏度,如表 2 和表 3。

表 2 耳机灵敏度, S_m

频率		125	250	500	1000	2000	3000	4000	6000	8000
耳 机 号 数	I	10.5	15.7	23.3	24.0	13.5	1.5	-0.3	-27.5	-23.2
	II	7.5	13.5	23.6	25.8	12.5	-3.0	-2.2	-26.5	-24.7
	III	7.3	12.7	23.8	25.5	12.3	-3.3	-2.2	-28.0	-25.2
	IV	9.9	13.2	22.8	26.4	10.3	2.0	-13.8	-27.0	-21.3
	V	9.2	14.2	23.3	24.8	13.0	-1.5	0.5	-23.5	-23.0
	VI	6.5	12.1	21.7	27.5	14.0	-2.6	-0.4	-27.0	-21.3

表 3 耳机灵敏度, S_t

频率		125	250	500	1000	2000	3000	4000	6000	8000
耳 机 号 数	I	4.5	10.4	22.2	24.3	16.7	9.7	8.6	-18.6	-18.9
	II	9.4	14.5	26.3	25.4	16.0	9.6	3.6	-18.4	-19.1
	III	5.7	11.4	25.4	24.4	16.5	12.1	1.4	-21.9	-21.5
	IV	10.5	14.2	25.5	26.5	15.6	13.6	-1.3	-19.8	-17.6
	V	4.4	10.2	22.2	25.3	16.7	10.9	2.5	-13.1	-26.4
	VI	9.9	15.4	26.7	24.7	16.9	13.5	2.2	-18.1	-22.9

1) 用比较法:标准传声器号 No.15921 F829, 灵敏度 -54 分贝, 基准 1 伏/微巴。

利用这些灵敏度数字,根据公式(2)算出了听道口和鼓膜区的听阈,如表4。

这两种听阈在 1000 赫以下的频率上差不多是一致的,相差不过±1分贝,应该說是在实验误差以内。而在較高的频率上(大約 2000—6000 赫或—8000 赫)則出現很明显的差异,最大达到 12 分贝(在 3000 赫的频率上)。所以鼓膜区的声压是常高于或等于听道口的声压。

表 4 听 阈

頻 率	125	250	500	1000	2000	3000	4000	6000	8000
T_m	-36	-52	-60	-64	-67	-77	-72	-70	-64
T_t	-37	-52	-59	-64	-63	-65	-66	-62	-62

图 5 是依据表 4 上的听阈数字所作成的正常听阈曲线。图 6 是我们的结果如若干种国外研究结果的比較。

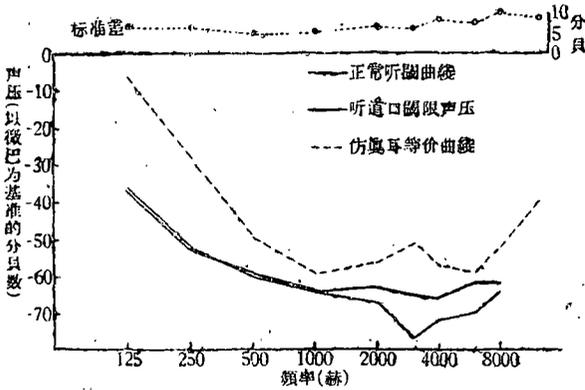


图 5

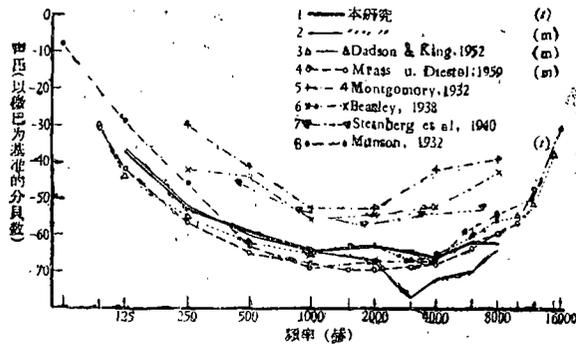


图 6

在听道口的声压和鼓膜区的声压不相等的场合,我們倾向于把鼓膜区的阈限声压数字看做是真正的听阈,而把听道口的最小可听声压以及最小可听的自由声場等只看做是它的等价量,虽然我們承认把这些都看做是不同种类的听阈也具有一定的理由。

我们的结果在大致的趋势上证实了前人在自由声場中量出的鼓膜区和听道口的声压的差异。我们的结果和前人的结果在声压差异的大小上和频率范围上是这样类似,以致很少有任何误解的可能性*。

我们的鼓膜区正常听阈曲线比較平滑,表明它不因频率的增减而作突然的变动。听道口的曲线有个下陷的地方,相当于鼓膜区和听道口两种听阈之差,表明它是具有比較急剧的变动的。听道口听阈曲线

在大约 2000—6000 赫的频率范围明显地下陷的这个特征,我们在一些最小可听声場的研究结果中也可以十分清楚地看到**。这是可以理解的,因为自由声場正是一个沒有受到外耳的集音作用的影响的声場。

图 6 上的两条听道口听阈曲线(3 和 4)却不表现出这个特征,反而与我们的鼓膜区听

* 参看文献[5], 405 頁, 图 7。

** 参看文献[2], 294 頁, 图 3, 296 頁, 图 4, 和 313 頁, 图 10。

閾曲綫,以及另外一条鼓膜区听閾曲綫(1 和 8)相近。应该认为这是由于这两个研究所用的方法上的特点。这些方法上的特点(主要的是所用的耳机和軟罩的質料和戴耳机的方式)使听道中的声压分布变成均匀的或至少近乎均匀的。

图 6 上另外几根曲綫(5, 6, 7)是一些調查性质的研究結果。它們的閾限数值太高,所表現出来的因頻率而变的趋向也很不細致。

我們的听道口和鼓膜区的两根听閾曲綫在 1000 赫以下的 4 个頻率上的符合于理論的重合,証明我們的測定耳机灵敏度的工作在技术上是可靠的和正确的,同时也証明我們在这工作中所用的被試人数虽然不算多,还不是太不够。

因为技术随时代而进步,应该认为近来的研究比早期的更正确一些。在图 6 上,我們的結果宁可与两条听道口的听閾曲綫(3 和 4)相比較。在低頻率,我們的曲綫的趋向与这两条曲綫十分一致,虽然在数值上我們的結果高了大約 5 分貝。在高頻率上,难以說有一致的趋向,但是在数值上,我們的鼓膜区听閾和它們相比有高有低,約略相等,而我們的听道口听閾,由于上述原因,自然低了很多。一般說来,和其它研究相比,我們所得到的听閾显得在較低頻率方面略高,而在較高頻率方面略低。这种差别的真实的原因还有待于判明。

我們的研究的最大缺点是頻率的分布不够寬,特别是沒有万赫以上的頻率上的听閾数字。作为测听器的零綫而应用的时候,我們建議: 主要地根据本研究結果的一般趋向,同时参考前人研究結果,外插一个 12000 赫的頻率上的听閾数字。这个数字应该在 -55 分貝到 -50 分貝之間,并且是鼓膜区和听道口两条听閾曲綫上的另一个共同点。

参 考 文 献

- [1] 龙叔修, 王鐸安: 16—25 岁青年人純音听觉閾限的測定。 I 仿真耳等价曲綫。心理学报, 1960 年, 第 1 期 54—60 頁。
- [2] Licklider, J. C. R., Basic correlates of the auditory stimulus, in Stevens, S. S., ed., Handbook of experimental psychology (994—998).
- [3] Sivian, L. J. and White, S. D., On minimal audible sound fields, J. Acoust. Soc. Amer., 1933, 4 (288—321).
- [4] Wiener, F. M. and Ross, D. A., The pressure distribution in the auditory canal in a progressive sound field, J. Acoust. Soc. Amer., 1946, 18 (401—408).
- [5] Munson, W. A. and Wiener, F. M., In search of the missing 6 db, J. Acoust. Soc. Amer., 1952, 24 (498—501).
- [6] Dadson, R. S. and King, F. H., A determination of the normal threshold of hearing, J. Laryng. & Otol. (London), 1952, 66, No. 8.
- [7] Wheeler, D. T. and Dickson, E. D. D., The determination of the threshold of hearing, J. Laryng. & Otol. (London) 1952, 66, No. 8.
- [8] Mrass und Diestel, Bestimmung der Normalhörschwelle für reine töne bei einohrigem Hören mit Hilfe eines Kopfhörers, Acustica, 1959, 9 (61—64).
- [9] Beranek, L. L., Acoustic Measurements, 1949.

(1960 年 2 月 4 日收到)

ИЗМЕРЕНИЕ СЛУХОВЫХ ПОРОГОВ МОЛОДЕЖИ 16—25 ЛЕТ

II. НОРМАРНЫЙ СЛУХОВОЙ ПОРОГ

Лун Шу-сю и Фан Чжи

(Институт Психологии АН КНР)

В институте Психологии был проведен слуховой эксперимент, в котором чувствительность применимых наушников была определена путем измерения звукового давления в слуховом проходе наружного уха и в барабанной перепонке. Для этого применялся зонд-микрофом. Из данных о чувствительности наушников и о измерении слуха получается нормарный слуховой порог с 9 разными частотами (от 125 до 8000).

Кривые порогов сравниваются с теми кривыми, которые получают разными иностранными авторами.

A DETERMINATION OF THE NORMAL THRESHOLD OF HEARING OF YOUNG PEOPLE 16—25 YEARS OF AGE

II. THE NORMAL THRESHOLD OF HEARING

LUNG SHU-HSIU AND FAN CHIH

(Institute of Psychology, Academia Sinica)

The sensitivity of the earphones used in the hearing tests carried out by the Institute of Psychology is determined by measuring the sound pressure produced by them both at the external end of the meatus of the human ear and at the eardrum, for which purpose a probe microphone is employed. From the earphone sensitivity data and the audiometric data the normal threshold of hearing for 9 different frequencies (from 125 to 8000 inclusive) was obtained.

The threshold curves were compared with curves obtained by different authors abroad.