

中国幼儿外耳道声学共振特性的真耳测量

郝 昕 张 微 邹 玲 洪梦迪¹ 石 磊²

(中国人民解放军总医院 北京 100853)

(1 北京市耳鼻咽喉科研究所 北京 100005)

(2 天津公安医院耳鼻喉科 天津 300078)

2002 年 8 月 5 日收到

2002 年 12 月 5 日定稿

摘要 为了了解中国幼儿外耳道声学共振特性的发育规律, 并与欧美幼儿的数据作比较, 藉以探讨欧美流行的小儿助听器处方选配公式是否可直接移植到中国幼儿身上, 对 45 名学龄前幼儿, 在真耳分析仪允许的声场条件下, 测试儿童外耳道的声学共振特性。同步设置 16 名成人对照。结果表明中国成人与儿童的共振峰频率存在显著性差异; 随年龄增长, 小儿的外耳道共振峰频率移向低频 (由 4589 Hz 至 3550 Hz); 中国儿童外耳道声学特性与欧美儿童不同, 各年龄段的共振峰频率与欧美报道的结果均有显著性差异。应用国外开发的小儿助听器验配处方公式时, 应采用儿童个体的真耳测量数据。

PACS 数: 43.63

Real-ear measurement of ear canal acoustic resonance on Chinese children

XI Xin ZHANG Wei ZOU Ling HONG Mengdi¹ SHI Lei²

(Department of Otolaryngology, PLA General hospital Beijing 100853)

(1 Beijing Institute of Otolaryngology Beijing 100005)

(2 Department of Otolaryngology, Police hospital, Tianjing 300078)

Received Aug. 5, 2002

Revised Dec. 5, 2002

Abstract The study investigate the developmental rule of external ear canal resonance characteristics in Chinese children and compare with western countries' data. The aim is to explore the possibility of application of DSL prescriptive formula in Chinese children, which is very popular formula on pediatric hearing aid fitting. 45 pre-school children's (from 3 to 7 of age) ear canal resonance characteristics, also as REURs, are measured by AuricalTM audio-diagnostic fitting system in sound-proof test room. Control group consisted of 16 adults. There are significant differences on ear canal resonance characteristics between Chinese adults and Chinese children. The average peak of REUR of children is moving forward to low frequency (from 4589 Hz to 3550 Hz) with the growth of age. The average peak frequency of ear canal resonance of Chinese children is significantly different from that of western children in all of age groups. The difference of ear canal resonance characteristics between children and western children suggests that we should facilitate individual real-ear measurement data when we are fitting hearing aid for Chinese children.

引言

从临床所见, 中国等亚洲族裔的耳道明显小于欧美。章句才^[1]曾报道了中国成人的外耳道声学参数, 但有关婴幼儿外耳道声学共振特性的报告很少。婴幼儿的外耳道细且短, 并随着年龄增长而逐渐接近

成人^[2]。目前针对儿童声场测听、小儿助听器真耳选配的各种国际标准、处方公式, 主要以欧美人体数据为依托, 所以中国儿童与欧美儿童的耳道声学参数的差异程度, 将在一定程度上对这些标准、公式的应用产生影响。本文试图对中国儿童的外耳道声学共振特性作一初步的描述。

1 材料与方法

1.1 测试对象

解放军总医院幼儿园的学龄前 (3—7 岁) 儿童 45 名 (49 耳), 年龄及性别分布见表 1, 一般发育状况正常, 行为及言语功能正常。无先天性疾病, 无外耳畸形。经耳镜检查, 去除耵聍, 排除外耳及一般中耳病变。另设成年对照组, 16 名耳科正常人 (30 耳)。

表 1 儿童测试对象年龄、性别分布表

年龄 (岁)	男	女	耳数
3	5	4	13
4	7	6	13
5	4	6	10
6	5	7	12
7	无	1	1

1.2 测试条件

应用 Madson Electrical (ME) 公司的 Aurical 一体化听力诊断验配分析系统, 测试患儿外耳道声学共振特性, 又称真耳未助听反应 (REUR, Real Ear Unaided Response) 的频响曲线。该测试的关键部件——探管测量器件, 为 Aurical 配置的 ME 插入式耳机 (包括探管、探管传声器、参考传声器) 及其校准装置^[3]。测试环境为幼儿园普通会议室, 本底噪声 43 dBA。测试声强为 70 dB SPL 的复合声信号, 远高于本底噪声, 符合仪器的测试要求^[3]。成人对照组的测试在符合 GB/T16403-1996 标准的测听室中完成。

1.3 REUR 测试步骤

(1) 以电耳镜检查外耳道, 了解耳道形状及走向。确定探管插入小儿耳道的深度 (自耳屏切迹处约 15~20 mm)。在探管上以一个游标作为指示。

(2) 将探管尖端置于 ME 插入式耳机上的参考传声器口, 手持 ME 耳机, 距扬声器 30 cm, 以 70 dB SPL 复合声信号校准探管传声器, 使探管传声器记录的声级与参考传声器相一致。

(3) 探管插入外耳道, 探管外壁涂抹润滑油有利于放置。为便于探管固定, 常用小块医用胶带将探管粘于耳垂。

(4) 受试者取端坐位, 尽量不动, 距扬声器 90 cm, 声波入射方向与矢状面成 45°。仍以 70 dB SPL 复合声记录 REUR。

1.4 统计学处理

本课题属现状调查设计, 对 7 岁以下小儿的外耳道声学共振峰的频率及幅值与成人对照组作 t 检

验; 并分别对儿童和成人的 REUR 频响曲线进行叠加平均, 计算各主要频率点处的平均值和标准差。对于中国小儿的外耳道声学共振峰频率与欧美数据, 分不同年龄段作 t 检验。统计运算由 Stata 4.0 软件完成^[4]。

2 结果

2.1 小儿外耳道共振峰频率及幅度及其与成人的差异

表 2 描述了小儿组 49 耳、成人组 30 耳的外耳道共振峰频率及幅度的统计量特征。小儿共振峰频率的平均值、最大值和最小值均高于成人。 t 检验结果显示, 中国成人与儿童的共振峰频率存在显著性差异 ($t = 9.17, p < 0.05$)。表 2 同时列出的有关欧美人群的研究结果, 也呈现出同样的规律。REUR 频响曲线经叠加平均后表明, 中国学龄前儿童的平均外耳道共振峰出现在 4250 Hz 频率点, 该点峰值为 15.54 ± 2.61 dB; 成人共振峰出现在 2720 Hz 频率点, 该点峰值为 16.08 ± 2.39 dB。图 1 所示为一 3 岁儿童和成人的 REUR。

表 2 成人与儿童外耳道共振峰比较
(* 为 1992 年 Westford & Bamford 测得的结果^[5])

	成人共振峰				小儿共振峰			
	频率 / Hz		幅值 / dB		频率 / Hz		幅值 / dB	
平均值	2763	2950*	16.9	17.5*	4312	4200*	17.9	16.8*
标准差	192.9	520*	2.46	2.0*	1156.2	781*	2.71	5.8*
最大值	3250	3700*	20.0	19.9*	6700	5200*	19.7	25.0*
最小值	2240	2050*	18.0	13.4*	2580	2600*	13.7	7.8*
范围	1010	1650*	2.0	6.5*	3120	2600*	6.0	17.2*
样本 (耳)	30 (9)				49 (11)			

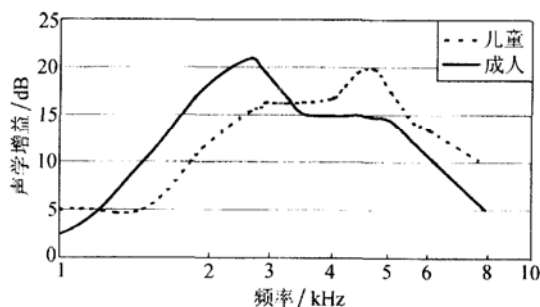


图 1 成人与小儿 REUR 比较图

2.2 儿童外耳道共振峰频率随年龄增长的迁移

耳镜检查显示, 儿童耳道容积随着年龄增长逐渐加大; 真耳测试显示, 其外耳道共振峰频率逐渐向

表 3 各年龄段儿童的外耳道共振峰位比较

年龄 (岁)	样本量 (耳)	频率 /Hz	标准差 SD	欧美报告的数据 (共 250 例)		$tA < 1Qi$	
				年龄 (岁)	频率 /Hz	t 值	p 值
3	13	4589	1286.9	< 4	3002	12.4	< 0.05
4	13	4484	1406.3	4	3089	11.9	< 0.05
5	10	4216	1188.3	5	3062	14.7	< 0.01
6	12	3977	621.1	6	2941	19.8	< 0.01
7	1	3550	0	7	2872	—	—

低频移动 (表 3)。表 3 同时给出了欧美 250 例学龄前儿童分年龄段的共振峰频率的统计结果^[2], t 检验结果表明, 中国儿童与欧美儿童间共振峰频率的差异在各年龄段均存在着统计学上的意义。

3 讨论

3.1 外耳道声学特性

外耳道是一个一端封闭、一端开放的管腔。具体的共振频率主要取决于外耳道的长度 (可用声学上的 $1/4$ 波长定律^[6] 来近似估算), 就成人而言, 共振峰一般在 3 kHz 附近。由于鼓膜不是严格的固定端, 耳道壁也不是光滑的刚体, 因此人耳共振曲线较为平坦, 通常扩展到 2 kHz 到 6 kHz 的范围^[7]。在某些频率, 若同时计入头部的绕射效应, 鼓膜附近声压级要比自由场声压级高 15 dB 到 20 dB。另一方面, 3~4 kHz 对语音通讯的清晰度具有特别重要的意义。因此提高这一频率段的信号强度, 是有利于人类长期生存的因素。中国等亚洲族裔的耳道明显小于欧美。章句才^[1] 对 26 个中国民族的 318 名受试者进行了外耳道的测量统计, 年龄分布在 17~60 岁之间, 平均外耳道长度为 25 mm, 男性 25.6 mm, 女性 24.1 mm。平均外耳道直径为 7.4 mm。而欧美的数据为, 男性 31 mm, 女性 28 mm。有关中国儿童的外耳道长度、容积等参数, 尚未见报道, 原因估计是不易获得儿童的配合。本实验未进行这些物理尺寸的测量, 而是测量了与这些物理量密切相关的声学共振特性, 测试时间较短, 儿童的配合程度稍好一些。儿童耳道共振峰频率出现在 4250 Hz 附近, 其外耳道共振的频响曲线可能对应用压耳式或插入式耳机时的零级校准带来影响。

3.2 了解中国幼儿耳道声学特性的意义

婴幼儿的外耳道细且短, 理论上估算其声学共振特性应明显不同于成人, 本实验的结果证实了这一点。由此, 基于成人耳道声学特性而开发的各类助听器处方选配公式和方法, 显然不适用于儿童^[8]; 而且由于儿童的外耳道共振特性是随着年龄增长而

逐渐变化的, 因此进行助听器验配时, 应用真耳测量显得尤为重要。欧美发达国家针对聋幼儿耳道发育特点及不易配合的行为特征, 开发了真耳与 2cc 耦合腔差值 (RECD, Real Ear to 2cc Coupler Difference) 测试技术和理想感觉级 (DSL, Desired Sensation Level) 处方公式^[9], 将儿童的裸耳听阈及助听后的目标听阈均以儿童鼓膜处的声压级 (即需要考虑儿童的耳道声学特性) 来表示, 绘制在一种新型的听力图 SPL-OGRAM 上。

听力计在校准时, 是在 2cc 耦合腔上完成了 dB SPL 与表盘读数 (dB HL) 的换算, 换算因子是基于成年耳科正常人测量的“听力零级”。儿童的裸耳听阈若由插入式耳机在听力计上获得, 听阈会以 dB HL 表示, 但在换算回 dB SPL 时, 若再使用基于成人的“听力零级”就不准确。应针对儿童的耳道发育阶段, 测量 RECD 值, 将这一参数加上听力零级, 用于儿童鼓膜处声压级的推算。DSL 公式在将儿童听阈转换成鼓膜处声压级时, 已自动将各年龄段儿童的平均 RECD 值 (欧美儿童) 包含在内。本研究的结果提示中国儿童与欧美儿童的耳道声学参数的差异程度存在统计学上的显著性, 因此应用 DSL 处方公式为中国儿童选配助听器时应当考虑到这一差异, 应为每一个儿童进行 RECD 测量, 从而在处方公式中得出正确的目标听阈值。另外, 欧美的报告显示, 5 岁以上儿童的耳道声学共振特性已接近成人, 可按成人的平均耳道参数推算真耳增益^[10], 但本研究中 7 岁中国儿童的共振特性仍明显不同于成人。高度提示应对儿童助听器验配进行真耳测试。

4 结论

本研究及以往欧美的报告均证实, 儿童耳道的声学共振特性明显不同于成人, 其共振峰频率随着儿童的发育而逐渐向低频迁移。本研究进一步证明, 中国学龄前儿童的共振峰频率显著小于欧美同龄儿童。提示在应用 DSL 处方公式时, 应考虑这一差异而采用真耳测量数据。

参 考 文 献

- 1 章句才. 外耳频响及仿真耳模型. 科学通报, 1979; 24(3): 1075—1079
- 2 Dempster J H, Mackenzie K. The resonance frequency of the external auditory canal in children. *Ear and Hearing*, 1990; 11(4): 296—298
- 3 Reference Guide: Aurical audio diagnostic fitting system. Madsen Electronics, 1998
- 4 李 峰. 现代医学统计方法与 Stata 应用. 北京: 中国统计出版社, 1999
- 5 Westbrook G F S, Bamford J M. Probe-tube microphone measurements with very young infants. *British Journal of Audiology*, 1992; 26(3): 143—151
- 6 Durrant J D, Lovrinic J H. Bases of Hearing Science. 3rd ed. Williams & Wilkins, 1995
- 7 Mueller H G, Hawkins D B, Northern J L. Probe microphone measurements: hearing aid selection and assessment. Singular, 1992
- 8 Bess F H, Chase P A, Gravel J S *et al.* Amplification for infants and children with hearing loss. *American Journal of Audiology*, 1996; 5(1): 53—68
- 9 Seewald R C, Cornelisse L E, Ramji K V *et al.* DSL v4.1 for Windows. Hearing health care research unit, Department of Communicative Disorders, The University of Western Ontario, London, Ontario, Canada N6G 1H1, 1997
- 10 Seewald R C, Ramji K V, Sinclair S T *et al.* A Computer-assisted implementation of the desired sensation level method for electroacoustic selection and fitting in children. User's manual. University of Western Ontario, 1993