

CT 三维重建技术对发声状态下共鸣腔形态学的研究

李革临¹ 张道行¹ 杨和钧¹ 何青² 马大庆²

【中图分类号】 R816.96 【文献标识码】 A 【文章编号】 1006-7299(2004)01-0051-02

声音的音色与共振峰密切相关,而共鸣腔的大小和形状决定了共振峰特性^[1],了解共鸣腔的形态特点对嗓音的分析有重要价值。以往有多种方法对发声时声带的形态特点进行研究,但对整个共鸣腔的形态学研究缺乏准确和满意的方法。我们用多层螺旋 CT 快速三维重建方法,对发声状态下共鸣腔进行快速成像,得到了不同发声状态下共鸣腔的形态学信息,使用计算机分析,得到了普通男性和京剧青衣男演员发真声/a/、/i/及假声/i/音的形态学数据。

1 资料和方法

1.1 测试对象 3 例志愿者均为男性,2 例为未经过京剧唱腔训练的普通受试者,年龄为 36 岁及 62 岁;另一例为男青衣演员(从艺 30 年,梅派),64 岁。一个月来均无呼吸道感染、吸烟、身体过度疲劳及鼻、咽、喉疾病史。

1.2 测试方法 采用的螺旋 CT 机为 GE LIGHT-SPEED 型(8 层,16 排探测器),条件为 SOFT NECK TISSUE,螺距 0.6 s, PITCH 1.675:1,管球电压 120 kV,电流 180 mA。层厚 1.25 mm 连续轴位扫描,需要时间为 7 s。所得数据输入 GE 公司 AW4.0 工作站,利用表面阴影技术(SSD)^[2]重建含气空腔三维图象及透视效果的三维图象,CT 仿真内窥镜技术合成从口腔切牙开始到声门下的内窥镜动态图象(并可用矢状位二维 CT 图象作导航,来显示所到达的部位),重建矢状位冠状位二维 CT 图象。从利用表面阴影技术(SSD)重建透视效果的含气空腔三维图象上根据计算机给出的数据,得出每个人不同发声时声道最大、最小截面积的数值和发生的部位,共鸣腔的形状特点,从正中矢状位图象得出共鸣腔气道其轴位的长度。

受检者仰卧位,在舒适状态下持续发声不少于 7 s,发声音量在 60~75 dB,选择元音/a/、/i/(男青衣演员再发京剧唱腔假声/i/)进行 CT 的快速螺旋扫描,扫描的部位:自平硬腭上缘开始至环状软骨水平(包括口腔、喉腔、口咽腔、喉咽腔)。

1.3 共鸣腔测量数据的选择 :截面积,共鸣腔长度,共鸣腔的体积。

2 结果

2.1 共鸣腔立体形态

/i/音共鸣腔各部位的形态为:舌根前移、舌背隆起使口腔呈一扁平管状,而口咽腔、喉咽腔膨大呈壶腹状,共鸣腔的收紧点(共鸣腔轴位截面积值最小)在口腔的舌背隆起的顶点与硬腭之间,共鸣腔轴位最大截面积所在部位是在会厌上

缘口咽与喉咽交接处,收紧点后的共鸣腔体积比前面的体积明显大(图 1)。

/a/音共鸣腔各部位的形态为:舌根后移,舌背降低使口腔呈一较宽敞的半个纺锤样管腔,而口咽腔、喉咽腔变狭小,共鸣腔的收紧点(共鸣腔轴位截面积值最小)和共鸣腔轴位轴位最大截面积所在部位和/i/音相反,收紧点是在会厌上缘口咽与喉咽交接处,最大截面积所在部位舌背与硬腭之间,收紧点前的共鸣腔体较大(图 2)。青衣演员的 /i/ 音共鸣腔形态为:男性京剧青衣志愿者发舒适/i/音和发京剧青衣假声唱腔的/i/音时比较,共鸣腔的大致形状相同,即因舌背隆起、舌根前移,使共鸣腔收紧点在口腔,最大截面积在口咽部,与另外两例志愿者相同。但假声/i/音口咽部最大截面积由于舌根中部凹陷,咽侧壁向中线靠拢而呈梭形,前后径大于左右径,真声时呈椭圆型,左右径略大于前后径,真声共鸣腔的最大截面积数值大于艺术嗓音假声的共鸣腔最大截面积数值(图 3),且喉室体积假声/i/音时较大。

2.2 共鸣腔测量数据:

2.2.1 截面积 :以普通志愿者中 62 岁者为例,从共鸣腔轴位 CT 二维图象可测得截面积值, /a/ 音最大截面积在口腔,数值为 580.1 mm²。 /i/ 音最大截面积在口咽腔,数值为 366.4 mm²。

2.2.2 共鸣腔长度 :门齿至声门的共鸣腔长度为 156.7 mm,门齿至收紧点的位置的长度 72.3 mm。

2.2.3 共鸣腔体积 :用表面阴影技术(SSD)重建发声含气空腔三维图象(图 4)计算共鸣腔的体积,发/a/音时,自门齿至声门的共鸣腔体积(总体积)为 40.598 cm³,其中门齿至收紧点的共鸣腔(前腔)体积为 23.595 cm³,收紧点至声门的共鸣腔(后腔)体积为 17.033 cm³。 /i/ 音时总体积 24.281 cm³,前腔为 3.119 cm³,后腔为 21.162 cm³。

3 讨论

声学研究中以元音信号为重点^[3],而元音的共振峰与共鸣腔的形态密切相关,了解收紧点的位置及各段截面积、共鸣腔长度、下颌开度、舌位,便可推算出共振峰的特性,对嗓音和唱腔的训练有重要的指导价值。既往常采用喉镜、X 线来检查发声腔^[4],但均不能给出精确的解剖数据,教学时也不能很快地使学员理解共鸣腔的空间构象特点。MRI 虽然可以重建共鸣腔的三维图象,但由于检查速度远不如快速 CT 扫描,气体与软组织界面成像模糊,牙齿不能很好地显示等原因,重建的三维图象不能很好的反映共鸣腔的真实情况^[5]。而螺旋 CT 快速技术解决了以上难题,它克服了普通 CT 扫描速度慢的弱点,可以在被检查者一次屏气的时间内检查胸腹等重要部位,对于上呼吸道共鸣腔的检查在上述条

1 首都医科大学附属北京友谊医院耳鼻咽喉科(北京 100050); 2

首都医科大学附属北京友谊医院放射科

件下可 7 s 内完成,故任何持续稳定的发音在 7 s 以上的均可得出共鸣腔的详细数据、三维图象及仿真内窥镜图象。

随着 CT 技术的发展,多层螺旋 CT 快速重建技术在临床应用以来,与形态特征有关的功能问题也可通过该技术进行探索。我们使用螺旋 CT 快速三维重建方法,对不同发声状态下共鸣腔快速成象,得到了共鸣腔立体的形态学信息,并进一步使用计算机分析,得到了普通男性、男性京剧青衣演员发/a/、/i/及假声/i/时的形态学数据,准确地测量出与声学参数有关的共鸣腔的形态学数据。

该技术在共鸣腔的形态学检测上的优势为:螺旋 CT 三维重建技术重建出的共鸣腔的三维图象,比二维图象(包括普通 X 线、普通 CT 检查)更能准确、直观地反映出共鸣腔的形状特点,三维图象可以任意旋转,可观察到任意局部的图形,如犁状窝的形状和大小,并能得出任意部位的共鸣腔体积数值。配合二维 CT 图象可测得任意轴位的截面积形状及数值。重建矢状位二维 CT 图象,可清晰地显示舌体的前后运动,下颌开度,可作为三维图象和仿真内窥镜图象的导航指示。

Kenneth Tom 等^[5]使用电子束扫描 CT(EBCT)方法获得了不同发声状态下共鸣腔的三维图象,认为男中高音演唱者,发/a/音时在不同发声状态下(胸声和假声时、不同基频时、不同声强时)大体形态是相同的,但在下颌开度、口腔和咽腔最

大截面积、梨状窝的大小有不同。我们使用多层螺旋 CT 快速三维重建共鸣腔图象得到的/i/音在两种不同发声状态下(舒适音,京剧青衣假声),其共鸣腔形态及参数与 Kenneth Tom 等的结果一致。可见多层螺旋 CT 快速三维重建共鸣腔技术,虽有一些不足(费用高,一定量 X 线照射,检查时间仍稍长),但在嗓音医学和艺术嗓音医学领域内仍有其应用价值。

4 参考文献

- 1 黄治物,吴展元,陶泽璋.临床声学基础[J].听力学及言语疾病杂志,2000,8:254.
- 2 戴汝平.心血管病 CT 诊断学[M].北京:人民卫生出版社,2000.24~27.
- 3 吴宗济,林茂灿.实验语音学概要[M].北京:北京教育出版社,1995.73~95.
- 4 周济福.实用嗓音病治疗学全书[M].北京:学术书刊出版社,1990.43~47.
- 5 Kenneth Tom,Ingo R Tize,Eric A Hoffman,et al. Three-dimensional vocal tract imaging and formant structure:varying vocal register,pitch, and loudness[J].J Acoust Soc Am,2001,109:742.

(本文图 1~4 见插图第 1~4 页)

(2003-06-16 收稿)

(本文编辑 周涛)

(上接第 22 页)

与生产相关的运动使声衰减值降低 6 dB。许雅芬等^[6]还对国产护耳器的单项性能指标进行了试验分析,并且提出了护耳器的综合指标及其计算公式,并对国内生产的护耳器产品进行了性能综合评价。强调佩戴的舒适性和声衰减值单项评价指标。

另一个影响因素就是堵耳效应^[7]。堵耳效应通常发生在耳被覆盖或耳道被堵塞的情况下,如果内部容积加大,包括耳罩容积增大,耳塞深度加深等,其效果将减弱。在低于 2 kHz 时,往往使得其值较裸耳的值增高,声衰减值相应的降低。对于堵耳效应敏感的可以使用耳塞或大容积的耳罩。

由于以上因素均可以对耳罩降噪性能产生影响,使国内外耳罩隔声效果不同。如果受试者经过了严格的正规佩戴方法训练,在相同的测试环境下,其结果是可靠的,即国内外耳罩性能有明显的差别。由于国家对噪声引起的听力损失的重视,现在已能生产出质量和隔声效果好的护耳器,本试验结果仅分析成都市市场上使用的两种耳罩,对其他厂家生产的耳罩性能的比较还有待进一步研究。

因此,本研究通过对护耳器的降噪功能比较,旨在提醒有关部门加强产品质量监测,提高全社会对护耳器性能的重视。

4 参考文献

- 1 刘茜,黄贺荣.国内外护耳器现状分析[J].中国劳动保护用品,1999,4:15.
- 2 吴卫彬.《工业企业职工听力保护规范》[J].上海劳动保护技术,2000,5:39.
- 3 Berger EH. Influence of physiological noise and the occlusion effect on the measurement of real-ear attenuation at threshold[J]. J Acoust Soc Am,1983,74:81.
- 4 Casali JG, Grenell JF. An exploratory study of moderate physical activity and selected design attribute effects on earmuff attenuation[J]. Am Ind Hyg Assoc J,1989,50:480.
- 5 Casali JG, Park MY. Attenuation performance of four hearing protectors under dynamic movement and different user fitting conditions[J]. Hum Factors,1990,32:9.
- 6 许雅芬,智乃刚.国产常用典型护耳器的综合评价[J].安全,1992,1:5.
- 7 Tonndorf J. Foundations of modern auditory theory[M]. In: Tobias JV, Ed. New York: Academic press,1972.99,195~283.

(2003-01-07 收稿)

(本文编辑 雷培香)

鼓室镜诊断外淋巴瘘二例报告

(见正文第13页)

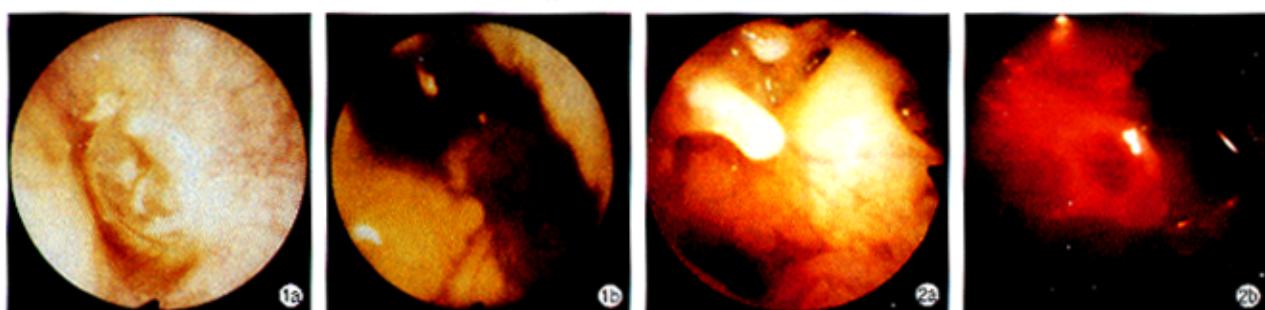


图1 病例1的鼓室镜检查图 (a.鼓膜隆起

图2 病例2的鼓室镜检查图 (a.圆窗结构

b.鼓室内液体)

b.圆窗龛影积血及渗出液)

经完整圆窗膜途径EGFP基因在大鼠耳蜗中的表达

(见正文第25页)

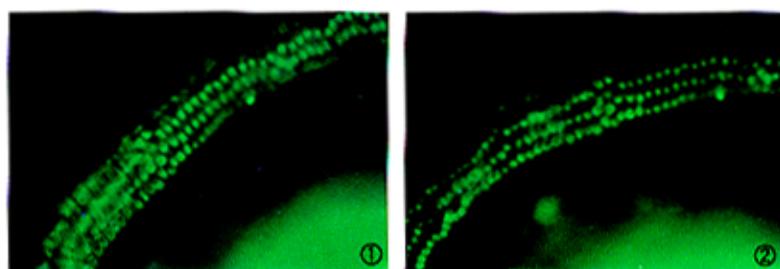


图1 术后3天, 荧光显微镜下实验组基底膜呈现明显的绿色荧光, 毛细胞清晰可见, 未见明显的细胞缺失($\times 400$)

图2 术后7天, 荧光显微镜下实验组基底膜仍然呈现较明显的绿色荧光, 但较术后3天减弱($\times 400$)

CT三维重建技术对发声状态下共鸣腔形态学的研究

(见正文第51页)

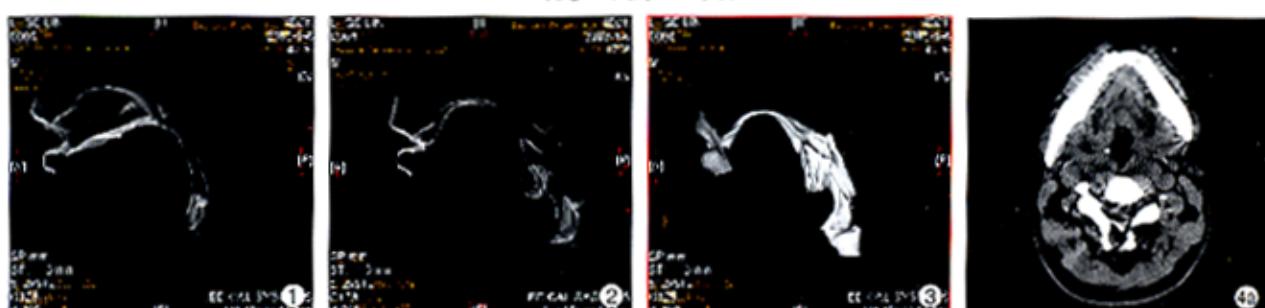


图1 表面阴影法(透视效果)重建的发/a/音时从唇部至声门下的气腔的三维立体图像。

图2 表面阴影法(透视效果)重建的发/i/音时从唇部至声门下的气腔的三维立体图像。

图3 表面阴影法(透视效果)重建的发/e/音时从唇部至声门下的气腔的三维立体图像。

图4 a: 男性京剧青衣(梅派)志愿者发艺术嗓音/i/音时, 口咽部CT水平位二维图像; b: 男性京剧青衣(梅派)志愿者发舒适嗓音/i/音时, 口咽部CT水平位二维图像。

插图1-1