

学校编码：10384

密级_____

学号：24520141153569

厦 门 大 学

硕 士 学 位 论 文

利用离体狗喉实验装置研究三类疾病模型
的声学与空气动力学特性

Acoustic and Aerodynamic Effect of Three Different
Excised Canine Larynx Models

王睿卿

指导教师姓名：庄佩耘教授

专业名称：耳鼻咽喉科学

论文提交日期：2017年04月

论文答辩时间：2017年05月

学位授予日期：2017年 月

答辩委员会主席：_____

评 阅 人： _____

2017 年 05 月

厦门大学博硕士论文摘要库

利用离体狗喉实验装置研究三类疾病模型的声学空气动力学特性

王睿卿

指导教师

庄佩耘

教授

厦门大学

2.5cm

按顺序排列五项内容：论文题目，作者姓名，“指导教师”，指导教师姓名+指导教师职称，“厦门大学”。五项内容之间用空格隔开，自行调整幅度，保持美观。其中论文题目第一个字距顶端 2.5cm，“厦门大学”最后一个字距底端 2.5cm。

2.5cm

厦门大学学位论文原创性声明

本人呈交的学位论文是本人在导师指导下,独立完成的研究成果。本人在论文写作中参考其他个人或集体已经发表的研究成果,均在文中以适当方式明确标明,并符合法律规范和《厦门大学研究生学术活动规范(试行)》。

另外,该学位论文为()课题(组)的研究成果,获得()课题(组)经费或实验室的资助,在()实验室完成。(请在以上括号内填写课题或课题组负责人或实验室名称,未有此项声明内容的,可以不作特别声明。)

声明人(签名):

年 月 日

厦门大学学位论文著作权使用声明

本人同意厦门大学根据《中华人民共和国学位条例暂行实施办法》等规定保留和使用此学位论文，并向主管部门或其指定机构送交学位论文（包括纸质版和电子版），允许学位论文进入厦门大学图书馆及其数据库被查阅、借阅。本人同意厦门大学将学位论文加入全国博士、硕士学位论文共建单位数据库进行检索，将学位论文的标题和摘要汇编出版，采用影印、缩印或者其它方式合理复制学位论文。

本学位论文属于：

（ ） 1. 经厦门大学保密委员会审查核定的保密学位论文，
于 年 月 日解密，解密后适用上述授权。

（ ） 2. 不保密，适用上述授权。

（请在以上相应括号内打“√”或填上相应内容。保密学位论文应是已经厦门大学保密委员会审定过的学位论文，未经厦门大学保密委员会审定的学位论文均为公开学位论文。此声明栏不填写的，默认为公开学位论文，均适用上述授权。）

声明人（签名）：

年 月 日

摘要

目的：构建三类离体狗喉实验模型，分别模拟三类疾病（双侧假声带肥厚、双侧声带下唇肥厚、双侧声带麻痹），通过声学与空气动力学的测量，分别分析狗喉发声特性的变化。

材料与amp;方法：分别在双侧假声带与双侧声带下唇注射一定量的果糖溶液，制作双侧假声带肥厚、双侧声带下唇肥厚两类模型疾病，每一类疾病模型都分为轻度与重度肥厚组。通过对双侧声带麻痹模型行不同阶段的手术方式，模拟各种手术方式的影响。收集的参数有发声阈压、发声阈气流、信噪比、声强、平均气流率、基频和共振峰，并计算声门阻力。

结果：（1）双侧假声带肥厚：正常狗喉和重度肥厚模型相比，声强的增加具有统计学意义（ $P < 0.05$ ）。但在其余两两比较的情况中，声强虽然增加但差异无统计学意义（ $P > 0.05$ ）；气流率在正常狗喉模型与重度假声带肿胀模型之间有统计学差异，其余两两比较都没有意义；第一共振峰在正常狗喉模型与重度假声带肿胀模型之间有统计学差异（ $P < 0.05$ ）。以上变化都是重度假声带肿胀模型高于正常狗喉模型。（2）狗喉启动发音参数发声阈压、发声阈气流与在声门下压为 1.5kPa 与 2.5kPa 时，通过声信号获取的基频改变都具有统计学差异。平均气流率，喉阻力，声压级，第一至第四共振峰参数的变化都没有意义。（3）在稳定发音的情况下，声压级在 4 个阶段术式间比较差异无统计学意义。信噪比在依次进行 4 阶段术式后，出现先增加后下降的趋势，信噪比在术前和 1 阶段术式间、2 阶段和 3 阶段术式间比较差异均有统计学意义，1 阶段术式后有增加趋势，3 阶段术式后有下降趋势。在 1 阶段和 2 阶段术式间、3 阶段和 4 阶段术式间比较差异均无统计学意义。声门阻力在依次进行 4 阶段术式后有逐渐下降趋势，在术前和 1 阶段术式间、1 阶段和 2 阶段术式间比较差异有统计学意义，其余各阶段术式间比较差异无统计学意义。声门气流在依次进行 4 阶段术式后有逐渐增加趋势，除 3 阶段和 4 阶段术式间，其它差异均有统计学意义。

结论：双侧假声带肥厚对于狗喉发声时声音的能量分布具有重要影响，会导致音质的变化。双侧声带下唇肥厚会增加启动发音的难度并增加声信号的基频。

对于双侧声带麻痹患者，在综合考虑通气功能和发音功能的前提下，优先选择杓状软骨次全切除术（3阶段手术）或杓状软骨部分切除术（2阶段手术）。

关键词：离体狗喉；声学；空气动力学

厦门大学博硕士论文摘要库

Abstract

Objective: The study aimed to explore the effects of false vocal folds hypertrophy and subglottal hypertrophy to the changes of aerodynamic outcomes and voice quality. And also would provide theoretical basis to select appropriate operation type for the patient with bilateral vocal folds paralysis by analyzing the change of the speech signal and air flow from excised canine larynges with bilateral vocal folds paralysis between four stages operation.

Subjects and Methods: The models of subglottal hypertrophy and false vocal folds hypertrophy were simulated via fructose injection. The bilateral vocal folds paralysis model was operated in 4 methods. Signal-to-Noise Ratio (SNR), Mean Flow Rate (MFR), Fundamental frequencies (F0), Formants, and Sound Pressure Level (SPL) were measured with a subglottal pressure of 1.5kPa and 2.5kPa respectively. Phonation Threshold Pressure (PTP) and Phonation Threshold Flow (PTF) were also recorded. GR was calculated.

Results:(1) When the subglottal pressure was controlled at both at 1.5kPa and at 2.5kPa, the degree of false vocal fold hypertrophy significantly influenced the distribution of the formants, F0, and MFR in excised canine larynges. Increasing the degree of hypertrophy was associated with a decrease in F0 and an increase in MFR. In degree II false vocal fold hypertrophy models, the SPL and the first formant were significantly higher ($P < 0.05$) than in normal models. (2) The PTP and PTF increased with degrees of subglottal hypertrophy. When the subglottal pressure was controlled at 1.5 kPa or 2.5 kPa, the hypertrophy in the subglottal surface significantly increased F0 in the excised canine larynges. The MFR, GR, SPL and F1-4 had little change between the three groups, and were not significantly different. (3)The first stage significantly increased the glottal airflow. The second stage significantly increased the glottal airflow. The third stage significantly increased the glottal airflow, but the phonation was obviously getting worse. The fourth stage significantly increased the maximum glottal area, but not increased the glottal airflow. Sound pressure level didn't show statistically significant difference between the four stages of the operation.

Conclusion: Hypertrophy of the false vocal folds has a significant influence on

the distribution of sound energy and is associated with changes in sound quality. The subglottal hypertrophy makes onset phonation more difficult, increases the F0 in sustain phonation. The operation stage for the patients with bilateral vocal cord paralysis may be individualized, and the balance between phonation and air flow may be comprehensively considered. Medial arytenoidectomy is better than posterior transverse cordotomy in improving breathing. Subtotal arytenoidectomy has great influence on phonation. In this case, the operation stage should be carefully chosen for the patients who have high demanding for phonation.

Keywords: excised canine larynges; acoustic parameters; aerodynamic parameters

厦门大学博硕士学位论文摘要库

目 录

| | |
|--------------------------------|-----------|
| 中文摘要 | I |
| 英文摘要 | III |
| 第一章 前言 | 1 |
| 1.1 离体喉实验 | 1 |
| 1.2 双侧假声带肥厚模型 | 3 |
| 1.3 双侧声带下唇肥厚模型 | 5 |
| 1.4 双侧声带麻痹手术模型 | 6 |
| 1.5 声学参数评估与空气动力学参数 | 7 |
| 1.6 课题相关构思 | 13 |
| 第二章 实验材料和方法 | 14 |
| 2.1 实验材料 | 14 |
| 2.1.1 实验动物 | 14 |
| 2.1.2 实验环境 | 14 |
| 2.1.3 实验设备及耗材 | 14 |
| 2.2 实验方法 | 16 |
| 2.2.1 双侧假声带肥厚模型制备 | 16 |
| 2.2.2 双侧声带下唇肥厚模型制备 | 17 |
| 2.2.3 双侧声带麻痹手术模型制备 | 17 |
| 2.2.4 声信号的收集处理 | 18 |
| 2.2.5 空气动力学信号的收集 | 19 |
| 2.2.6 统计学分析方法 | 19 |
| 第三章 实验结果 | 20 |
| 3.1 双侧假声带肥厚模型 | 20 |
| 3.2 双侧声带下唇肥厚模型 | 21 |
| 3.3 双侧声带麻痹手术模型 | 22 |
| 3.3.1 应用于实验的狗喉基本情况（见表 3.4） | 22 |
| 3.3.2 离体狗喉模型 4 阶段术式间信噪比的比较 | 22 |
| 3.3.3 离体狗喉模型 4 阶段术式间空气动力学参数的比较 | 23 |

| | |
|----------------------|----|
| 第四章 讨论 | 25 |
| 4.1 双侧假声带肥厚模型 | 25 |
| 4.2 双侧声带下唇肥厚模型 | 26 |
| 4.3 双侧声带麻痹手术模型 | 28 |
| 第五章 总结与展望 | 32 |
| 参考文献 | 34 |
| 致 谢 | 44 |

厦门大学博硕士论文摘要库

Table of Contents

| | |
|---|------------|
| Abstract in Chinese | I |
| Abstract in English | III |
| Chapter 1 Introduction | 1 |
| 1.1 Development of excised larynges experiment | 1 |
| 1.2 Research background of false vocal folds hypertrophy | 3 |
| 1.3 Research background of subglottal hypertrophy | 5 |
| 1.4 Research background of bilateral vocal folds paralysis..... | 6 |
| 1.5 aerodynamic and acoustic parameters | 7 |
| 1.6 Research contents and structure arrangement of the paper | 13 |
| Chapter 2 Materials and Methods | 14 |
| 2.1 experimental materials | 14 |
| 2.1.1 experimental animal..... | 14 |
| 2.1.2 experimental environment | 14 |
| 2.1.3 experimental equipment and supplies | 14 |
| 2.2 experimental methods | 16 |
| 2.2.1 excised canine larynges of false vocal folds hypertrophy | 16 |
| 2.2.2 excised canine larynges of subglottal hypertrophy | 17 |
| 2.2.3 excised canine larynges of bilateral vocal folds paralysis | 17 |
| 2.2.4 collection and analysis of the acoustic signals..... | 18 |
| 2.2.5 collection and analysis of the aerodynamic parameters..... | 19 |
| 2.2.6 Statistical analysis of data | 19 |
| Chapter 3 Results | 20 |
| 3.1 excised canine larynges of false vocal folds hypertrophy | 20 |
| 3.2 excised canine larynges of subglottal hypertrophy | 21 |
| 3.3 excised canine larynges of bilateral vocal folds paralysis | 22 |
| 3.3.1 The parameters of the canine larynges..... | 22 |
| 3.3.2 The compare of signal noise ratio | 22 |
| 3.3.3 The compare of aerodynamic parameters | 23 |
| Chapter 4 Discussion | 25 |
| 4.1 excised canine larynges of false vocal folds hypertrophy | 25 |
| 4.2 excised canine larynges of subglottal hypertrophy | 26 |

| | |
|--|-----------|
| 4.3 excised canine larynges of bilateral vocal folds paralysis | 28 |
| Chapter 5 Summary and outlook | 32 |
| References | 34 |
| Acknowledgements Words | 44 |

厦门大学博硕士论文摘要库

第一章 前言

1.1 离体喉实验

六十多年以来，离体喉都被用作研究声带生理与病理机制的工具^[1]。其最重要的优势是可以进行有创性的实验，包括无法符合伦理的要求而禁止在人体中的操作^[2]。发声实验选择离体狗喉的优点是可以人为控制发音的起始条件、驱动因素和外在环境，尤其是对一些发声条件在人体很难进行模拟测量的情况，例如在本论文中所提到的三类疾病，离体狗喉模型能解决了此类人体实验研究的难点。鼠，羊，猪，牛的喉都被用于离体喉研究^[3, 4]。但是狗喉是最接近人喉。其优势在于：1、肌肉与软骨结果尺寸的高度吻合；2、空气动力学参数的相似；3、相似的神经-肌肉控制系统与微观组织结构。狗喉虽然是研究的最好动物喉，但是在涉及喉组织学中固有层的肿胀和外伤时就不合适。狗喉没有相关结构^[5]。Cox^[6]等量化了狗喉及人喉的环甲肌及甲杓肌的几何结构，发现了两者的甲杓肌及环甲肌结构与功能基本相同，差异在于狗喉的环甲肌的横断面较之人喉稍大，但是环甲肌质量/甲杓肌质量及环甲肌横断面面积/甲杓肌横断面面积的数值基本相同。而兔喉在固有层上层只有松散的组织，这更接近人喉。狗喉的甲状软骨长度也长于人喉。Randal等利用离体兔喉，收集整个发声阶段，空气动力学，声学 and 高速摄影信号，探究不同的拉伸程度对于兔喉发声的影响。发音阈压，基频，声强都随着拉伸程度的增加而增加。发音紊流压，气流都随着拉伸程度的增加而缩小。随着声带的拉伸，各项参数的范围都变小^[7]。为了使实验结果更加接近人体的情况，应该按照实验需要选择尽可能合适的离体喉。以下方面在实验设计中也应考虑：Chan^[8]等研究显示冻存狗喉1天和1个月甚至更长时间,其声带组织的粘弹性并没有发生大的改变。

Khosla等研究了在离体狗喉模型上运动粒子成像技术研究了从前端到后端声门处冠状位和矢状位的气流速率变化率。结果显示在接近声带的上方没有看到前后气流速率差，但是气流继续向下时，喉部气流变窄并偏向前端，在前后端的边缘都能看到湍流。三维涡结构可能与喉部气流存在轴切换有关^[9]。

美国爱荷华大学的言语病理及听力系对离体狗喉的声门上结构（会厌、假声

带、喉室)做了一系列研究。Alipour等利用离体狗喉研究声门下压与气流的关系,测量了喉声门阻力的变化情况。随着声门闭合程度的增加,声门阻力增大。并且研究了喉室中气流随着声门下压变化的规律,揭示了声门下压与基频的关系,并当声带张力增加会大幅增加基频^[11]。通过离体人喉与狗喉,猪喉等的对比发现:人喉的振动频率与狗喉最接近,但是振动的特性和宽音阈与猪喉类似。原因可能是猪喉与人喉的声带因高含量的胶原蛋白而有类似的非线性黏弹力表现,而狗喉基本上线性的压力-张力曲线^[12]。Finnegan等^[13]首先在3只离体狗喉保留完整的假声带和会厌时进行一系列压力-气流变化实验,然后切除会厌,最后切除假声带,并分别重复试验。通过对压力、气流、声频信号的分析来量化空气动力学和声学的影响。研究表明:(a)将会厌从水平抬至竖直位会降低声门下压,增加气流(降低喉阻力),并轻微降低基频。(b)假声带振动引起喉的声输出参数不规则。(c)假声带和会厌存在时会提高声信号的第二部分。(d)假声带和会厌缺失时会增加低频噪声(0~300Hz)。

Renger等^[1]利用离体狗喉发现声带内收对嗓音质量起重要作用,随着声带内收的减弱,声学扰动参数如频率微扰、振幅微扰会增大,声信号的信噪比减小,降低声音质量。邬等^[14]在离体狗猴模型中研究发现,随着声门下压力增高而产生的声音信号,其关联维D2值增大,此变化具有统计学意义。Li^[15]等通过离体狗喉实验发现声带脱水状态对声信号,声带黏膜波等参数产生明显影响。Kevin等研究了离体狗喉声带固有层的脱水后再水化的特性,分别对10只狗喉上取得的10对声带,分别随机分为脱水质量的30%和70%,再放入0.9%的生理盐水中水化直到质量不再变化,测量了标本的干湿比,体积,原有质量所占比。结果发现不同脱水程度对声带的特性有较大影响,此发现可用于设计声带脱水模型的设计^[16]。Bakhshae等^[17]通过离体喉实验平台对4只猪喉进行数码图像相关法(DIC)的研究,DIC法是通过在离体喉平台上架设两部高速数码摄像机,利用商业购买的VIC-3D和VIC-2软件分析颗粒位移,一部2D摄影机,记录石墨粉颗粒在自振动模型上的大位移,一部3D摄影机,记录颗粒的微小位移。这项技术提供了一种可以用视频图像得出声带表面应变变化情况的方法。

Choi等^[18]利用离体狗喉制作了声带疤痕模型,并比较了其与自然模型的声学参数、空气动力学参数之间的差异。Lukasz等利用离体狗喉验证前后端接近的甲状软骨开窗术,后位的术式能使狗喉的声信号处于最好的状态^[19]。Randal等利

用自行设计的半阻声道式面罩(SOFM), 在离体喉平台比较新设计的面罩与传统半阻声道训练管的区别。利用对空气动力学参数的测量验证了1.SOFM安装与否并不影响PTP和PIP; 2.当其管径和管长变化都会影响PTP和PIP^[20]。Conroy通过离体狗喉研究在嗓音训练中如何选择合适的共鸣训练的吸管。研究结果可以临床选用合适尺寸的吸管提供依据^[15]。

Zhang等利用数字记波扫描法(DKG)研究了离体狗喉中声带振动的类型。将声带振动的类型分为三类。第一类信号: 声门边缘的运动具有周期性, 并设计了一种可以迅速提取高速摄影视频信号中声门面积的算法。这种自动化的图像处理算法可能提供一种临床利用高速摄影评估嗓音疾病的新思路^[21]。Allyson等^[22]利用声带前联合的不对称缝合制作喉蹼的离体狗喉模型, 并对其进行空气动力学和声学的分析。在8只狗喉上利用缝线模拟疤痕组织在同样位置的粘连, 在3个声门下压下分析, 三类模型(对称、垂直面不对称、水平面不对称), 声门阈压(PTP)与声门阈气流(PTF)在两组间差异具有统计学差异。发声效率也很大不同, 不对称组明显低于正常对称组。不规则度的测量没有统计学意义。关联维(D2)在PTP, $1.25 \times \text{PTP}$, $1.5 \times \text{PTP}$ 三组声门下压下不对称组都明显高于正常组。不对称组增高的PTP、PTF、D2和降低的发声效率都提示声音功能的降低。不对称状态是喉蹼病理症状的促进因素。

离体喉模型已经被用于制作各类模型研究病理声带的特性。在离体狗喉平台上可直观反映声带振动时的状态, 并且易于定量测量与比较。这种研究方法正越来越广泛得应用于各类声带疾病的研究中, 并且其研究成果对于设计计算机模型与数学模型都具有借鉴意义, 可为这两类模型提供数据支持。离体狗喉的研究成果与研究方法也渐渐被业界学者了解和接受, 并指导临床诊治。

1.2 双侧假声带肥厚模型

假声带是位于真声带上方, 与环甲膜相关联的楔形结构组织^[23]。Chan等^[24]报道假声带的弹性模量只有真声带的十分之一。这种组织学上的差异可能是真假声带在振动特性上如此不同的原因。Lindestad等^[25]观察到声带是以规则的模式振动, 而假声带的振动则不规律。在发声时, 假声带之间的平均距离由喉和周边的肌肉牵拉固定, 以防止其不规则的振动, 并且假声带似乎通过减少每个声带振动周期的声门气流来调节发声^[26]。患有发音障碍的患者通常具有肥大的假声带,

Degree papers are in the "[Xiamen University Electronic Theses and Dissertations Database](#)". Full texts are available in the following ways:

1. If your library is a CALIS member libraries, please log on <http://etd.calis.edu.cn/> and submit requests online, or consult the interlibrary loan department in your library.
2. For users of non-CALIS member libraries, please mail to etd@xmu.edu.cn for delivery details.

厦门大学博硕士论文摘要库