

149例慢性阻塞性肺疾病患者的语音特征研究*

沙娇娇¹, 陆洲^{1,2}, 江涛¹, 许家佗^{1**}, 徐轶², 李勇枝^{1,3}

(1. 上海中医药大学中医学院 上海 201203; 2. 复旦大学附属华东医院 上海 200040;

3. 中国航天员科研训练中心 北京 100094)

摘要:目的 运用现代声诊技术分析慢性阻塞性肺疾病(COPD)患者的语音特征, 以为 COPD 患者中医信息化诊断提供一定的声诊客观依据。方法 采集 COPD 组与对照组的语音信号, 通过现代语音分析方法提取特征参数, 分析 COPD 患者的声诊特征。结果 COPD 组与对照组相比较, 两组语音特征具有显著差异($P<0.05$)。COPD 组不同严重程度的语音特征比较, 各组语音特征具有显著差异($P<0.05$), 且随严重程度变化表现出一定的趋势。COPD 组不同证型的语音特征比较, 各组语音特征具有显著差异($P<0.05$); 两两比较时, 各证型之间具有显著差异($P<0.05$), 且具有一定特点。结论 COPD 及其不同证型患者的语音特征存在一定规律, 可以为 COPD 的诊断及中医辨证提供客观化的参考依据。

关键词:慢性阻塞性肺疾病 声诊 语音特征 中医证型

doi: 10.11842/wst.20231019004 中图分类号: R285.6 文献标识码: A

传统中医“闻诊”是通过听声音和嗅气味来辨别疾病, 了解脏腑的生理和病理变化, 是中医诊断技术的重要方法之一, “声诊”最初可见甲骨文记载, 在殷代就有了“疾言”^[1];《素问·阴阳应象大论》中“善诊者, 察色按脉, 先别阴阳, 审清浊而知部分, 视喘息听音声而知所苦”, 对呼吸、咳嗽、肠鸣等有较详细的记载^[2];《史记·扁鹊仓公列传》言扁鹊能“切脉、望色、听声、写形, 言病之所在”^[3]亦表明了听声音在中医四诊中的重要性。现代声诊研究运用各种信号处理方法和特征提取技术^[4-9], 为中医辨病辨证提供新的分析方法。

慢性阻塞性肺疾病(Chronic obstructive pulmonary disease, COPD)是呼吸系疾病中的常见病和多发病, 我国 40 岁以上人群 COPD 患病率为 13.7%, 70 岁以上人群患病率高达 35.5%^[10-11]。因病情易反复, 肺功能进行性减退, 严重的呼吸困难等症状使患者的生活质量下降, 并且造成严重的心理压力^[12-14], 因此尽早预测风险

以减少急性加重尤为重要。COPD 病位在肺, 肺主气, 声由气发, 肺呼吸空气, 在声道中形成气流, 推动声带振动产生语音, 是发音的能源, 在 COPD 发生发展过程中, 长期咳嗽咳痰, 对气道的慢性炎症刺激可能改变发声系统的生理功能, 并且有研究表明吸烟对于声学参数有一定影响^[15]。中医闻诊结合计算机技术, 以其无创、便捷的特点协助疾病的诊断和研究, 并且为治疗后的评估提供了量化的结果^[16]。

元音的产生主要依靠声带震动, 而不与口腔其他部位如唇、齿、舌、腭等发生摩擦^[16-17], 更能反映发声系统的变化, 因此本研究采用[a]、[e]、[i]、[o]、[u]5 个国际通用元音, 分析其语音特征, 在中医辨证的理论指导下, 探索 COPD 的语音特征, 以更好地辅助中医信息化诊断, 为 COPD 的风险预测、疗效评价等提供新的方法。

收稿日期: 2023-10-19

修回日期: 2023-12-17

* 上海市科学技术委员会地方院校能力建设项目(21010504400): 智能中医诊断技术与诊疗大数据平台构建及运用, 负责人: 许家佗; 国家自然科学基金委员会青年科学基金项目(82104738): 基于 Mask R-CNN/PointRend 的舌象形质智能诊断与可视化方法研究, 负责人: 江涛; 上海市卫生健康委员会中医药科研项目青年引导类项目(2022QN013): 声诊语音信号特征在慢性阻塞性肺疾病诊断及中医疗效评估中的价值研究, 负责人: 陆洲。

** 通讯作者: 许家佗, 博士研究生导师, 教授, 主要研究方向: 中医诊断技术信息化研究。

1 资料与方法

1.1 一般资料

本研究病例来源于2022年10月-2023年7月间复旦大学附属华东医院呼吸科门诊及病房的男性COPD患者149例;对照组来自本医院中医科39例,均已排除自身疾病对其语音特征产生影响的病例,本研究通过复旦大学附属华东医院伦理委员会审核,批件号:20220122。

1.2 病例选择标准

1.2.1 诊断标准

西医诊断标准: COPD诊断标准参考《慢性阻塞性肺疾病诊治指南(2021年修订版)》^[18]制定的相关标准,其中严重程度根据肺功能FEV1占预计值百分比分为轻度、中度、重度和极重度。

中医辨证标准:参照《中西医结合内科学(第十一版)》^[19]进行辨证,通过问诊形式采集COPD患者的四诊信息,由2名副高以上职称中医医生进行辨证,分为外寒内饮证、痰热郁肺证、痰浊壅肺证、肺脾气虚证以及肺肾两虚证。

(1)外寒内饮证:咳逆喘息不得卧,痰多稀薄,恶寒发热,背冷无汗,渴不多饮,或渴喜热饮,面色青晦,舌苔白滑,脉弦紧。

(2)痰热郁肺证:咳逆喘息气粗,烦躁胸满,痰黄或白,粘稠难咯,或身热微恶寒,有汗不多,溲黄便干,口渴,舌红,苔黄或黄腻,脉数或滑数。

(3)痰浊壅肺证:咳喘痰多,色白粘腻,短气喘息,稍劳即著,脘痞腹胀,倦怠乏力,舌质偏淡,苔薄腻或浊腻,脉滑。

(4)肺脾气虚证:咳喘日久,气短,痰多稀白,胸闷腹胀,倦怠懒言,面色晄白,食少便溏,舌淡苔白,脉细弱。

(5)肺肾两虚证:呼吸浅短难续,动则喘促更甚,声低气怯,咳嗽,痰白如沫,咯吐不利,胸闷,心悸,形寒汗出,舌质淡或紫暗,脉沉细无力或结代。

1.2.2 纳入标准

COPD组:①年龄40-85岁患者;②符合以上诊断标准,经肺功能检查符合使用支气管舒张剂后FEV1/FVC<0.7者;③根据以上证型诊断标准,经由2名副高以上职称中医医生判读,取结果一致者;④签署知情同意书并保证试验依从性。

对照组:①年龄40-85岁;②无明显呼吸系统疾病

及重要脏器慢性疾病,且近3个月内没有过急性病发作与用药;③既往未做过鼻咽部、喉部手术;④签署知情同意书并保证试验依从性。

1.2.3 排除标准

COPD组:①发声器官器质性病变者;②近3个月内有感冒、支气管感染等上呼吸道疾病;③患有哮喘、肺结节、肺癌等肺部疾病;④患有听力、语言、认知障碍者;⑤既往做过鼻咽部、喉部、肺部手术者;⑥母语不是汉语;⑦不愿意配合采集者。

对照组:①母语不是汉语;②不愿意配合采集者。

2 研究方法

本研究采用团队前期研究的方法进行语音的采集、语音信息的预处理以及特征参数的提取^[20]。

2.1 语音采集

使用SONY PCM-A10录音设备,参数设置为采样速率44.1 kHz,量化位数16位,采样环境低于45 dB,录音笔连接支架距离受试者嘴10 cm、45°。在开始主要的录音环节之前,为每个受试者单独演示,要求受试者以舒适、平稳的音调发出5个元音即[a]、[e]、[i]、[o]、[u],每个发音维持2 s,以wav文件保存。

2.2 语音信息预处理

①借助CoolEdit 2.1软件,进行噪声及冗余信息的剪辑;②应用Praat 6.0.34语音分析软件进行元音标注、端点检测、音频分割,提取每个元音中较为平稳的0.5 s音频信号。

2.3 提取特征参数

本研究采用扩展的日内瓦极简声学参数集(eGeMAPS)^[21-22]提取声诊特征参数,原参数集包括频率特征、能量/振幅特征、谱特征及时间相关特征(本研究提取0.5s声音片段)。由于本研究不涉及清音,单个元音的语音信号较为平稳,故排除相应清音特征,在统计量上只取频率特征、能量/振幅特征、谱特征均值进行研究。借助OpenSMILE工具包获取元音的eGeMAPS,具体参数见表1。

2.4 统计学方法

本研究采用SPSS 27.0软件进行统计分析,数据为计量资料且服从正态分布用均值±标准差(Mean±SD)表示。两组间比较用t检验;多组间比较用单因素方差分析,两两多重比较采用Bonferroni检验。所有统计分析均为双侧检验,P<0.05为差异有统计学

表1 语音信号特征参数及含义

指标类型	指标名称	含义
频率特征	F0	基频,在半音频率尺度上计算,从27.5Hz开始
	F1 frequency	第一共振峰频率
	F2 frequency	第二共振峰频率
	F3 frequency	第三共振峰频率
	F1 bandwidth	第一共振峰所占频带宽度
	F2 bandwidth	第二共振峰所占频带宽度
	F3 bandwidth	第三共振峰所占频带宽度
	Jitter	频率微扰,表示音高连续周期中的平均绝对差异
能量/振幅特征	Loudness	响度,频谱中得到的声音强度
	Shimmer	振幅微扰,表示连续周期振幅之间的平均绝对差异
	HNR	谐噪比,对谐波能量和信号中噪声能量比值,表示音质的粗细、清浊
谱特征	F1 amplitude	第一共振峰振幅,是第一共振峰中心频率与基音的能量差
	F2 amplitude	第二共振峰振幅,是第二共振峰中心频率与基音的能量差
	F3 amplitude	第三共振峰振幅,是第三共振峰中心频率与基音的能量差
	H1-H2	第一个基音谐波能量与第二个基音谐波的能量之比
	H1-A3	第一个基音谐波能量与第三个共振峰范围内最高谐波能量比
	SF	频谱通量,表示两个相邻帧的频谱差异
	MFCC	梅尔频率倒谱系数,表示音色
	AR	50-1000Hz的能量和除以1-5 kHz的能量和
	HI	0-2kHz的最强能量峰除以2-5kHz的最强能量峰
	Slope 0-500	对线性功率谱的0-500Hz做线性回归得到的斜率
Slope 500-1500	对线性功率谱500-1500Hz做线性回归得到的斜率	

意义。

3 结果

3.1 一般资料情况

COPD组的平均年龄为68.65±9.93岁,对照组的平均年龄为67.83±9.51岁。两组年龄无统计学差异($P>0.05$)。

3.2 COPD组与对照组语音特征比较

由表2可见,在频率特征方面,COPD组元音[a]的F1 bandwidth、Jitter,元音[e]的F1 bandwidth、Jitter高于对照组,差异具有统计学意义($P<0.05$)。在能量/振幅特征方面,COPD组元音[a]的H1-A3、元音[o]的H1-H2值高于对照组;元音[a]的F2 amplitude、F3 amplitude,元音[o]的F1 amplitude、F2 amplitude值低于对照组,差异具有统计学意义($P<0.05$)。在谱特征方面,COPD组元音[a]的MFCC1、HI,元音[i]的MFCC4值高于对照组,元音[a]的AR、Slope500-1500值低于对照组,差异具有统计学意义($P<0.05$)(表格仅展示差异有统计学意义的指标)。

3.3 COPD组不同严重程度语音特征比较

由表3可见,在频率特征方面,元音[e]的F2 frequency、元音[i]的F1 bandwidth、F2 bandwidth,元音[o]的F1 frequency、F2 frequency、F3 frequency,元音[u]的F1 frequency、F2 frequency值差异具有统计学意义($P<0.05$),两两比较时,中度组[e]的F2 frequency低于轻度组,重度组元音[i]的F1 bandwidth高于中度组,重度组[i]的F2 bandwidth高于中度组和轻度组,中度组和重度组元音[o]的F1 frequency、F2 frequency、F3 frequency分别低于轻度组。在能量/振幅特征方面,元音[a]的H1-H2,元音[e]的H1-A3、F1 amplitude,元音[i]的H1-A3,元音[u]的Shimmer值差异具有统计学意义($P<0.05$),两两比较时,重度组元音[a]的H1-H2低于中度组,中度组和重度组元音[e]的H1-A3、F1 amplitude和元音[i]的H1-A3高于轻度组,重度组元音[u]的Shimmer值低于轻度组。在谱特征方面,元音[a]的AR、元音[e]的HI、元音[i]的AR、HI、MFCC1值差异具有统计学意义($P<0.05$),两两比较时,重度组元音[e]的HI、MFCC1高于轻度组,重度组元音[i]的HI高于轻度组和中度组,重度组元音[a]的AR低于轻度组,重

表2 COPD组与对照组语音特征比较(Mean±SD)

指标类别	元音	指标	对照组(n=39)	COPD组(n=149)	t	P
频率特征	[a]	F1 bandwidth	1145.20±130.24	1208.45±167.51	4.211	<0.001
		Jitter	0.01±0.01	0.02±0.01	-3.235	0.002
	[e]	F1 bandwidth	1145.20±130.24	1208.45±167.51	4.211	<0.001
		Jitter	0.01±0.01	0.02±0.01	-3.235	0.002
能量/振幅特征	[a]	H1-A3	14.57±6.45	17.30±6.93	-2.22	0.028
		F2 amplitude	-1.49±5.36	-7.16±12.65	2.931	0.004
		F3 amplitude	-18.23±6.90	-24.04±11.87	4.081	<0.001
	[o]	H1-H2	0.11±5.27	2.87±6.68	-2.743	0.008
		F1 amplitude	-1.94±3.43	-4.91±10.60	2.893	0.004
		F2 amplitude	-16.78±7.67	-19.86±11.05	2.020	0.047
谱特征	[a]	MFCC1	29.83±5.39	32.15±7.41	-2.193	0.031
		AR	-4.27±4.08	-7.33±4.21	-2.301	0.024
		HI	20.76±4.03	22.57±5.48	2.692	0.008
		Slope 500-1500	-0.06±0.14	-0.12±0.12	-3.024	0.003
	[i]	MFCC4	2.54±12.22	7.94±10.45	-2.768	0.006

表3 COPD患者不同严重程度语音特征比较(Mean±SD)

指标类别	元音	指标	轻度(n=42)	中度(n=65)	重度(n=42)	F	P
频率特征	[e]	F2 frequency	1365.25±243.42	1271.88±147.18 [*]	1300.58±146.58	3.487	0.033
	[i]	F1 bandwidth	1022.08±153.16	979.03±193.65	1075.81±171.30 [#]	3.834	0.024
		F2 bandwidth	410.32±294.72	430.04±238.78	563.88±412.64 ^{**}	3.161	0.045
	[o]	F1 frequency	554.54±168.81	463.09±153.39 [*]	485.58±143.36 [*]	4.542	0.012
		F2 frequency	1550.60±369.30	1347.94±341.75 [*]	1394.36±271.26 [*]	4.906	0.009
		F3 frequency	2749.31±251.65	2592.04±389.98 [*]	2664.82±235.56 [*]	3.173	0.045
	[u]	F1 frequency	636.56±136.37	569.38±148.76 [*]	569.12±143.41 [*]	3.298	0.040
		F2 frequency	1748.95±320.33	1602.69±354.06 [*]	1583.34±309.63 [*]	3.268	0.041
能量/振幅特征	[a]	H1-H2	3.46±5.08	5.36±4.63	2.39±5.63 [#]	4.719	0.010
	[e]	H1-A3	21.31±12.22	25.36±5.99 [*]	26.76±7.29 [*]	4.748	0.010
		F1 amplitude	-9.13±20.92	-3.58±5.42 [*]	-3.57±7.12 [*]	3.094	0.048
	[i]	H1-A3	18.14±13.77	22.46±8.26 [*]	23.46±9.54 [*]	3.202	0.044
	[u]	Shimmer	1.02±0.63	0.82±0.50	0.62±0.42 [*]	6.009	0.003
谱特征	[a]	AR	-6.18±3.52	-7.21±4.14	-8.69±4.64 [*]	3.944	0.021
	[e]	HI	24.85±6.09	26.15±6.81	28.37±6.06 [*]	3.259	0.041
	[i]	MFCC1	16.17±6.92	18.66±7.75	20.55±8.06 [*]	3.505	0.033
		AR	-18.55±5.30	-19.81±5.90	-22.55±5.91 ^{**}	5.388	0.006
		HI	23.82±5.54	24.28±6.67	28.02±6.84 ^{**}	5.675	0.004

注:与轻度组比较,^{*}P<0.05;与中度组比较,[#]P<0.05。

度组元音[i]的AR低于轻度组和中度组。

3.4 COPD患者不同证型语音特征

由表4可见,在频率特征方面,元音[i]的F2 bandwidth,元音[u]的F1 frequency、F2 frequency、F3 frequency值差异具有统计学意义(P<0.05),两两比较时,肺脾气虚证元音[i]的F2 bandwidth低于外寒内饮证,元音[u]的F1 frequency表现为痰热郁肺证高于外

寒内饮证,肺脾气虚证低于痰热郁肺证,肺肾两虚证低于痰浊壅肺证;元音[u]的F2 frequency表现为痰热郁肺证、肺脾气虚证、肺肾两虚证高于外寒内饮证,痰浊壅肺证低于痰热郁肺证,肺脾气虚证、肺肾两虚证高于痰浊壅肺证;元音[u]的F3 frequency表现为痰热郁肺证、肺脾气虚证、肺肾两虚证高于外寒内饮证,痰浊壅肺证低于痰热郁肺证。在能量/振幅特征方面,元

表4 COPD患者不同证型语音特征比较(Mean±SD)

指标类别	元音	指标	外寒内饮证 (n=21)	痰热郁肺证 (n=31)	痰浊壅肺证 (n=30)	肺脾气虚证 (n=37)	肺肾两虚证 (n=30)	F	P
频率特征	[i]	F2 bandwidth	639.30±471.77	476.62±284.60	45.21±8.44	377.43±236.78 [*]	515.59±349.12	3.311	0.013
		F1 frequency	536.78±185.09	630.73±139.98 [*]	807.35±137.41	599.25±148.71 [#]	615.13±139.75 ^Δ	2.537	0.043
	[u]	F2 frequency	1485.71±452.47	1726.16±340.05 [*]	539.89±104.23 [#]	1693.95±326.24 ^Δ	1703.36±311.94 ^Δ	3.203	0.015
		F3 frequency	2635.85±641.43	2921.54±274.73 [*]	1521.44±210.74 [#]	2831.54±212.10 [*]	2850.44±227.50 [*]	2.891	0.024
能量/振幅特征	[e]	F1 amplitude	-13.81±28.42	-4.73±6.45 [*]	-1.67±4.79	-4.45±7.41 [*]	-3.83±5.12 [*]	3.488	0.009
		F2 amplitude	-23.15±25.39	-14.56±7.70 [*]	-12.86±5.13	-14.02±8.22 [*]	-14.34±6.52 [*]	2.973	0.021
	[o]	H1-H2	1.65±5.76	1.49±7.41	-1.52±9.38	6.21±7.42 ^{*#}	3.19±5.13	3.906	0.005
		F1 amplitude	-11.18±22.81	-2.65±4.08 [*]	0.72±5.56	-5.75±7.58	-4.41±6.28 [*]	2.860	0.026
	[u]	HNR	7.98±4.42	8.64±4.09	2759.58±174.92	6.41±5.28 [#]	10.12±2.28 [○]	3.478	0.010
谱特征	[i]	MFCC3	35.14±14.32	38.47±13.68	374.55±196.92	48.03±13.34 [*]	37.97±14.35	5.206	0.001
	[o]	MFCC3	1.96±8.83	-3.88±13.69	-2.30±6.64	4.77±10.14 [#]	-3.87±11.42	3.933	0.005

注:与外寒内饮证比较,^{*}P<0.05;与痰热郁肺证比较,[#]P<0.05;与痰浊壅肺证比较,^ΔP<0.05;与肺脾气虚证比较,[○]P<0.05

音[e]的F1 amplitude、F2 amplitude,元音[o]的H1-H2、F1 amplitude,元音[u]的HNR值差异具有统计学意义(P<0.05),两两比较时,元音[e]的F1 amplitude、F2 amplitude表现为痰热郁肺证、肺脾气虚证、肺肾两虚证高于外寒内饮证,元音[o]的H1-H2表现为肺脾气虚证高于外寒内饮证和痰热郁肺证,元音[o]的F1 amplitude表现为痰热郁肺证、肺肾两虚证高于外寒内饮证,元音[u]的HNR表现为肺脾气虚证低于痰热郁肺证,肺肾两虚证高于肺脾气虚证。在谱特征方面,元音[i]、[o]的MFCC3值差异具有统计学意义(P<0.05),两两比较时,肺脾气虚证元音[i]的MFCC3高于外寒内饮证,元音[o]的MFCC3高于痰热郁肺证。

4 讨论

先贤早在《灵枢 忧恚无言》就阐述了人体发音的结构及机制,如“喉咙者,气之所以上下者也。会厌者,音声之户也。口唇者,音声之扇也。舌者,音声之机也。悬雍垂者,音声之关也”,并将五脏与人体发声相联系^[23]。五脏精气的充盛是声音正常的根本,声音是人体生命活动的外在征象之一,可反映脏腑功能活动和气血津液盛衰变化^[24],COPD患者长期的咳嗽、咳痰、喘息等症状损伤五脏之精气,进而影响发声之通路。根据结果,COPD组的三类特征均高于对照组,其中频率特征 Bandwidth的大小取决于声波在声道内传递时的损耗,而其与元音的音质无关,只与共振峰的次第有关^[25],提示 COPD 病人声道长期受炎症或药物刺激,难免会影响其发音的通透感。Jitter是指相邻基音周期之间基频的变化率,用于度量特定周期与相邻

几个周期之间基频的差异,能够反映声带振动的周期性差异^[26],主要反映声音的粗糙程度,其次是嘶哑程度^[27],元音[a]和[e]的Jitter值表现为COPD组高于对照组,说明COPD患者在长期疾病进展过程中声带结构的变化使声音变得嘶哑,或与药物的使用相关^[28]。能量/振幅特征H1-H2和H1-A3 COPD患者较高,有可能由于其气道更为狭窄,发出声音阻力较大,需要更大的能量来使发声器官振动。谱特征AR与声门内收速度有关,结果显示AR值表现为COPD组低于对照组,说明COPD患者气虚元气不足,脏腑功能衰退,声门闭合较慢。

根据指南中GOLD分级标准将COPD患者分为轻度、中度、重度以及极重度,本研究因极重度患者只有7例,故将其与重度患者归为一组进行研究。结果显示不同严重程度的频率特征F1 frequency、F2 frequency表现出差异,元音的共振峰特性和发音机制密切相关,发音时咽腔越大F1 frequency越低,咽腔越小F1 frequency越高;F2 frequency和口腔的形状和大小密切相关,发音时口腔越大F2 frequency越低,口腔越小F2 frequency越高^[26],COPD组F2 frequency中度组和重度组低于轻度组,说明中度组和重度组患者发音时咽腔和口腔较轻度组大,可能由于COPD发生发展过程中,声道结构发生变化,进而影响咽腔或口腔大小的变化,使声音发生改变。元音[i]的F2 bandwidth随严重程度增加呈现上升趋势,也就是说随着疾病的进展,声音听起来更加有磁性。Jitter与Shimmer均是发声系统稳定性的短期指标,能够反映声带无意识振动的稳定性,其值越高,声音越不稳定,听起来越嘶

哑,这里元音[u]的Shimmer值随严重程度增加呈现下降趋势引发思考,考虑是否受到药物等因素的影响。能量/振幅特征 H1-H2 和 H1-A3 以及谱特征 AR 和 HI 随严重程度的增加呈现升高的趋势,说明随病情进展,发声的阻力越大,则需要更大的能量来使发声器官震动;结合之前结果,能量/振幅特征 H1-H2 和 H1-A3 以及谱特征 AR 和 HI 不但可以区分健康人与 COPD 患者,且有望作为判断 COPD 严重程度的指标。展望未来的研究,是否可以探究出分布范围值来区分 COPD 严重程度,具有很大研究空间。

由结果可知,痰热郁肺证相比于外寒内饮证及痰浊壅肺证主要区别于频率特征元音[u]的 Frequency,且痰热郁肺证最高;外寒内饮证相较于痰热郁肺证、肺脾气虚证、肺肾两虚证的能量/振幅特征 Amplitude 绝对值最高,也反映了在疾病进展初期病情尚未转化,语音具有相对高能量。中医理论认为疾病进展后期,阴阳两虚,损及先天之本肾脏,肾主纳气,气虚无力发声,可能使发声能量不足。除此之外,肺脾气虚证与

肺肾两虚证的差异主要体现在能量特征 HNR,其是用来分析嗓音中的噪音成分,反映声音的粗糙程度,HNR 值越小,声嘶越严重,HNR 值越大,声嘶越轻^[29-30],在此两个虚证中具有一定差别。

本研究尚存在不足。COPD 因其患病与发病的复杂性,临床诊断常容易与其他肺部疾病混淆,有研究利用声学特征区分包括 COPD 在内的肺部疾病^[31-32],根据嗓音生成的神经基础,COPD 患者不同发病状态下不但发音器官会发生变化,受呼吸困难的影响,患者的情绪也发生波动,因此在急性加重期和稳定期患者的语音特征也会发生变化^[33-34],在后续研究中可对 COPD 急性加重期和稳定期的语音特征进一步研究,通过寻找 COPD 患者不同发病情况下的语音差异,寻找风险指标。未对 5 个元音分别进行探讨,因元音的口形、舌位不同,元音本身会对发音产生影响,甚至不同体位发出的元音也会产生声学差异^[32],未来应更加精确的分类研究,改进研究方法,寻找更加完善的 COPD 声诊诊断依据。

参考文献

- 1 马维骥. 闻诊小史考略. 湖北中医杂志, 1988, 10(6):44.
- 2 齐南. 《内经》闻诊初探. 北京中医, 1987, 6(5):55-56.
- 3 王斌, 杨爱萍. 谈中医闻诊的重要意义. 陕西中医, 2005, 26(12): 1398-1399.
- 4 金蒙, 于勇, 孙洋, 等. 汉语青年发音人的嗓音声学分析. 天中学刊, 2021, 36(3):138-143.
- 5 刘阳, 李进让. 基于气息音的嗓音分类研究. 中国听力语言康复科学杂志, 2022, 20(1):8-11.
- 6 董伟, 王忆勤, 郑荣华, 等. 100 例慢性咽炎患者语音信号的证型特征分析. 河北中医, 2015, 37(11):1613-1615, 1619.
- 7 宋雪阳, 许朝霞, 王寺晶, 等. 121 例肺结节患者的语音共振峰初探. 世界科学技术-中医药现代化, 2019, 21(12):2904-2908.
- 8 陈春风, 王忆勤, 徐璘, 等. 342 例肺系疾病患者的语音信号采集和特征分析. 上海医药, 2022, 43(14):21-25.
- 9 阳慧萍, 蔡艺苹, 郭锐, 等. 尘肺病患者肺泡灌洗术前后发音频率变化研究. 中国职业医学, 2013, 40(2):118-119.
- 10 Halpin D M G, Criner G J, Papi A, et al. Global initiative for the diagnosis, management, and prevention of chronic obstructive lung disease. the 2020 GOLD science committee report on COVID-19 and chronic obstructive pulmonary disease. *Am J Respir Crit Care Med*, 2021, 203(1):24-36.
- 11 Wang C, Xu J, Yang L, et al. Prevalence and risk factors of chronic obstructive pulmonary disease in China (the China Pulmonary Health [CPH]study): a national cross-sectional study. *Lancet*, 2018, 391(10131):1706-1717.
- 12 赵伟森. 基于 GBD 2019 数据库分析 1990-2019 年全球 COPD 疾病负担及其归因危险因素的时空趋势. 长春: 吉林大学硕士学位论文, 2023.
- 13 高淑平, 凡颖, 周玉梅, 等. 慢性阻塞性肺疾病病人吞咽功能障碍的研究进展. 全科护理, 2023, 21(16):2190-2194.
- 14 王益民, 毕艳颖. COPD 病人抑郁症状发生率及影响因素的纵向研究. 全科护理, 2023, 21(31):4433-4436.
- 15 Sen I, Wali A, Hassan SA. Effect of smoking on pulmonary acoustic parameters in terms of displacement away from non-smokers towards COPD: a preliminary study. 2022 Medical Technologies Congress (TIPTEKNO). Antalya, Turkey. IEEE, 2022:1-4.
- 16 廖华蓉, 陈杰, 徐增瑞. 病态嗓音的客观声学检测. 甘肃中医学院学报, 2001, 18(1):26-27, 25.
- 17 Harrington J, Cassidy S. The acoustic theory of speech production. *Techniques in Speech Acoustics*. Dordrecht: Springer, 1999:29-56.
- 18 中华医学会呼吸病学分会慢性阻塞性肺疾病学组, 中国医师协会呼吸医师分会慢性阻塞性肺疾病工作委员会. 慢性阻塞性肺疾病诊治指南(2021 年修订版). 中华结核和呼吸杂志, 2021, 44(3): 170-205.
- 19 余绍源, 刘茂才, 罗云坚. 中西医结合内科学. 北京: 科学出版社, 2003.
- 20 陆洲, 沙娇娇, 江涛, 周基安, 等. 肺结节中医证候与语音信号诊断特征研究. 上海中医药杂志, 2024, 58 (02): 46-51.

- 21 Liu J, Fu F, Li L, *et al.* Efficient Pause Extraction and Encode Strategy for Alzheimer's Disease Detection Using Only Acoustic Features from Spontaneous Speech: 3. *Brain Sciences*, 2023, 13(3): 477.
- 22 Eyben F, Scherer K R, Schuller B W, *et al.* The Geneva minimalistic acoustic parameter set (GeMAPS) for voice research and affective computing. *IEEE Trans Affect Comput*, 2016, 7(2):190-202.
- 23 路漫漫, 谷峰. 五音在《黄帝内经》中的应用. *中医学报*, 2020, 35(6): 1192-1195.
- 24 洪静, 陈聪, 许朝霞, 等. 中医声诊客观化研究进展. *中华中医药杂志*, 2019, 34(11):5324-5326.
- 25 宋馨. 基于K-L变换和共振峰参数标准化的元音识别研究. 上海: 上海师范大学硕士学位论文, 2010.
- 26 李宁. 基于声学参数和支持向量机的病理嗓音分类研究. 上海: 华东师范大学博士学位论文, 2013.
- 27 程思益. 慢性阻塞性肺疾病稳定期患者闻诊特点研究. 北京: 北京中医药大学硕士学位论文, 2021.
- 28 Saeed A M, Riad N M, Osman N M, *et al.* Study of voice disorders in patients with bronchial asthma and chronic obstructive pulmonary Disease: 1. *Egyptian J Bronchol*, 2018, 12(1):20-26.
- 29 Eskenazi L, Childers D G, Hicks D M. Acoustic correlates of vocal quality. *J Speech Hear Res*, 1990, 33(2):298-306.
- 30 Qi Y, Hillman R E. Temporal and spectral estimations of harmonics-to-noise ratio in human voice signals. *J Acoust Soc Am*, 1997, 102(1):537-543.
- 31 Neili Z, Fezari M, Abdeghani R. Analysis of Acoustic Parameters from Respiratory Signal in COPD and Pneumonia patients. 2018 International Conference on Signal, Image, Vision and their Applications (SIVA). Guelma, Algeria. IEEE, 2018:1-4.
- 32 Sargın Sİ, Şen İ. Feature selection for differential diagnosis of asthma and COPD: a preliminary study. 2023 31st Signal Processing and Communications Applications Conference (SIU). Istanbul, Turkiye. IEEE, 2023:1-4.
- 33 胡学平. 语音经验调节嗓音辨别的认知神经机制. 重庆: 西南大学博士学位论文, 2018.
- 34 Nallanthighal VS, Härmä A, Strik H. Detection of COPD exacerbation from speech: comparison of acoustic features and deep learning based speech breathing models. ICASSP 2022 - 2022 IEEE International Conference on Acoustics, Speech and Signal Processing (ICASSP). Singapore, Singapore. IEEE, 2022:9097-9101.

Phonological Features of 149 Patients With Chronic Obstructive Pulmonary Disease

SHA Jiaojiao¹, LU Zhou^{1,2}, JIANG Tao¹, XU Jiatio¹, XU Yi², LI Yongzhi^{1,3}

(1. School of Traditional Chinese Medicine, Shanghai University of Traditional Chinese Medicine, Shanghai

201203, China ; 2. East China Hospital Affiliated to Fudan University, Shanghai 200040, China ;

3. China Astronaut Research and Training Center, Beijing 100094, China)

Abstract: Objective To analyze the phonetic features of patients with chronic obstructive pulmonary disease (COPD) by using modern acoustic diagnosis technology, in order to provide an objective basis for the informationized diagnosis of COPD patients in traditional Chinese medicine. Methods The voice signals of COPD group and control group were collected, and the characteristic parameters were extracted by modern speech analysis method to analyze the sound diagnosis characteristics of COPD patients. Results There were significant differences between COPD group and control group ($P < 0.05$). There were significant differences in the phonetic features of different COPD severity groups ($P < 0.05$), and showed a certain trend with the change of severity. There were significant differences among different COPD groups ($P < 0.05$). In pairwise comparison, there were significant differences among the syndrome types ($P < 0.05$), and they had certain characteristics. Conclusion There are certain rules in the phonetic features of COPD and its different syndromes, which can provide objective reference for the diagnosis of COPD and TCM syndrome differentiation.

Keywords: Chronic obstructive pulmonary disease, Acoustic diagnosis, Phonetic features, TCM syndrome type

(责任编辑: 李青)