

## · 研究报告 ·

# 基于电子鼻的慢性胃炎气滞证患者常见病位的口腔呼气气味图谱研究

林雪娟<sup>1,2,3</sup>, 冯秀君<sup>1,2,3</sup>, 梁丽丽<sup>1,2,3</sup>, 吴青海<sup>1,2,3</sup>, 郭锋<sup>4</sup>, 李灿东<sup>1,2,3</sup>, 黄伟荣<sup>5</sup>

(<sup>1</sup>福建中医药大学中医证研究基地, 福州 350122; <sup>2</sup>福建中医药大学福建省中医健康状态辨识重点实验室, 福州 350122; <sup>3</sup>福建省2011中医健康管理协同创新中心, 福州 350122; <sup>4</sup>厦门大学智能科学与技术系, 厦门 361005; <sup>5</sup>福建中医药大学附属晋江中医院, 福建晋江 362200)

**摘要:** 目的: 运用电子鼻探讨慢性胃炎气滞证患者常见病位的口腔呼气气味图谱特征。方法: 采用证素辨证的方法, 筛选出397例慢性胃炎气滞证患者并判断病位证素, 同时运用基于阵列式气体传感器技术的医用电子鼻(EN01103-A)采集其口腔呼气的气味图谱, 选择气味图谱响应曲线的振幅、斜率作为图谱特征参数, 借助分类器算法对慢性胃炎气滞证与非气滞证的口腔呼气气味图谱特征进行模式识别, 比较慢性胃炎气滞证患者常见病位的口腔呼气气味图谱特征。结果: 慢性胃炎气滞证的主要病位证素分布是胃(91.18%)、脾(38.29%)、肝(23.68%); 主要病位为胃、脾胃、肝脾胃、肝胃; 采用分类器算法对慢性胃炎气滞证的气味图谱进行模式识别时, 运用随机森林算法, 对气滞证的准确率可以达到65.85%; 病位胃组、脾胃组的气味图谱响应曲线B、C、D、E、F、I、J的振幅均显著低于病位肝脾胃组( $P<0.01$ ); 病位胃组、脾胃组的气味图谱响应曲线C、D、E、F、I的斜率均显著低于病位肝脾胃组( $P<0.01$ ), 脾胃组曲线A的斜率低于病位肝脾胃组( $P<0.05$ )。结论: 运用电子鼻结合模式识别方法可初步判断慢性胃炎气滞证及其不同病位间的口腔呼气气味差异。

**关键词:** 慢性胃炎; 气滞证; 病位; 电子鼻; 气味图谱; 分类器算法; 响应曲线振幅; 响应曲线斜率; 模式识别

**基金资助:** 国家自然科学基金项目(No.81373552), 福建省自然科学基金项目(No.2014J01362), 福建省中医药科研项目(No.wzpw201313), 福建省教育厅A类项目(No.JA14212), 载人航天领域预先研究项目(No.020104)

## Study on oral exhalation odor pattern among common disease locations in patients of chronic gastritis with qi stagnation syndrome based on electronic nose

LIN Xue-juan<sup>1,2,3</sup>, FENG Xiu-jun<sup>1,2,3</sup>, LIANG Li-li<sup>1,2,3</sup>, WU Qing-hai<sup>1,2,3</sup>, GUO Feng<sup>4</sup>,  
LI Can-dong<sup>1,2,3</sup>, HUANG Wei-rong<sup>5</sup>

(<sup>1</sup>Research Base of Traditional Chinese Medicine Syndrome, Fujian University of Chinese Medicine, Fuzhou 350122, China; <sup>2</sup>Key Laboratory on TCM Health Differentiation in Fujian Province, Fujian University of Chinese Medicine, Fuzhou 350122, China; <sup>3</sup>Collaborative Innovation Center of Health Management of Traditional Chinese Medicine of Fujian Province in 2011, Fuzhou 350122, China; <sup>4</sup>Intelligent Science and Technology Department, Xiamen University, Xiamen 361005, China; <sup>5</sup>Jinjiang Hospital of Traditional Chinese Medicine Affiliated to Fujian University of TCM, Jinjiang 362200, China)

**Abstract:** Objective: to explore the oral exhalation odor pattern characteristics among the common disease location of Chronic gastritis (CG) patients with qi stagnation syndrome by electronic nose. Methods: A total of 397 cases of CG patients with qi stagnation syndrome were selected and disease locations were judged by the syndrome elements differentiation method. Oral exhalation odor pattern was collected by the electronic nose (EN01103-A) based on array gas sensor technology. The amplitude and slope of response curves were selected as pattern characteristic parameters. Recognition of oral exhalation odor pattern characteristics between CG patients with qi stagnation syndrome and patients with non-qi stagnation syndrome was conducted by classifier algorithm. Oral exhalation odor pattern characteristics among the common disease locations of CG patients with qi stagnation syndrome were compared. Results: Distribution feature of disease location of qi stagnation syndrome elements in CG was 91.18% in the stomach, 38.29% in the spleen and 23.68% in the liver; the major disease location was stomach, spleen and stomach, liver and spleen stomach, liver and stomach. The pattern recognition of the oral exhalation odor pattern characteristics

通讯作者: 李灿东, 福建省福州市闽侯上街大学城邱阳路1号福建中医药大学中医证研究基地, 邮编: 350122, 电话: 0591-22861513  
E-mail: fjzylcd@126.com

between patients with qi stagnation syndrome of CG and non-qi stagnation syndrome patients of CG was by classifier algorithm: using random forest algorithm, the accuracy of random forest algorithm can reach 65.85%. The amplitudes of oral exhalation odor pattern curves of B, C, D, E, I, F, J of the stomach group and the combination of stomach and spleen group of CG patients with qi stagnation syndrome were significantly lower than those in the combination stomach and spleen and liver group ( $P < 0.01$ ). The slopes of oral exhalation odor pattern curves of B, C, D, E, F, I of the stomach group and the combination of stomach and spleen group of CG patients with qi stagnation syndrome were significantly lower than those in the combination stomach and spleen and liver group ( $P < 0.01$ ). The slope of the oral exhalation odor pattern curve A of the combination of stomach and spleen group was lower than that in the combination of stomach, spleen and liver group ( $P < 0.05$ ). Conclusion: Oral exhalation odor pattern characteristics of CG patients with qi stagnation syndrome and the difference among different disease locations can be judged preliminary by the combination of electronic nose and pattern recognition.

**Key words:** Chronic gastritis; Qi stagnation syndrome; Disease location; Electronic nose; Odor pattern; Classifier algorithm; Response curves amplitude; Response curves slope; Pattern recognition

**Funding:** National Natural Science Foundation of China (No.81373552), Natural Science Foundation of Fujian Province (No.2014J01362), TCM Scientific Research Foundation of Fujian Province (No.wzpw201313), Class A Project of Education Department of Fujian Province (No.JA14212), Pre-research Project in Manned Space Field (No.020104)

慢性胃炎是由不同原因引起的胃黏膜的慢性炎症或者萎缩,按照病理特点的不同可以分为慢性浅表性胃炎(或称慢性非萎缩性胃炎)、慢性萎缩性胃炎、特殊类型胃炎<sup>[1-2]</sup>。近年来,随着人们工作压力的增大、生活节奏的加快以及饮食的不规律,慢性胃炎的发病越来越普遍。临床观察发现,慢性胃炎患者的发病初期多以精神压力、情志不遂、胃脘痛为主要临床表现。既往研究显示,气滞证是慢性胃炎最常见的证型<sup>[3-4]</sup>。中医学认为,脾开窍于口,口又为胃之上端,口腔气味在排除口腔本身疾患的情况下,与脾胃功能的正常与否有着密切关系。研究发现,与健康人相比,很多慢性胃炎患者均出现一定程度的口腔呼口气味的改变<sup>[5]</sup>。因此,本研究主要运用证素辨证的方法,探讨慢性胃炎气滞证不同病位的口腔呼口气味图谱特征,为慢性胃炎气滞证的病位诊断提供客观依据。

#### 资料

1. 研究对象来源 选取2014年4月至2015年11月就诊于福建中医药大学附属晋江中医院门诊及住院部的397例慢性胃炎气滞证患者作为观察对象,其中,男性154例,女性243例;年龄16~66岁,平均年龄(37.82±10.27)岁。同期,241例慢性胃炎非气滞证患者作为对照,其中,男性137例,女性104例;年龄16~72岁,平均年龄(37.13±11.22)岁。

2. 慢性胃炎西医诊断标准 参照2012年11月在上海召开的全国慢性胃炎诊治共识会议通过的《中国慢性胃炎共识意见》<sup>[6]</sup>。慢性胃炎缺乏特异性的症状和体征,有症状者多表现为上腹痛、饱胀等消化不良的症状。其确诊主要依据内镜检查与胃黏膜活检组织学检查。

2.1 内镜检查 内镜下将慢性胃炎分为慢性非萎缩性胃炎(即旧称的慢性浅表性胃炎)及慢性萎缩性胃炎两大基本类型。如同时存在平坦糜烂、隆起糜烂、出血、黏膜皱壁粗大或胆汁反流等征象,则可依次诊断为慢性非萎缩性胃炎或慢性萎缩性胃炎伴糜烂、胆汁反流等。

2.2 病理活检 以胃黏膜固有层炎性细胞(单个核细胞,主

要是淋巴细胞、浆细胞)浸润为特征的慢性炎症反应。其分为两类:①慢性非萎缩性胃炎;②慢性萎缩性胃炎。

3. 慢性胃炎气滞证的诊断标准 参照《证素辨证学》<sup>[7]</sup>,根据采集的四诊信息在诊断中的权重,以加权阈值法确定证素。将各四诊信息对某证素的贡献度进行累积相加,所得的贡献度之和,作为该证素的积分。积分<70,归为0级,说明基本无病理变化;70≤积分<100,归为1级,说明存在轻度病理变化;100≤积分<150,归为2级,说明存在中度病理变化;积分≥150,归为3级,说明存在严重病理变化。各证素诊断的确定:以100作为通用阈值,各症状对各证素的贡献度之和达到或超过100时,即诊断为这些证素。将气滞证素积分≥100的病例均确定为慢性胃炎气滞证的病例,反之,气滞证素积分<70的病例均确定为慢性胃炎非气滞证的病例。

4. 纳入标准 ①符合慢性胃炎的西医诊断标准者;②符合慢性胃炎的西医诊断标准且气滞证素积分≥100的患者;③年龄在16周岁及以上,75周岁及以下者;④表示知情同意者。

5. 排除标准 ①凡不符合慢性胃炎气滞证纳入标准者;②妊娠及哺乳期妇女;③合并胃大切、胃溃疡及临床诊断疑似恶变者;④合并肝脏、肾脏、造血系统、代谢系统、循环系统等严重疾病,甚则患有严重影响生活质量及生命的疾病,如恶性肿瘤;⑤有认知功能障碍、精神病患者,无法进行正常语言沟通者;⑥近期正在感冒者;⑦有重度吸烟嗜好者;⑧合并有一定口腔疾病患者,如牙周炎、智齿冠周炎、龋齿等。

#### 方法

1. 四诊信息的采集 参照“600常见症状的辨证意义”<sup>[8]</sup>,制定统一的四诊信息采集表,并由两名经过专门培训的中医人员按照统一和规范的标准进行中医四诊信息的采集,并做好记录工作。

2. 证素的提取 将采集好的四诊信息录入证素辨证系统,提取出慢性胃炎气滞证的相关病位和病性证素,将主要证素及对应积分整理至Excel表格。

3. 病位证素的分组 将积分≥100且频数分布比例≥10%的常见病位证素,按照单一病位证素、两个病位证素组合、3个病位证素组合分组,得出常见的病位证素分组。

4. 口腔呼气的采集 要求采集对象空腹,在采集前1h禁烟。气体采集的时间为采集中医四诊信息的当日上午8:00~12:00之间。使用无味带吸嘴的消毒气袋,患者口含吸嘴匀速地向气袋中呼气,采集口腔呼气总量约为1 000mL,将采集好的气袋放置于阴凉处并常温保存。

5. 气味图谱的采集 实验设备采用基于第3代薄膜型阵列式气体传感器技术的高灵敏度医用电子鼻(EN011103-A),内含有10个薄膜型金属气体传感器组成的传感器阵列。工作环境温度控制在15~35℃,相对湿度<70%,调试电子鼻的相关工作参数,将气袋吸嘴和电子鼻气室接口管连接好,气袋内的气体以约333mL/min的流速进入电子鼻气室内,采样时间180s,延滞时间300s,电子鼻10条不同颜色响应曲线随时间输出,描绘出气味图谱,反映的是同一被检测气体整体信息<sup>[9]</sup>。

### 6. 气味图谱特征识别

6.1 流程 电子鼻拥有10个传感器,因此,每个气味图谱样本包含10条数据线,先对数据进行预处理,提取曲线的峰值、上升段的振幅、斜率、面积、上升速度等静态特征,再将曲线归一化到同一长度后分割成100个时间片段,分别提取均值作为特征,即每个样本最终提取了[(5+100)×10=1 050]维特征。使用十折交叉验证对分类结果进行评估,人数取整,共选出630个样本,其中,390个慢性胃炎气滞证患者,240个慢性胃炎非气滞证患者。

6.2 特征识别的方法 采用KNN聚类、随机森林、决策树3种分类器算法。KNN聚类算法又称为k近邻分类算法,该算法通过计算数据库中所有样本与待分类样本在特征上的距离找到最近邻的k个样本,根据这些样本的类别带权重投票出待分类样本在各个证素的取值;决策树分析法是一种运用概率与图论中的树对决策中的不同方案进行比较,从而获得最优方案的风险型决策方法;随机森林是一个包含多个决策树的分类器,其输出的类别是由部分决策树输出的类别的投票决定。

6.3 准确率的计算 准确率的计算公式:准确率(%)=程序判定为阳性且标注为阳性的样本数/程序判定为阳性的样本数×100%。

7. 气味图谱特征的提取 选择气味图谱响应曲线的振幅和斜率作为图谱特征参数,对慢性胃炎气滞证不同病位间的气味图谱特征进行比较。

8. 统计学方法 采用SPSS 20.0软件对实验数据进行统计学方法处理,计量资料以 $\bar{x} \pm s$ 表示,计数资料以%表示。多组计量资料进行比较,符合正态分布的,运用单因素方差分析,其中,方差齐时采用LSD检验,方差不齐时则采用Games-Howell检验;当不符合正态分布时,则采用Kruskal Wallis Test。所有统计检验都用双侧检验,当P<0.05时则认为差异有统计学意义。

## 结果

1. 慢性胃炎气滞证常见病位证素分布特点 见表1~表2。慢性胃炎气滞证患者常见病位证素(频数分布比例>10%)依次为胃、脾、肝。慢性胃炎气滞证患者亦常见多脏腑的病变,对常见病位证素进行组合后,得出慢性胃炎气滞证的常见病位及组合主要为胃、胃+脾、胃+脾+肝、胃+肝。

表1 397例慢性胃炎气滞证患者常见病位证素分布情况(>10%)

证素	频数	百分比(%)
胃	362	91.18
脾	152	38.29
肝	94	23.68

表2 397例慢性胃炎气滞证患者常见病位分布情况

病位	例数	百分比(%)
胃	176	44.33
胃+脾	98	24.69
胃+脾+肝	49	12.34
胃+肝	39	9.82

2. 慢性胃炎气滞证的气味图谱特征辨识 对慢性胃炎气滞证和非气滞证患者的气味图谱特征进行模式识别时,采用随机森林算法的准确率可以达到65.85%,KNN聚类和决策树算法的准确率分别为65.45%、64.79%。

3. 慢性胃炎气滞证常见病位组合的气味图谱响应曲线特征的比较 根据表2中病位分布情况进行分组,选取病位在胃的176例为胃组,胃+脾的98例为脾胃组,胃+脾+肝的49例为肝脾胃组,胃+肝的39例为肝胃组,并对其相关的气味图谱振幅、斜率特征进行统计学分析。

3.1 振幅特征 见表3。慢性胃炎气滞证患者病位胃组、脾胃组的气味图谱响应曲线B、C、D、E、F、I、J的振幅均显著低于肝脾胃组(P<0.01),肝胃组与肝脾胃组的气味图谱响应曲线振幅,差异无统计学意义。

表3 常见病位的气味图谱响应曲线振幅比较( $\bar{x} \pm s$ )

传感器	胃组(176例)	脾胃组(98例)	肝胃组(39例)	肝脾胃组(49例)
A	58.85±27.81	65.44±40.85	68.57±41.15	67.79±33.18
B	69.35±61.31**	81.54±76.42**	106.12±104.00	129.59±88.00
C	29.35±30.46**	30.84±30.86**	45.30±47.01	56.50±47.47
D	35.90±31.40**	37.24±33.75**	55.71±53.69	66.76±54.11
E	70.94±67.96**	81.34±72.20**	95.93±76.29	121.82±76.11
F	208.69±98.33**	218.41±102.94**	252.97±103.93	265.29±102.18
G	57.08±28.09	63.14±40.43	65.73±43.08	64.90±34.38
H	30.50±21.12	39.55±44.24	36.90±41.33	36.06±29.04
I	91.91±61.57**	101.85±71.48**	127.09±90.98	142.59±75.31
J	11.78±14.25**	10.93±7.43**	14.71±10.42	18.55±11.99

注:与肝脾胃组比较,\*P<0.05,\*\*P<0.01。下表同。

3.2 斜率特征 见表4。慢性胃炎气滞证患者病位胃组、脾胃组的气味图谱响应曲线B、C、D、E、F、I的斜率均显著低于肝脾胃组( $P<0.01$ ),脾胃组的曲线A的斜率低于肝脾胃组( $P<0.05$ ),肝胃组和肝脾胃组曲线的斜率相比较,差异无统计学意义。

表4 常见病位的气味图谱响应曲线斜率的比较( $\bar{x} \pm s$ )

传感器	胃组(176例)	脾胃组(98例)	肝胃组(39例)	肝脾胃组(49例)
A	324.79±120.60	295.22±129.13*	360.17±109.59	344.10±142.19
B	378.14±325.38**	366.34±369.83**	623.59±788.02	692.30±535.64
C	167.93±179.35**	162.66±196.01**	264.34±284.17	325.79±289.07
D	206.43±186.98**	212.76±218.48**	329.81±325.19	396.29±338.65
E	390.35±361.50**	360.86±326.07**	513.33±392.63	620.76±411.70
F	1 218.28±649.07**	1 194.92±724.17**	1 457.40±658.31	1 553.72±753.26
G	316.28±115.16	285.75±122.91	342.21±93.18	322.16±114.59
H	166.12±65.05	149.79±65.35	177.55±51.39	166.05±62.05
I	492.54±426.80**	492.98±377.86**	714.53±552.48	789.23±500.94
J	45.73±467.60	61.49±57.99	90.35±64.50	165.02±427.78

## 讨论

1. 慢性胃炎气滞证的气味图谱特征识别 本课题组前期研究<sup>[10]</sup>发现,采用支持向量分类机的方法对慢性胃炎患者与健康者进行辨识,辨识准确率可以达到88.53%。本次研究采用分类器对慢性胃炎患者的气味图谱特征进行模式识别时,运用随机森林算法、KNN聚类及决策树算法,对气滞证的准确率均达到64.00%以上,表明本电子鼻不仅可以对慢性胃炎做出较好识别,还可以对慢性胃炎的气滞证做出一定的识别,对临床病症的诊断可以提供客观的参考依据。

人是一个整体,口腔呼气味味的改变与五脏六腑气机运行的正常与否相关<sup>[11]</sup>。临床研究发现,慢性胃炎伴有口腔呼气味味存在异常者,主要是由于脏腑气机升降失常而致,如王伟<sup>[12]</sup>临床发现,慢性胃炎口腔呼气味味因证型的不同而发生不同的改变,肝胃不和证为口臭伴暖气吞酸,肝胃蕴热证为口气酸臭,胃热炽盛证为口气热臭,食滞胃肠证为口气酸馊臭腐。可见,慢性胃炎气滞证与非气滞证患者口腔呼气味味存在差异。

2. 气滞证不同病位组合的口腔呼气味味不同 《诸病源候论·卷之三十·口臭候》云:“口臭,五脏六腑不调,气上胸膈”,说明口腔呼气味味的改变主要与五脏六腑的气机条畅关系密切。人是以五脏为中心,外连七窍的整体,故而七窍的变化直接反映五脏的健康状况,若人体的口腔呼气味味发生改变,则显示五脏功能异常,如《难经·四十九难》云:“何以知伤暑得之?然,当恶焦臭。何以言之?心主臭,自入为焦臭,入脾为香臭,入肝为臊臭,入肾为腐臭,入肺为腥臭”,提示当同种致病邪气损害不同脏腑,口腔呼气味味改变也会因病位的不同而不同。《证治汇补·口病》云:“心热口苦,黄连泻心汤;肝热口酸……脾热口臭……肺热口辛……肾热口咸,滋肾丸”,亦说明不同脏腑被

同种邪气所致病时,则口腔呼气味味有明显差异,治疗方法也有差异。因此,气味因病位的不同而不同,须详细辨明病位<sup>[13]</sup>。

本课题组前期研究<sup>[14]</sup>发现,不同病位的慢性胃炎患者口腔呼气味味图谱存在差异。本课题选取慢性胃炎气滞证患者为研究对象,结果显示,病位在胃、脾胃与病位在肝脾胃的慢性胃炎气滞证患者的口腔呼气味味图谱特征比较,均存在显著差异( $P<0.01$ ,  $P<0.05$ ),而病位在肝胃与病位在肝脾胃的慢性胃炎气滞证患者的口腔呼气味味图谱特征比较无差异,表明运用电子鼻可以对慢性胃炎气滞证的病位作出一定的区分,但还需大数据的样本分析以对具体的病位作出辨识。

综上所述,本电子鼻可以对慢性胃炎气滞证作出辨识,并对不同病位作出一定区分,但目前尚不能完全区分。因此,在今后的研究中,可以通过扩充样本量,并且探究更多、更有效的模式识别方法,以期对慢性胃炎气滞证的病位诊断提供参考依据。

## 参考文献

- [1] 中华医学会消化病学分会幽门螺杆菌学组,全国幽门螺杆菌协作组.第四次全国幽门螺杆菌感染处理共识报告.中华内科杂志,2012,5(10):832-837
- [2] 中华中医药学会脾胃病分会.慢性萎缩性胃炎中医诊疗共识意见.中医杂志,2010,51(8):749-753
- [3] 韩木龙.慢性胃炎中医证素分布规律的文献研究.中华中医药杂志,2014,29(3):900-903
- [4] 郭森仁.基于电子鼻的慢性胃炎常见病性证素间的气味图谱特征研究.中华中医药杂志,2016,31(6):2263-2266
- [5] 林燕.慢性浅表性胃炎两证型口臭候与HP相关性临床研究.福州:福建中医学院,2009
- [6] 房静远,刘文忠,李兆申,等.中国慢性胃炎共识意见.胃肠病学,2013,18(1):24-36
- [7] 朱文锋.证素辨证学.北京:人民卫生出版社,2008:88-91
- [8] 朱文锋.中医主症鉴别诊断学.长沙:湖南科学技术出版社,2000:316-331
- [9] 林雪娟,李灿东,吴青海,等.基于电子鼻技术的不同体质青年学生口腔呼气味味图谱研究.中华中医药杂志,2012,27(12):3184-3188
- [10] 林雪娟,梁丽丽,刘丽桑,等.基于电子鼻的慢性胃炎寒热病性间的气味图谱特征研究.中华中医药杂志,2016,31(4):1193-1197
- [11] 董廷芬,李秋艳,李红雁,等.健脾泻肝法治疗口臭30例.针灸临床杂志,2012,28(8):13-14
- [12] 王伟.口臭辨证论治新说.中国当代医药,2011,18(11):94-95
- [13] 肖相如.中华医学闻诊大全.太原:山西科学技术出版社,2010:28
- [14] 林雪娟,梁丽丽,刘丽桑,等.基于证素辨证的慢性胃炎常见病位间的气味图谱特征研究.中华中医药杂志,2016,31(10):3966-3969

(收稿日期:2017年7月28日)