

• 调查报告 • doi:10.3969/j.issn.1671-8348.2019.04.024

食用酸汤与贵州燃煤型氟中毒关系的研究*

刘俊^{1,2}, 罗明江³, 赵训⁴, 杨胜^{1,2}, 张元梅^{1,2}, 周迪^{1,2}

(1. 遵义医学院预防医学实验教学中心, 贵州遵义 563006; 2. 贵州省预防医学实验教学示范中心, 贵州遵义 563006; 3. 贵州省遵义市第四人民医院院感科 563003; 4. 贵州省织金县疾病预防控制中心慢性病防治科 552100)

[摘要] **目的** 探讨贵州地区特色食品酸汤与燃煤型氟中毒的关系。**方法** 采用横断面研究,在贵州省织金县招募 1 101 人进行面对面的问卷调查,调查内容包括一般人口学资料、生活习惯、氟中毒相关因素及膳食调查。**结果** 经多因素分析发现干辣椒、玉米及炉灶烘烤食物是燃煤型氟中毒的危险因素($P<0.05$)。进一步根据酸汤食用量进行四等分分组,发现酸汤食用量越大,燃煤型氟中毒风险越低($P<0.01$)。酸汤食用量最大组燃煤型氟中毒风险明显低于酸汤食用量最小组($P<0.01$),OR 95%可信区间为 0.22(0.12~0.39)。将氟中毒分为氟斑牙和氟骨症进行敏感性分析,结果与氟中毒结果一致。**结论** 食用酸汤是燃煤型氟中毒的独立保护因素。

[关键词] 横断面研究;酸汤;燃煤型氟中毒;影响因素

[中图法分类号] R599.1 **[文献标识码]** A **[文章编号]** 1671-8348(2019)04-0649-05

Study on relationship between edible sour soup and coal-burning fluorosis*

LIU Jun^{1,2}, LUO Mingjiang³, ZHAO Xun⁴, YANG Sheng^{1,2}, ZHANG Yuanmei^{1,2}, ZHOU Di^{1,2}

(1. Preventive Medicine Experimental Teaching Center, School of Public Health, Zunyi Medical University, Zunyi, Guizhou 563003, China; 2. Experimental Teaching Demonstration Center for Preventive Medicine of Guizhou Province, Zunyi, Guizhou 563003, China; 3. Department of Infection, Zunyi Municipal Fourth People's Hospital, Zunyi, Guizhou 563003, China; 4. Department of Chronic Disease Prevention and Treatment, Zhijin County Center for Disease Control and Prevention, Zhijin, Guizhou 552100, China)

[Abstract] **Objective** To investigate the relationship between edible sour soup and coal-burning fluorosis. **Methods** The cross-sectional study was conducted. A total of 1 101 participants were recruited in Zhijin County and performed the face-to-face questionnaire investigation. The investigation contents included the general demographic condition, living habits, fluorosis related factors and dietary survey. **Results** The multi-variate analysis found that the dried chilli, corn and roasting food by coal were the risk factors of coal-burning fluorosis. The sour soup consumptions were further divided into the four groups by quartile. It was found that the greater the sour soup consumption, the lower the coal-burning fluorosis ($P<0.01$). The coal-burning fluorosis risk in the maximal edible sour soup consumption group was significantly lower than that in the minimal edible sour soup group [$P<0.01$, 95% confidence interval (CI) 0.22 (0.12–0.39)]. The sensitivity was analyzed by dividing fluorosis into dental fluorosis and skeletal fluorosis, the analytical results were consistent with the fluorosis results. **Conclusion** Sour soup is a dependent protective factor for the coal burning fluorosis.

[Key words] cross-sectional study; sour soup; coal burning fluorosis; risk factors.

燃煤型氟中毒指居民长期使用含氟量较高的煤取暖、做饭或烘烤食物导致人体摄入过多氟而引起的一种全身性中毒疾病,主要表现为氟斑牙和氟骨症。贵州省曾是全国燃煤型地方性氟中毒流行最广、病情最重的省^[1]。尽管这几年经过改炉改灶宣传教育等

措施,燃煤型氟中毒已经得到一定的控制,但现有的患病率仍然不低。最近李岑等^[2]对地方性氟中毒控制较好贵阳市小学生进行调查,发现在 739 个病区村中,氟斑牙发病率超过 30.0% 的病区村仍有 47 个。因此,贵州省地方性氟中毒需要继续防控,探索除减

* 基金项目:国家自然科学基金资助项目(81460497);遵义医学院博士启动基金(F706)。 作者简介:刘俊(1980—),副教授,博士,主要从事营养流行病学研究。

少氟摄入量以外的其他措施以进一步预防和控制燃煤型氟中毒。膳食营养因素是氟中毒预防的重要基础。酸汤是贵州地区特色食物,具有开胃健脾和增强食欲的独特作用,但酸汤与疾病的关联缺乏科学研究。本研究通过横断面研究分析贵州特色食物酸汤与燃煤型氟中毒的关联,探讨其对氟中毒的预防作用,为燃煤型氟中毒的预防提供新思路。

1 资料与方法

1.1 一般资料 本研究于 2015 年 7—8 月在贵州省氟中毒重病区织金县通过与织金县疾病预防控制中心合作,招募 1 101 名年龄 18~75 岁且在当地生活超过 10 年的成年人,排除中风、肿瘤、肝硬化等重要疾病及认知或精神异常者及问卷信息不全患者,最终纳入分析 899 人。本研究经遵义医学院伦理委员会批准通过。

1.2 方法

1.2.1 氟中毒的诊断 燃煤型氟中毒诊断根据研究对象在织金县居住时间及临床表现进行诊断,由经验丰富的地方性氟中毒疾病专家完成。氟斑牙的诊断根据氟斑牙诊断标准(WS/T208-2011)分为正常、有问题、非常轻微、轻度、中度和严重。具有可疑指数的受试者被纳入正常类别。氟骨症诊断根据地方性氟骨症诊断标准(WS/T 192-2008)确定为氟骨症,诊断病例分为轻度、中度和重度 3 个等级。

1.2.2 现场调查 调查由专门培训的调查员面对面完成,调查内容由 3 部分组成,一般人口学资料、氟中毒相关情况调查和膳食调查。膳食调查采用定量食物频率问卷,包括主食、蔬菜、肉类和酸汤等 75 个条目,将膳食问卷转化为每天食用分量,并结合中国食物成分表^[3]计算参与者每天能量、蛋白质、钙等营养素摄入量。

1.2.3 尿氟检测 现场调查收集每个参与者尿液 10 mL—70 ℃保存备用。尿氟水平根据 WS/T 30-1996^[8]尿中氟的离子选择电极测定方法进行测定。采用 HQ40d Portable Meter (Hach, USA) 仪器,吸

取 1 mL 尿液与 24 mL 去离子水混合,加入氟化物调节缓冲粉,然后用测得的值通过标准曲线计算尿氟含量,根据 WS/T 256-2005 标准,正常尿氟水平低于 1.6 mg/L。

1.3 统计学处理 数据经 Epidata3.1 录入软件双人录入,并进行核对。采用 SPSS18.0 软件进行统计分析。定量资料采用 $\bar{x} \pm s$ 进行统计描述,分类变量资料采用百分比表示。定量且正态分布资料采用两独立样本 t 检验比较病例组和对照组之间差异;分类资料采用 χ^2 检验比较两组间差异,等级资料和非正态分布资料采用 Mann-Whitney 检验。酸汤摄入量为偏态分态,经能量校正后^[4],进行四分位(Quartil)后,运用单因素及多因素非条件 Logistic 回归分析酸汤与氟中毒之间关联,并估计优值比(OR)值以及 95% 可信区间(95%CI)。按性别、尿氟水平、膳食钙摄入情况进行亚组分析。以上所有统计检验均为双侧检验,检验水准为 $\alpha=0.05$,以 $P<0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结 果

2.1 研究人群一般情况 本研究共招募 899 名参与者,其中燃煤型氟中毒患者 657 人,男性患者 482 人,占 53.7%,平均年龄(49.5±13.1)岁。氟中毒患者酸汤食用量明显低于健康人,而玉米食用量及尿氟水平明显高于健康人($P<0.05$);此外两组人群在民族、文化程度、燃料类型、炉灶改良及吸烟方面差异有统计学意义($P<0.05$)。但在婚姻状况、饮茶、饮酒、性别、食物食用前淘洗等方面差异无统计学意义($P>0.05$),见表 1。

2.2 燃煤型氟中毒的多因素分析结果 多因素分析发现酸汤食用越多、文化程度越高,燃煤型氟中毒风险越低($P<0.01$),而干辣椒、玉米食用量越多氟中毒风险越高($P<0.05$);男性患氟中毒的风险高于女性,改良炉灶对氟中毒具有保护作用,而食用烘烤食物是氟中毒的危险因素($P<0.05$),见表 2。

表 1 研究对象基本特征

变量	健康人(n=244)	氟中毒患者(n=657)	t/χ ² /Z	P
年龄($\bar{x} \pm s$,岁)	47.00±14.56	50.41±12.37	3.25	0.001
酸汤(g/d) [#]	105.21(21.92,184.11)	49.86(6.58,113.97)	4.89	<0.01
钙($\bar{x} \pm s$,mg/d)	558.11±313.74	518.64±293.10	1.71	0.076
能量($\bar{x} \pm s$,Kcal/d)	2 669±971	2 740±989	0.96	0.338
玉米(g/d) [#]	13.69(4.52,28.22)	13.70(4.12,32.88)	0.39	0.691
干辣椒(g/d) [#]	5.91(2.41,13.98)	5.79(2.41,13.86)	0.31	0.755
性别(女/男)	142/102	342/315	3.32	0.065
尿氟异常(%)	25.4	39.9	12.24	<0.01
民族(%)			44.03	<0.01
汉族	54.5	57.40		

表 1 研究对象基本特征

变量	健康人(<i>n</i> =244)	氟中毒患者(<i>n</i> =657)	<i>t</i> / χ^2 / <i>Z</i>	<i>P</i>
苗族	6.1	111.7		
布依族	23.0	7.8		
其他	16.4	23.10		
婚姻状况(%)			4.72	0.094
已婚	82.8	84.3		
丧偶	8.2	10.4		
未婚	9.0	5.3		
文化程度(%)			6.38	<0.01
文盲	34.8	51.9		
小学	30.7	34.4		
初中	22.5	11.6		
高中	11.9	2.1		
吸烟(%)	64.8	57.4	3.98	0.046
饮酒(%)	69.7	68.8	0.06	0.803
饮茶(%)	62.7	61.7	0.07	0.786
炉灶改良(%)	86.9	71.4	23.09	<0.01
燃料类型(%)			18.01	<0.01
原煤	57.0	60.6		
煤拌泥	16.8	23.2		
电	19.3	13.9		
其他	7.0	2.3		
食用前淘洗(%)	96.2	93.8	2.97	0.226
烘烤粮食(%)	47.5	59.9	11.11	0.001

:资料呈偏态分布以 $M(P_{25},P_{75})$ 表示,采用 Mann-Whitney 检验

表 2 燃煤型氟中毒影响因素的多因素分析

变量	<i>b</i>	<i>S. E</i>	Wals χ^2	<i>P</i>	<i>OR</i>	95% <i>CI</i>
酸汤食用量(g/d)	−0.007	0.001	34.572	<0.01	0.993	0.991~0.995
玉米食用量(g/d)	0.006	0.003	5.564	0.018	1.006	1.001~1.012
干辣椒食用量(g/d)	0.012	0.006	4.042	0.044	1.012	1.000~1.025
性别(男/女)	0.663	0.312	4.524	0.033	1.941	1.053~3.575
尿氟(异常/正常)	0.403	0.220	3.375	0.066	1.497	0.973~2.302
文化程度(其他/文盲)	−0.671	0.132	25.686	<0.01	0.511	0.395~0.663
改良炉灶(是/否)	−0.834	0.280	8.869	0.003	0.435	0.251~0.752
煤火烘烤食物(是/否)	0.481	0.213	5.112	0.024	1.618	1.066~2.454

2.3 酸汤食用量与燃煤型氟中毒之间的关系 根据酸汤食用量进行四等分,4 组酸汤食用量中位数分别是 0.75、21.28、85.789 g 和 199.07 g。单因素条件 Logistic 回归分析显示,酸汤食用量越高,燃煤型氟中毒风险越低($P<0.01$)。校正年龄、性别、婚姻状况、民族、抽烟、饮酒、文化程度、改良炉灶、燃煤种类、炉火烘烤粮食、玉米辣椒使用前是否淘洗等影响因素后,该相关性稍有下降;进一步校正尿氟水平、能量、钙、玉米、辣椒食用量等膳食营养因素后,酸汤食用量

与燃煤型氟中毒仍呈负关联($P<0.01$),酸汤食用量最大组燃煤氟中毒风险低于酸汤食用量最小组($P<0.01$),*OR* 95%*CI* 为 0.22(0.12~0.39)。将氟中毒分为氟斑牙和氟骨症进行敏感性分析,分析结果与氟中毒结果一致,见表 3。进一步按性别、尿氟水平及膳食钙摄入分层分析,在各亚组中酸汤食用量与燃煤型氟中毒仍呈显明的负相关,交互作用分析未发现酸汤食用量与性别、尿氟和钙摄入水平存在交互作用,见表 4。

表 3 酸汤食用量与燃煤型氟中毒的关联性分析

项目	酸汤食用量中位数				P
	0.75 g	21.28 g	85.78 g	199.07 g	
氟中毒					
病例/正常	140/40	176/41	208/59	133/104	
OR(95%CI) ¹	1	1.22 (0.75,2.00)	1.01 (0.64,1.59)	0.37 (0.24,0.57) * *	<0.01
OR(95%CI) ²	1	1.33 (0.79,2.25)	0.92 (0.57,1.51)	0.32 (0.20,0.52) * *	<0.01
OR(95%CI) ³	1	1.09 (0.58,2.03)	0.76 (0.42,1.38)	0.22 (0.12,0.39) * *	<0.01
氟斑牙					
病例/正常	136/44	166/51	188/79	111/126	
OR(95%CI) ¹	1	1.05 (0.66,1.67)	0.77 (0.50,1.18)	0.29 (0.19,0.44) * *	<0.01
OR(95%CI) ²	1	1.05 (0.66,1.67)	0.77 (0.50,1.18)	0.29 (0.19,0.44) * *	<0.01
OR(95%CI) ³	1	98 (0.54,1.78)	0.58 (0.33,1.00) *	0.16 (0.09,0.28) * *	<0.01
氟骨症					
病例/正常	78/102	90/127	101/166	55/181	
OR(95%CI) ¹	1	1.10 (0.71,1.72)	0.83 (0.54,1.27)	0.36 (0.22,0.57) * *	<0.01
OR(95%CI) ²	1	0.93 (0.62,1.38)	0.80 (0.54,1.17)	0.40 (0.26,0.61) * *	<0.01
OR(95%CI) ³	1	0.90 (0.54,1.51)	0.75 (0.45,1.22)	0.29 (0.17,0.51) * *	<0.01

模型 1 未校正;模型 2 校正年龄、性别、民族、婚姻状况、吸烟、饮酒、饮茶、文化程度、改良炉灶、燃料种类、煤火烘烤粮食、玉米辣椒使用前是否淘洗;模型 3 进一步校正能量、钙摄入量、尿氟、玉米和干辣椒摄入量等膳食因素;* : $P<0.05$,** : $P<0.01$

表 4 酸汤食用量与燃煤型氟中毒关联的分层分析[#]

项目	酸汤食用量中位数				P	P-交互作用
	0.75 g	21.28 g	85.78 g	199.07 g		
性别						0.776
女性	1	1.48(0.63,3.47)	0.97 (0.44,2.16)	0.28 (0.13,0.61) **	<0.01	
男性	1	0.64(0.24,1.71)	0.72 (0.28,1.87)	0.15 (0.06,0.39) **	<0.01	
尿氟						0.053
正常	1	0.95(0.46,1.97)	1.07 (0.53,2.16)	0.25 (0.13,0.51) **	<0.01	
高尿氟	1	1.48(0.38,5.82)	0.25 (0.08,0.84) *	0.13 (0.04,0.42) **	<0.01	
钙摄入量						0.352
≥455 mg/d	1	0.94(0.39,2.24)	1.00 (0.42,2.39)	0.27 (0.12,0.62) **	0.002	
<455 mg/d	1	1.19(0.47,2.99)	0.58 (0.25,1.34)	0.17 (0.08,0.40) **	<0.01	

[#]:模型校正年龄、性别、民族、婚姻状况、吸烟、饮酒、饮茶、文化程度、改良炉灶、燃料种类、煤火烘烤粮食、玉米辣椒使用前是否淘洗、能量、钙摄入量、尿氟、玉米和干辣椒摄入量;* : $P<0.05$,** : $P<0.01$

3 讨 论

本研究通过横断面研究分析贵州省燃煤型氟中毒的影响因素,发现干辣椒、玉米及炉灶烘烤食物是氟中毒的危险因素,而文化程度及炉灶改良是燃煤型氟中毒的保护因素。首次发现贵州特色食物酸汤对燃煤型氟中毒具有保护作用。既往的研究已证明干辣椒、玉米、文化程度、炉灶烘烤食物及炉灶改良等因素在贵州省燃煤型氟中毒中的作用^[5-8]。本研究校正多种混杂因素后首次发现酸汤对燃煤型氟中毒具有保护作用,不管是氟斑牙还是氟骨症都具有类似效应,且呈较强的剂量效应关系。因此,本研究重点探讨酸汤在燃煤型氟中毒的作用。

酸汤是贵州地区民族特色食品,以红辣椒和番茄为主要原料,配以子姜、大蒜等辅料经传统工艺自然发酵而成,酸汤色泽红亮酸味醇厚、回味酸甜、清香适口,是贵州地区传承千年的传统美食^[9-10]。酸汤不仅具有独特的酸辣鲜香风味,还含有多种营养成分可能对改善人体生理机能、促进人体健康发挥着重要的作用,但关于酸汤与健康的关系研究较少。本研究发现酸汤食用越多,燃煤型氟中毒的风险越低。这可能与酸汤中的含有较丰富的番茄红素有关。酸汤主要是红辣椒和番茄为主要原料,两种食物均含量丰富的番茄红素。余越等^[10]对 4 种代表性的贵州酸汤的全反式番茄红素含量进行检测,发现番茄红素含量高达 1

855 $\mu\text{g/g}$ 干质量,其含量是新鲜番茄的 63%。番茄红素是类胡萝卜素的一种,具有极强的抗氧化性^[11]。众多流行病学研究表明番茄红素对心血管疾病、癌症等氧化应激有关的疾病具有保护作用^[12-13]。许多研究^[14]均表明氧化应激是氟中毒发生的重要作用机制之一。而关于番茄红素与氟中毒的关系也有实验研究报道。最近体外实验发现用番茄红素预处理组与氟化钠处理组相比,显著减少了氟的积累和成釉细胞的凋亡率。番茄红素显著打击的 NaF 诱导成釉细胞凋亡和氟斑牙通过衰减氧化应激和下调途径的 caspase^[15]。刘振环^[16]也发现番茄红素能够缓解氟所致的氧化应激,且发现番茄拮抗氟所致离体肝细胞氧化应激的作用效果与维生素 C 相似。MANSOUR 等^[17]发现番茄红素通过提高谷胱甘肽过氧化活物、超氧化物酶和总抗氧化能力,降低丙二醛从而拮抗氟化物不良反应。据报道酸汤中除含有番茄红素外,还含有丰富的乳酸、钙、磷等其他营养成分。邹大维^[18]检测发现酸汤中有丰富的矿物质,以钙、磷、铁含量较高,其中钙含量为 14.10~14.59 g/100 g,磷含量为 17.90~18.20 g/100 g。众所周知,钙和磷对骨骼支持作用,低钙是地氟病病区居民中的普遍现象,是氟中毒的主要促发和加重因素,而乳酸可增加钙的吸收^[19-20]。酸汤中的钙磷等营养素对氟中毒的预防也可能起到一定作用。因此,酸汤对燃煤型氟中毒的保护作用可能归因于酸汤中营养成分,特别是番茄红素的作用。

综上所述,本次在贵州燃煤型氟中毒病区的横断面研究分析发现干辣椒、玉米及炉灶烘烤食物是氟中毒的危险因素,而文化程度及炉灶改良是燃煤型氟中毒的保护因素,并且首次发现,酸汤食用量越多,氟中毒的风险越低,成明显的剂量效应关系。酸汤对燃煤型氟中毒具有保护作用。酸汤作为贵州地区传统美食,普及广泛,这可能为燃煤型氟中毒的食物预防提供简单有效的选择。但本研究为横断面研究,不能说明该关联为因果关系,而膳食调查可能存在回忆偏倚,需要大样本的前瞻性研究进一步证实酸汤对氟中毒的保护作用。此外,本研究也不能明确酸汤工艺和配料是否对结果有所影响,但贵州酸汤主要以红辣椒和番茄主料发酵而成,配料用量较少,是否不用工艺和配料所制酸汤对燃煤型氟中毒的影响需要进一步研究。

参考文献

- [1] 李达圣,高静,张伯友,等.贵州省燃煤污染型氟中毒病区居民总摄氟量调查[J].中华地方病学杂志,2015,34(3):221-224.
- [2] 李岑,黄栋,吴亚东,等.贵阳地区燃煤型氟中毒病区儿童中毒与食物氟污染情况调查[J].中国地方病防治杂志,2016,31(4):361-363.
- [3] 杨月欣.中国食物成分表[M].2版.北京:北京大学出版社,2009:82-315.
- [4] 吕全军.营养流行病学[M].北京:科学出版社,2017:178-211.
- [5] 安冬,何平,李达圣,等.贵州省燃煤污染型氟中毒重点病区流行因素变化研究[J].贵州医药,2009,33(11):963-969.
- [6] 王艳,李达圣,梁音,等.贵州燃煤型氟中毒防治项目基线评价指标的相关与逐步回归分析[J].中国地方病防治杂志,2009,24(5):360-362.
- [7] 何平,安冬,李达圣,等.贵州省燃煤污染型氟中毒特重病区村成因及相关流行因素变化分析[J].预防医学情报杂志,2009,25(2):95-99.
- [8] 罗明江,陶娜,赵训,等.文化程度与燃煤型氟中毒关系的病例对照研究[J].重庆医学,2017,46(11):1516-1518.
- [9] 曾荣妹,韩琳,黄平.贵州红酸汤火锅调料的研究进展及工业化进程[J].食品与发酵科技,2014,50(5):72-75.
- [10] 余越,黄先静,贺旭,等.4种贵州红酸汤中全反式番茄红素的提取及含量测定[J].中国调味品,2017,42(4):129-133.
- [11] PIRAYESH I J, MEHRALI H. Lycopene as a carotenoid provides radioprotectant and antioxidant effects by quenching radiation-induced free radical singlet oxygen: an overview [J]. Cell J, 2015, 16(4): 386-391.
- [12] CHENG H M, KOUTSIDIS G, LODGE J K, et al. Tomato and lycopene supplementation and cardiovascular risk factors: A systematic review and meta-analysis [J]. Atherosclerosis, 2017, 257(2): 100-108.
- [13] ROWLES J L, RANARD K M, SMITH J W, et al. Increased dietary and circulating lycopene are associated with reduced prostate cancer risk: a systematic review and meta-analysis [J]. Prostate Cancer Prostatic Dis, 2017, 20(4): 361-377.
- [14] 官志忠.氧化应激在地方性氟中毒分子发病机制中的作用[J].现代肿瘤医学,2016,35(2):79-82.
- [15] LI W, JIANG B, CAO X, et al. Protective effect of lycopene on fluoride-induced ameloblasts apoptosis and dental fluorosis through oxidative stress-mediated caspase pathways [J]. Chem Biol Interact, 2017, 261(1): 27-34.
- [16] 刘振环.番茄红素对氟致肝细胞氧化应激损伤的保护作用[D].遵义:遵义医学院,2010.
- [17] MANSOUR H H, TAWFIK S S. Efficacy of lycopene against fluoride toxicity in rats [J]. Pharma Biol, 2012, 50(6): 707-711.
- [18] 邹大维.凯里红酸汤营养成分分析与研究[J].中国调味品,2015,40(5):129-132.
- [19] 李广生,张文岚,华坤,等.地氟病属于“钙矛盾疾病”[J].矿物岩石地球化学通报,2003(2):93-95.
- [20] JHA S K, MISHRA V K, SHARMA D K, et al. Fluoride in the environment and its metabolism in humans [J]. Rev Environ Contam Toxicol, 2011(211): 121-142.