

# 低浓度酸气(雾)对鼻粘膜和肺功能的慢性职业损害

刘卓宝 王培安 邵薇娟 杨文草 殷国华

**摘要** 目的 探索低浓度下单一和混合性酸气(雾)对鼻粘膜和肺功能慢性损害的特点及剂量-效应关系。方法 以车间作业工人呼吸带酸气(雾)平均浓度低于国家最高容许浓度(MAC)的上海市18家工厂766名接触氢氟酸(HF)、铬酸( $\text{CrO}_3$ )、三酸( $\text{H}_2\text{SO}_4$ ,  $\text{HNO}_3$ ,  $\text{HCl}$ )及HF混合三酸和 $\text{CrO}_3$ 混合三酸作业工人为接触组,174名不接触酸气的健康人员为对照组,统一行系统体检和肺功能测定。结果 接触组30.16%(231/766)作业工人有不同程度鼻粘膜糜烂(225例)、溃疡(3例)和中隔穿孔(3例),29.51%(185/627)出现小气道阻塞(167例)及不同程度肺功能减退(18例)。5组酸气接触组鼻粘膜、肺功能损害检出率均显著高于对照组( $P < 0.05 \sim 0.01$ )。铬酸与三酸的混合接触,对鼻粘膜损害有明显协同作用( $P < 0.001$ ),损害发生与工龄呈正相关关系( $r_s = 0.892$ )。结论 长期接触现行卫生标准下的5种酸气(雾)有明显鼻粘膜和肺小气道功能损害作用,对安全限值尚须进一步研究,鼻粘膜和肺小气道功能损害是检测低浓度酸气(雾)职业危害的客观指标。

**关键词** 低浓度酸气 鼻粘膜 肺功能

**Study on the Chronic Damage to Nasal Mucosa and Lung Function Low Concentrations Occupational Exposure of Acid Mists** Liu Zhuobao\*, Wang Peian, Shao Weijuan, et al. \*Shanghai Institute of Labour Hygiene and Occupational Disease, 200003

**Abstract** To explore the effect of the five acid mists (hydrofluoric acid, chromic acid and hydrochloric acid, sulfuric acid, nitric acid (three acids)) on nasal mucosa below maximum allowable concentration (MAC) in the workplace and the dose-effect relationship, a case-control study was conducted in 18 factories of Shanghai. Total 766 workers were enrolled as exposed group, while 174 healthy office staffs as control. All the subjects were given physical and lung function examination with the same standards. The result showed that 30.16% (231 in 766) of exposed workers had nasal damage such as mucosal erosion (225), ulcer (3) and septal perforation (3); 29.51% (185 in 627) workers developed respiratory damages such as decreased lung functions (18) and small airway obstruction (167), both damage incidences were significantly higher than that of control group ( $P < 0.05 \sim 0.01$ ). The mixed exposure to chromic acid and "three acids" showed synergistic action on nasal mucosal damage ( $P < 0.001$ ) which was positively correlated with the working periods ( $r_s = 0.892$ ). About 1/5 and 1/3 workers developed small airway obstruction under the exposure level at 1/6 MAC of chromium trioxide and less than MAC of hydrochloric acid respectively. The conclusion seems that the damages on nasal mucosa and lung function may be a objective clinical manifestation to low concentrations of acid mists, and the current MAC seems not so safe.

**Key words** Low concentrations Acid mists Nasal mucosa Lung function

近年来,随着影视设备、电镀及新光源制作业的蓬勃发展,氢氟酸(HF)、铬酸( $\text{CrO}_3$ )及三酸(硫酸、硝酸、盐酸)的应用日益广泛,其高浓度酸气(雾)的急慢性职业危害倍受重视。但对长期接触国家卫生标准以下的逸散性低浓度酸气(雾),尤几种常见酸气混合性存在的慢性职业损害研究,迄今鲜见报道。本文通过对上海地区18家工厂在1993年改造后接触该5种低浓度酸气的作业工人进行系统检测,并就资料完整的鼻粘膜和肺功能损害情况进行分析比

较,对其中规律作一探讨。

## 1 对象与方法

### 1.1 对象

1.1.1 接触组 766名,男421人,女345人,年龄( $31.9 \pm 19.2$ )岁(19~55岁),酸作业工龄( $7.3 \pm 11.4$ )年(0.4~23年)。均为直接接触HF、 $\text{CrO}_3$ 及三酸的电镀、酸洗揩屏、热处理、晒版、检验及机修、酸运工,每工作日接触酸气时间平均都在5h以上,所在车间空气中酸气浓度在国家卫生标准范围内<sup>[1]</sup>。根据接触酸气不同分为HF组、 $\text{CrO}_3$ 组、三酸组、HF+三酸组、 $\text{CrO}_3$ +三酸组。

1.1.2 对照组 174名,男103人,女71人,年龄

作者单位:200336 上海市预防医学研究院(刘卓宝),上海市第四人民医院(王培安,邵薇娟,杨文草,殷国华)

(39.8±17.1)岁(25~56岁),为各厂中不接触酸气、无慢性呼吸系疾病的科室人员。

接触组与对照组间性别、年龄构成均无显著性差异( $P$ 均 $>0.05$ )。在统计肺功能损害时,对接触组中患肺TB(7例)、慢性支气管炎(9例)、哮喘(2例)、肺炎(1例)、肺脓肿(1例)及每日吸烟10支以上超过2年者(119人)均予以剔除。

1.2 方法

1.2.1 鼻粘膜损伤诊断 由同一耳鼻喉科主治医师检定,按损伤程度定为轻度(鼻前庭糜烂)、中度(波及鼻甲)、重度(伴溃疡)糜烂和中隔软骨穿孔4类。对仅有鼻粘膜充血或干燥、结痂及鼻甲肥大者暂按“正常”统计。

1.2.2 肺功能测定 (1)仪器:日本产298型肺功能仪;(2)测定:由专人按规范操作,由记录仪自动显示用力肺活量(FVC)、1秒钟用力呼气容积( $FEV_{1.0}$ )及占用力肺活量的百分比( $FEV_{1.0}\%$ )、最大呼气中段流量(MMF)及描绘最大呼气容量-容积曲线(V-V曲线)等。以V-V曲线形态准确者定为测定成功,以3次成功检测中2次相近 $FEV_{1.0}\%$ 值中较高者 $<80\%$ 判定为“肺功能减退”,其中 $60\% \sim 80\%$ 为稍有减退, $40\% \sim 60\%$ 为显著减退, $20\% \sim 40\%$ 为严重减退。以曲线 $V_{50} \sim V_{25}$ 部分平均流量 $<0.2L/min$ ( $<$ 正常对照组的 $70\%$ )判定为小气道阻塞。

1.2.3 统计 全部资料输入微机,采用Foxbase软件进行统计处理。

2 结果

2.1 操作点工人呼吸带环境酸气(雾)浓度测定结

果

与我国规定的车间空气中有害气体最高容许浓度(MAC)<sup>[1]</sup>比较,除某电子管厂酸洗车间操作点的HF酸气(雾)浓度和某无线电厂电镀作业点硫酸气(雾)浓度略有超标外,其余各操作点空气浓度均低于MAC,其中铬酸气平均浓度仅为MAC的1/6左右。见表1。

表1 上海市18家工厂酸作业点环境

酸气种类	酸气(雾)浓度				MAC
	厂数	标本数	平均浓度	浓度范围	
氢氟酸(换算成F)	8	24	0.72	未测出~1.06	1
铬酸(换算成CrO <sub>3</sub> )	12	36	0.008	未测出~0.012	0.05
硫酸(H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> )	18	65	1.48	0.95~2.14	2
硝酸(换算成NO <sub>2</sub> )	17	58	1.53	未测出~2.50	5
盐酸(HCl)	18	62	3.12	0.20~3.54	15

2.2 鼻粘膜损害情况

除HF组有1例重度糜烂,CrO<sub>3</sub>+三酸组2例重度糜烂、3例穿孔外,检出的其余225例均为轻、中度糜烂。各组检出率均显著高于对照组( $P<0.01 \sim 0.001$ ),按高低排列:CrO<sub>3</sub>+三酸组 $>$ HF+三酸组 $>$ 三酸组 $>$ HF组 $>$ CrO<sub>3</sub>组。CrO<sub>3</sub>+三酸组的检出率分别为单一CrO<sub>3</sub>组及三酸组的2.8倍和2.2倍,差异均有极显著性意义( $P<0.001$ )。HF+三酸组检出率虽也明显高于单一HF组及三酸组,但无显著性意义( $P>0.05$ )。两混合酸气组检出率间差异有非常显著性意义( $\chi^2=9.32, P<0.01$ )。见表2。

表2 各酸气接触组鼻粘膜损害情况及与对照组比较

组别	受检人数	轻度糜烂		中度糜烂		重度糜烂		中隔穿孔		总例数	总检出率%	$\chi^2^*$	$P^*$
		例数	检出率%	例数	检出率%	例数	检出率%	例数	检出率%				
HF组	116	21	18.10	2	1.72	1	0.86	0	0.00	24	20.69	18.36	$<0.001$
CrO <sub>3</sub> 组	41	8	19.51	0	0.00	0	0.00	0	0.00	8	19.51	8.90	$<0.01$
三酸组	284	55	19.36	6	2.11	0	0.00	0	0.00	61	21.48	24.01	$<0.001$
HF+三酸组	82	20	24.39	3	3.66	0	0.00	0	0.00	23	28.05 <sup>#</sup>	28.79	$<0.001$
CrO <sub>3</sub> +三酸组	243	91	37.45	19	7.82	2	0.82	3	1.23	115	47.33 <sup>△</sup>	89.00	$<0.001$
对照组	174	8	4.60	0	0.00	0	0.00	0	0.00	8	4.60		

\* 为各酸气组总检出率与对照组比较结果。

# 与HF组比较 $\chi^2=1.43, P>0.05$ ;而与三酸组比较 $\chi^2=1.56, P>0.05$ 。

△ 与CrO<sub>3</sub>组比较 $\chi^2=11.09, P<0.001$ ;而与三酸组比较 $\chi^2=39.34, P<0.001$ 。

### 2.3 对肺功能的影响

各酸气接触组的肺功能损害主要表现为小气道阻塞,其检出率均显著高于对照组 ( $P < 0.05 \sim 0.001$ ),其中以两个混合酸气组最高,且均高于单一酸气组,但统计学上并无显著性意义。所致肺功能减退,除

$\text{CrO}_3$ +三酸组和三酸组各有1例为显著减退外,其余均为稍有减退,各组检出率均与对照组接近 ( $P > 0.05$ ),3种单一酸气组间及两混合酸气组间检出率均无显著性意义 ( $P > 0.05$ )。见表3。

表3 各酸气接触组肺功能异常检出率统计分析

组别	受检人数	小气道阻塞			肺功能减退			检出例数	总检出率 (%)	$\chi^2$ *	P*
		例数	检出率%	P*	例数	检出率%	P*				
HF组	94	26	27.66	<0.001	3	3.19	>0.05	29	30.85	17.97	<0.001
$\text{CrO}_3$ 组	24	6	25.00	<0.01	0	0.00	>0.05	6	25.00	5.03	<0.05
三酸组	239	59	24.69	<0.01	7	2.93	>0.05	66	27.62	18.22	<0.001
HF+三酸组	69	20	28.99	<0.001	2	2.90	>0.05	22	31.88 <sup>#</sup>	17.13	<0.001
$\text{CrO}_3$ +三酸组	201	56	27.86	<0.001	6	2.99	>0.05	62	30.85 <sup>△</sup>	22.63	<0.001
对照组	174	9	5.17		4	2.89		13			

\* 表中 $\chi^2$ 值及P值均为各酸气组检出率与对照组比较结果。

# 与HF组比较 $\chi^2=0.14$ ,  $P>0.05$ ; 而与三酸组比较 $\chi^2=0.49$ ,  $P>0.05$ 。

△ 与 $\text{CrO}_3$ 组比较 $\chi^2=0.35$ ,  $P>0.05$ ; 而与三酸组比较 $\chi^2=1.91$ ,  $P>0.05$ 。

### 2.4 与酸作业工龄关系

将各酸气接触组按<1年、1年~、3年~、5年~、10年~和15年~六个工龄段各分档统计,发现 $\text{CrO}_3$ +三酸组鼻粘膜损害检出率与工龄呈显著正相关关系,  $r_s=0.892$ ,  $P<0.05$ ,至10年~发生率高达42.39%。该组中1例25岁男青工电镀作业仅2.5年即发生鼻中隔穿孔,其余2例穿孔和2例重度糜烂者工龄均在10年以上。另4组则均见<1年工龄段检出率较高,其中以三酸组<1年工龄段发生率最高,达37.50%,尔后又呈逐步升高趋势,但在统计学上均无显著性正相关关系。对肺功能的损害,除 $\text{CrO}_3$ 组

例数少,无法作相关分析外,其他四组均有随工龄延长检出率上升之趋势,  $r_s=0.501 \sim 0.824$ ,  $P<0.05$ ,其中以HF+三酸组及 $\text{CrO}_3$ +三酸组的15年~工龄段发生率在各组各工龄段中最高,分别达36.84%和34.62%。

### 2.5 少量吸烟对肺功能的影响

将原剔除的大量吸烟者( $>10$ 支/d持续2年以上)总肺功能损害发生率与各组中少量吸烟及不吸烟者比较,发现前者均明显高于后者 ( $P<0.05 \sim 0.01$ ),其中,三酸组大量吸烟者肺功能损害发生率也明显高于不吸烟者。(见表4)。

表4 各组大量吸烟与少量吸烟及不吸烟者肺功能损害发生率比较

组别	大量吸烟			少量吸烟			不吸烟		
	人数	异常例数	检出率 (%)	人数	异常例数	检出率 (%)	人数	异常例数	检出率 (%)
HF组	19	8	42.11	23	7	30.43	71	22	30.99
$\text{CrO}_3$ 组	13	5	38.46	9	2	22.22	15	4	26.67
三酸组	39	17	43.59*	126	37	29.36	113	29	25.66
HF+三酸组	10	5	50.00	17	6	35.29	52	16	30.77
$\text{CrO}_3$ +三酸组	38	17	44.74	89	28	31.46	112	34	30.36
合计	119	52	43.70** <sup>#</sup>	264	80	30.19	363	105	29.01

\* 与不吸烟者比较 $\chi^2=4.44$ ,  $P<0.05$ ; \*\*  $\chi^2=8.91$ ,  $P<0.01$ 。

# 与少量吸烟者比较 $\chi^2=6.53$ ,  $P<0.05$ 。

### 3 讨论

氢氟酸、铬酸及硫酸、硝酸、盐酸，沸点较低，常温下极易挥发成酸气（雾），遇到潮湿的呼吸道粘膜或皮肤，即水溶成酸液引起刺激和腐蚀性损害，故1979年卫生部颁发了车间空气中其最高容许浓度（MAC）<sup>[1]</sup>。本文结果显示，长期接触该卫生标准以下的酸气（雾）（相当于72%MAC的HF，16%MAC的CrO<sub>3</sub>，20.8%~74%MAC的三酸），仍可致30.16%（231/766）的作业工人发生明显鼻粘膜损害，其中84.42%为轻度糜烂，少数还可形成经久不愈的溃疡（1.30%），乃至中隔穿孔（1.30%）；还可使29.51%（185/627）作业工人肺功能不良，主要表现为小气道阻塞。即内径<2mm末梢细支气管上皮和纤毛的廓清、屏障功能损害<sup>[2]</sup>。与对照组比较差异均非常显著。提示对现行卫生标准尚须作进一步研究<sup>[3]</sup>。

本文报告低浓度铬酸气（雾）损害鼻粘膜、三酸（尤硫酸）酸气损害肺功能的发生率与有关文献报道一致<sup>[3-5]</sup>，然发现低浓度氢氟酸及三酸酸气均引起约1/5作业工人鼻粘膜糜烂（与对照组比较 $P<0.001$ ），1/6MAC以下铬酸气和MAC以下氢氟酸气分别致约1/3、1/5工人发生小气道阻塞（与对照组比较 $P<0.05, 0.001$ ），应引起新的重视。如有5个厂氢氟酸清洗车间，所用氢氟酸浓度均仅为11%以下，操作点氢氟酸气浓度也只有0.66~0.91mg/m<sup>3</sup>，仍发生3例中、重度鼻粘膜糜烂和1/4工人小气道阻塞性损害，至今尚未见类似报道。

混合性酸气组损害发生率均高于单一酸气组，尤CrO<sub>3</sub>+三酸组鼻粘膜损害发生率与CrO<sub>3</sub>组及三酸组比较均有非常显著性差异（ $P<0.01, 0.001$ ），且损害程度也明显加重，似可说明，低浓度铬酸气与三酸气（雾）对人鼻粘膜损害有明显的协同作用。其机理可能与在酸性环境下，Cr<sup>+6</sup>很易还原成Cr<sup>+3</sup>有关<sup>[1]</sup>，因该还原过程可对细胞产生明显刺激作用而与并存的三酸气（雾）造成双重性细胞损害。

对工龄相关关系的研究中发现，致鼻粘膜损害中，除CrO<sub>3</sub>+三酸组外，另4组基本以初次接触后第1年内发生率最高，推测其原理<sup>[1]</sup>，可能系早期鼻粘膜对酸气较为敏感，致局部蛋白质变性、细胞坏死

而形成糜烂。一年后往往因免疫反应参与，局部表层坏死粘膜炎化，对酸气敏感性降低，加之粘膜下腺体增生，表面分泌物增多起缓冲作用等，反可使发生率下降。这一特点似应引起职防工作者注意。对肺功能损害，似均有随工龄延长而发生率增高趋势，但无统计学正相关性，其原理尚有待进一步探讨。

在现场调查中看到，18家厂酸作业工人几无个人防护措施，多误认为酸气浓度不超标即无需防护。有学者认为养成戴口罩习惯、严格口鼻分离呼吸<sup>[6]</sup>可有效降低低浓度酸气（雾）的鼻粘膜和肺功能损害发生率。本次调查还发现酸作业工人中吸烟者相当普遍，高达52.61%（403/766）。本文分析接触酸气（雾）作业工人吸烟>10支/d持续2年以上其肺功能损害的发生率可显著高于不吸烟及少量吸烟者，尤接触三酸组表现突出。提示吸烟对酸气（雾）的慢性肺功能损害作用有协同性影响。至于少量吸烟与不吸烟者差异无显著性，可能系吸烟量较少情况下，酸气（雾）对气道的损害效应掩盖了吸烟的损害作用<sup>[7]</sup>，也可能与样本不够大有关。

本文认为，在目前对低浓度酸气的慢性危害尚无特异性诊断方法的情况下，检测鼻粘膜和肺功能损害仍不失为可靠的临床客观指标。

（参加本文工作的人员还有顾芝芳、张兴萍、卓洁如、蒋志宏、于永静等，本文并承顾祖维教授审阅，谨此鸣谢。）

### 4 参考文献

- 1 夏元洵，主编. 化学物质毒性全书. 上海科技文献出版社，1991. 720~924, 175
- 2 史志澄. 小气道病. 职业医学，1993，20（1）：50~52
- 3 刘少军，顾祖维，陆其明，等. 低浓度铬酸雾的危害识别. 中华劳动卫生职业病杂志，1991，9（4）：199
- 4 Lindberg E. Chrome plating. Symptoms findings in upper airways and effects on lung function. Arch Environ Health, 1983, 38（6）：367
- 5 孟云，朱明亮. 硫酸生产工人肺功能状况调查. 中国工业医学杂志，1998，11（4）：244
- 6 Harber P, Beck J, Luo J. Study of respiratory effect on nasal-oral flow partition. Am J Ind Med, 1997, 32（4）：408~412
- 7 王溪红，马会良，娄林，等. 硫酸雾对作业工人肺功能的慢性影响. 卫生毒理学杂志，1992，6（2）：110
- 8 Davies J M, Easton D E, Bidstrup P L. Mortality from respiratory cancer and other causes in United Kingdom chromate production workers. Br J Ind Med 1991, 48: 299~313

（收稿：1998-12-28）