

对苯二甲酸粉尘接触量与肺通气功能的关系

吴仲华 曹晋柱 朱道明 杜冰 颜馨泉

龚楠 徐锡坤 何冬宁 汪建平 王心如

摘要 目的 研究对苯二甲酸 (TPA) 对职业人群肺通气功能的影响。方法 对 116 名 TPA 作业工人和同一地区年龄、性别、身高、体重、吸烟情况类似的 54 名正常对照工人进行肺通气功能的测定分析。结果 接触组 V_G FVG $FEV_{1.0}$ $PEFR$ $\dot{V}_{75}$ 和 $\dot{V}_{50}$ 显著低于对照组 ($P < 0.05$ 或 $P < 0.01$), 且肺通气功能变化与接触 TPA 浓度有关。肺通气功能异常者以阻塞型为主; 吸烟因素与接尘因素可能产生协同作用。结论 作业人群肺通气功能的变化与接触对苯二甲酸有密切关系。

关键词 对苯二甲酸 肺通气功能

Studies on Relationship between Dose of Exposure to Terephthalic Acid Dust and Pulmonary Ventilation Function Wu Zhonghua, Cao Jinzhu, Zhu Daoming, et al. Institute for Occupational Health, Yangzi Petrochemical Corporation Hospital. Nanjing 210048

Abstract Objective To study the effects of terephthalic acid (TPA) on pulmonary ventilation function in the exposed workers. **Methods** Pulmonary ventilation function was examined and analyzed in 116 workers exposed to TPA and 54 normal controls matched on age, sex, body height and weight, and smoking status. **Results** Vital capacity (VC), forced vital capacity (FVC), forced expiratory volume in one second ($FEV_{1.0}$), peak expiratory flow rate (PEFR), and expiratory flow rate at 75% and 50% of expired vital capacity ($\dot{V}_{75}$ and $\dot{V}_{50}$), respectively, were significantly lower in the exposed workers than in the controls ($P < 0.05$ or $P < 0.01$). Changes in their pulmonary ventilation function correlated to the TPA concentrations they exposed. Most of their abnormality of ventilation function was obstructive in manner, on which smoking and dust exposure could act synergetically. **Conclusion** Changes in pulmonary ventilation function was closely correlated to TPA they exposed.

Key words Terephthalic acid, Pulmonary ventilation function

对苯二甲酸 (TPA) 是世界上生产和使用最为普遍的化学物之一, 主要用于生产晶状合成树脂、薄膜、聚酯纤维等。我国生产及使用 TPA 的历史虽短, 但发展迅速, 年产量达 200 万吨以上, 使用量则更大。动物实验表明, 接触大剂量的 TPA 可诱发膀胱结石、肾炎、肾组织萎缩^[1]。现场职业暴露人群主要经呼吸道吸入 TPA, 但缺乏详尽的 TPA 肺毒理学资料,

肺通气功能测定适用于职业危害的早期发现及职业人群的健康监护。为此, 我们对 TPA 粉尘暴露量与肺通气功能之间的关系进行了研究。

1 材料与方法

1.1 调查对象

选择某特大型企业无慢性心肺疾患、无肺通气功能检查禁忌的 TPA 作业工人作为接触组, 共计 116 人, 其中男 99 名、女 17 名, 年龄范围 19~55 岁, 平均为 30.3 岁, TPA 粉尘作业工龄 1~10 年, 平均为 6.2 年。另选同一地区无粉尘及其他职业危害因素接触史, 劳动强度相仿的健康工人作为对照, 共计 54 人, 其中

国家卫生部和江苏省科委自然科学基金资助项目

作者单位: 210048 南京 扬子石化公司医院职防所 (吴仲华、曹晋柱、朱道明、杜冰、颜馨泉), 南京医科大学公共卫生学院 (龚楠、徐锡坤、何冬宁、汪建平、王心如)

男 45名、女 9名, 年龄范围 25~ 40岁, 平均 32.5岁

1.2 作业环境中 TPA 粉尘浓度测定

作业环境含室内和室外, 采样时含生产和非生产时。以动式个体采样器滤膜采样法对不同工段工人一个工作日连续采样, 持续 3个工作日。以 1% KOH溶解滤膜上 TPA, 用紫外分光光度法分析样品 TPA 含量^[2], 每个测定点随机抽取一个样品用滤膜溶解法测定 TPA 粉尘分散度

1.3 调查项目

1.3.1 按统一培训后的标准方法询问调查对象的职业史、心肺疾病史, 并仔细核对其工种及工段变动时间, 调查接触组与对照组年龄、性别、身高、体重、吸烟情况(是否吸烟、吸烟年限、吸烟量等)、经济状况、文化程度等资料, 登入统一的调查表中。

1.3.2 肺通气功能测定采用日本福田生产的 SPIRO ANALYZER ST-200肺通气功能测定仪, 配有微电脑, 专人操作, 每项重复 3次取最佳值。调查对象取立位测定肺活量(VC)、用力肺活量(FVC)、第一秒时间肺活量(FEV_{1.0})、最大呼气流速(PEFR)、最大呼气中期流速(MMEF)、75% VC呼气流速(V₇₅)、50% VC呼气流速(V₅₀)、25% VC呼气流速(V₂₅)、第一秒时间肺活量与用力肺活量的比值(FEV_{1.0}/FVC), 上述指标均以实测值预测

表 2 接触组与对照组肺通气功能影响因素比较

组别	n	年龄(岁)	男性(%)	女性(%)	身高(cm)	体重(kg)	吸烟率
接触组	116	30.3±8.8	85.4%	14.6%	167.8±9.0	62.1±8.3	61.2%
对照组	54	32.5±3.1	85.2%	14.8%	169.4±7.4	64.9±5.8	63.0%

2.4 TPA作业工人与对照组肺通气功能比较

表 3结果显示, 接触组 VC、FVC、FEV_{1.0}、PEFR、V₇₅和 V₅₀下降, 较对照组差异有显著意义(P<0.05或 P<0.01)。

2.5 不同工段粉尘作业工人肺通气功能的比较

值%表示。

1.3.3 由放射科专科医生对接触组 and 对照组人群进行 X线胸片检查

1.4 统计学处理

数据资料以 Foxbase+ 建立数据库, 所有数据经 SAS统计软件进行正态性检验, 对数据进行 t检验和方差分析。

2 结果

2.1 个体采样空气 TPA 粉尘几何平均浓度

大包装、精制和小包装工段个体采样空气 TPA 粉尘几何平均浓度结果见表 1 各工段粉尘分散度基本一致, < 2μm 占 81%, 2~ 5μm 占 10%, > 5μm 者占 6%, > 10μm 者占 3%。

2.2 X线胸片检查结果

除接触组和对照组中个别调查对象出现陈旧性肺结核征象外, 未见其他异常表现。

2.3 肺通气功能影响因素比较

由表 2可见, 接触组与对照组在年龄、性别、身高、体重、吸烟情况等方面经统计学检验均无显著性差异, 两组人群肺通气功能指标具有可比性。

表 1 个体采样空气 TPA 粉尘浓度

工段	样品数(个)	粉尘几何平均浓度(mg/m ³)	浓度范围(mg/m ³)
大包装	9	1.08	0.03~ 6.96
精制	27	1.32	0.13~ 6.91
小包装	34	3.69	0.20~ 34.81

不同作业环境粉尘接触浓度的不同, VC、

FVC、MMEF、FEV_{1.0}、PEFR、V₇₅和 V₅₀的下降有明显差异, 在小包装工段, 上述指标降低幅度更为明显(表 4)。

2.6 TPA 作业工人肺通气功能吸烟与否分层分析

本公司绝大部分为中青年工人，接触组与对照组中凡吸烟者吸烟史（一般为 8 年）和吸烟量（15 支/日左右）经统计学检验无显著性差异。研究表明，吸烟的 TPA 粉尘接触工人，PEFR、 $\dot{V}_{75}$ 和 $\dot{V}_{50}$ 下降明显，而不吸烟的粉尘作业

工人仅 PEFR 一项指标显著低于对照组，结果见表 5。

2.7 粉尘作业人群肺通气功能分型

表 6 结果显示，粉尘作业人群肺通气功能异常者主要以阻塞型为主。

表 3 接触组与对照组肺通气功能比较 ($\bar{x} \pm s$)

组别	n	V C	FV C	FEV _{1.0}	FEV _{1.0} /FVC	MMEF
接触组	116	96.6±11.7	83.2±16.4	84.8±15.9	95.5±6.2	89.4±22.1
对照组	54	101.9±16.1	90.2±14.4	90.9±13.7	94.8±7.5	97.6±26.7

组别	n	PEFR	$\dot{V}_{75}$	$\dot{V}_{50}$	$\dot{V}_{25}$	$\dot{V}_{25/H}$
接触组	116	73.3±20.0 [△]	78.0±22.8 [△]	87.8±24.9	98.0±28.3	1.74±0.58
对照组	54	84.7±22.7	89.8±24.6	98.4±30.6	98.7±32.7	1.75±0.59

* 接触组与对照组相比 $P < 0.05$, [△]接触组与对照组相比 $P < 0.01$

表 4 不同工段粉尘作业工人肺通气功能比较 ($\bar{x} \pm s$)

	对照组 (n= 54)	大包装 (n= 14)	精制 (n= 64)	小包装 (n= 38)
V C	101.9±16.1	101.3±11.5	98.0±10.4	92.5±12.8
FV C	90.2±14.4	91.4±16.3	82.9±16.0	80.6±16.6
FEV _{1.0}	90.9±13.7	92.1±15.4	83.3±15.6	84.5±16.1
FEV _{1.0} /FV C	94.8±7.5	95.0±5.9	95.8±6.1	95.2±6.6
MMEF	97.6±26.7	93.9±18.3	93.4±22.6	81.0±20.4
PEFR	84.7±22.7	77.8±18.2	78.2±19.9	63.4±17.1
$\dot{V}_{75}$	89.8±24.6	81.8±18.7	83.7±23.2	67.0±19.9
$\dot{V}_{50}$	98.4±30.6	93.1±20.4	93.9±25.4	75.6±21.4
$\dot{V}_{25}$	98.7±32.7	96.0±23.4	100.5±30.1	94.5±26.9
$\dot{V}_{25/H}$	1.75±0.59	1.65±0.41	1.89±0.58	1.50±0.56

* 接触组与对照组相比 $P < 0.05$

表 5 以吸烟与否分层比较接触组与对照组肺通气功能 ($\bar{x} \pm s$)

	吸烟组		未吸烟组	
	对照组 (n= 34)	接触组 (n= 71)	对照组 (n= 20)	接触组 (n= 45)
V C	98.8±10.2	97.4±11.5	107.8±23.1	95.3±12.0
FV C	91.7±14.4	85.3±15.6	87.1±14.5	79.9±17.3
FEV _{1.0}	93.1±14.6	87.3±14.7	86.7±11.2	80.8±17.1
FEV _{1.0} /FV C	94.6±7.7	94.8±5.5	95.1±7.2	96.6±7.0
MMEF	99.5±28.1	89.8±21.8	93.9±24.4	88.8±22.8
PEFR	83.5±23.2	73.4±20.8*	87.1±22.2	73.1±18.8*

续表 5

	吸烟组		未吸烟组	
	对照组 (n= 34)	接触组 (n= 71)	对照组 (n= 20)	接触组 (n= 45)
V ₇₅	90. 3± 25. 5	78. 4± 23. 6	88. 7± 23. 5	77. 3± 21. 7
V ₅₀	100. 4± 31. 7	87. 8± 24. 7	94. 5± 29. 1	87. 9± 25. 5
V ₂₅	99. 6± 33. 2	100. 0± 29. 4	96. 9± 32. 7	94. 8± 26. 3
V ₂₅ /H	1. 78± 0. 61	1. 77± 0. 58	1. 68± 0. 57	1. 68± 0. 59

* 接触组与对照组相比 P < 0. 05

表 6 粉尘作业人群肺通气功能分型

类型	界限标准	人数	比例 (%)
正常	VC≥ 80, FEV _{1.0} ≥ 70	94	81. 03
限制型	VC< 80, FEV _{1.0} < 70	4	3. 45
阻塞型	VC≥ 80, FEV _{1.0} < 70	16	13. 79
混合型	VC< 80, FEV _{1.0} ≥ 70	2	1. 72

3 讨论

TPA 是一种水溶性酸。动物代谢实验发现, TPA 可经支气管快速吸收, 48 小时后 49. 1% ~ 73% 的 TPA 可排出体外^[2]。粉尘的物理化学刺激可诱导气管上皮肥大细胞释放组胺, 引起支气管平滑肌痉挛, 本研究发现, TPA 粉尘作业工人 FVC、FEV_{1.0}和 PEF₅₀显著低于对照组, 提示可能与 TPA 的理化刺激作用有关^[4]。肺通气功能分型结果也说明 TPA 粉尘作业人群肺通气功能损害特征以气道阻塞为主。TPA 的这种肺通气功能损害特征与长期接触空气中低浓度的二氧化硫气体和氨气等水溶性酸碱物质产生的大气道功能下降表现相似^[3,5]。

正常人高肺容量 (VC> 80%) 时呼气流速与用力有关, 低肺容量时呼气流速与小气道功能有关^[5]。TPA 粉尘的分散度较小 (80% 以上粉尘小于 2 μm), 可进入横截面积较大、气道阻力较小的小气道沉降、淤积, 引起小气道的炎症, 出现小气道的充血、水肿、粘液阻塞和纤

维化, 导致气道阻力增加^[6]。本次研究发现, 随着接尘量的增加, V₇₅和 V₅₀明显低于对照组。这与多数职业无机粉尘和有机粉尘对肺通气功能损伤的早期表现类似^[4], 即对小气道功能有损伤。大量研究证明, 长期吸烟者小气道功能下降^[7]。本次调查对象中吸烟者小气道功能下降较不吸烟者明显。因此, 吸烟因素与接尘因素对 TPA 作业工人肺通气功能可能产生协同影响。

4 参考文献

1 Heck HdA and Rochelle W T. The induction of bladder stones by terephthalic acid, dimethyl terephthalate and melamine (2, 4, 6-triamino-s-triazine) and its relevance to risk assessment. Regul Toxicol Pharmacol, 1985, 2: 294

2 M offitt JR, Clary JJ, Lewis TR, et al. Absorption, distribution and excretion of terephthalic acid and dimethyl terephthalate. Am Ind Hyg Assoc J, 1975, 36: 633

3 候恕, 张宇先, 陈蝶枝, 等. 低浓度氨对作业工人肺通气功能的慢性影响. 中华结核与呼吸系疾病杂志, 1985, 8 101

4 穆魁津, 主编. 肺通气功能测定原理与临床应用. 第一版. 北京: 北京医科大学中国协和医科大学联合出版社, 1992. PP51, 73, 330~ 338

5 史志澄. 肺通气功能在职业和环境医学中的应用. 中华劳动卫生与职业病杂志, 1984, 2 175

6 何权瀛, 穆魁津, 李吉友, 等. 小气道功能异常与病理变化之间关系的初步探讨. 中华结核与呼吸系疾病杂志, 1985, 8 233~ 237

7 Beck G J, Caroline AD and Schachter EN. Smoking and lung function. Am Rev Respir Dis, 1981, 123: 149~ 155

(收稿: 1998-06-10 修回: 1998-08-24)