在 24支活性炭管中，分别加入相同量的正己烷标准，立即用塑料帽套紧管口，于室温下保存。然后分别于当天、第 2天、第 6天、第 8天各取 6支分析，以当天的分析结果为 100，计算存放不同时间的样品损失率，相对偏差为 1.8%，详见表 3。

表 3 正己烷的稳定性实验结果

	当天	第 2天	第 6天	第 8天
平均浓度（μg/ml）	16.48	16.43	16.12	15.52
损失率（%）	0	−0.30	−2.18	−6.19

表 3的结果表明，正己烷在活性炭管中较稳定，在室温下至少可保存 8 d。

2.4 标准曲线的线性范围及最低检出限

在方法的操作条件下，制备标准曲线，进行线性回归，得到方程为 $y = 16\,438x + 30\,824$，$r = 0.999\,6$，方法的最低检出限为 0.025 mg/L。在 2～100 mg/L范围内呈线性相关关系。详见表 4。

表 4 正己烷测定标准曲线

	标准浓度（mg/L）					
	2	5	10	20	50	100
响应值	32 914	140 341	194 190	365 134	854 123	1 672 203

2.5 方法的精密度实验

取高、中、低 3个浓度的正己烷分别测定 6次，不同浓度的正己烷重复测定的精密度为 0.87%～4.10%。见表 5。

表 5 方法精密度实验结果（n = 6）

浓度（mg/L）	测定次数	平均峰面积	标准差	相对标准偏差%
2	6	32 797	593	1.80
10	6	208 337	8 608	4.10
50	6	861 378	7 500	0.87

2.6 正己烷与其它烷烃及甲醇的分离效果

按照该方法提出的色谱条件及方法进行实验，实验结果表明正戊烷、环己烷、三氯甲烷、甲醇等物质可以和正己烷有效分离，不干扰正己烷的测定。见图 1。

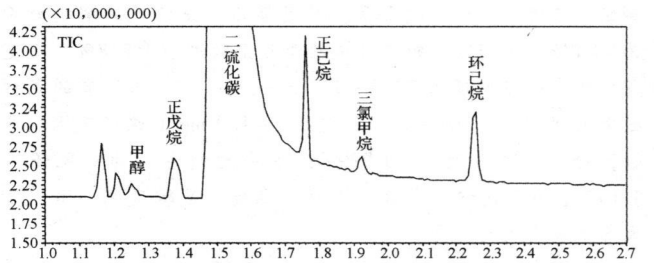

图 1 正己烷测定的干扰实验

3 结论

验证实验结果表明，工作场所大气中正己烷卫生检验标准方法的测定方法精密度、检测限、解吸效率、采样效率、样品贮存稳定性和干扰实验等与原报告结果基本一致，均达到要求，适用于大气中正己烷的测定。

苯作业工人血清免疫球蛋白检测分析

Detection of serum immunoglobulin in benzene-exposed workers

齐啸[1]，刘楠[2]，庞淑兰[2]，徐国卉[2]，刘英莉[2]，关维俊[2*]，王翠红[3]

QI Xiao[1], LIU Nan[2], PANG Shu-lan[2], XU Guo-hui[2], LIU Ying-li[2], GUAN Wei-jun[2*], WANG Cui-hong[3]

（1. 唐山钢铁集团有限责任公司医院，河北 唐山 063000；2. 华北煤炭医学院预防医学系 河北省煤矿卫生与安全实验室，河北 唐山 063000；3. 开滦职业病医院，河北 唐山 063022）

摘要：对某制鞋厂 265名接触苯的作业工人（接触组）和 178名不接触苯的工人（对照组）进行了职业卫生调查，测定作业场所空气中苯浓度和工人血清中 IgG、IgM、IgA及 C3的含量。苯作业工人血清免疫球蛋白 IgA增高，但与对照组比较差异无统计学意义（P > 0.05）；IgG、IgM显著增高及 C3下降，与对照组比较差异有统计学意义（P < 0.05）。将接触组按接苯工龄分为≤ 1年、1～2年和 > 2年 3组，其中 IgG水平与苯接触工龄间具有显著性关联（F = 3.87，P < 0.05）。血清中 IgG、IgM及 C3的检测可作为苯作业工人健康损害的敏感指标。

关键词：苯；免疫球蛋白；IgG；IgA；IgM；C3

中图分类号：R446.62；O625.11 文献标识码：B

文章编号：1002－221X(2010)03－0232－02

收稿日期：2009－10－20；修回日期：2009－12－16

作者简介：齐啸（1970－），男，副主任医师，研究方向：劳动卫生与职业病。

*：通讯作者，教授，Email：guanweijun@sohu.com

长期从事苯作业的工人，常出现神经系统、血液系统、消化系统等方面的症状或体征，严重者可引起再生障碍性贫血甚至白血病。短期苯暴露对人体健康效应的研究尚未定论。因此，本研究选择某制鞋厂接触苯作业的工人为观察对象，通过测定车间空气中苯浓度和工人的血清 IgG、IgA、IgM含量，观察接触苯后免疫指标的变化，探讨苯对作业工人损害的早期指标，为做好苯接触人群的健康监护提供数据。

1 对象与方法

1.1 对象

苯接触组：选择某制鞋厂接触苯作业的工人 265名，其中男 121名、女 144名，平均年龄 19.5岁（17～29岁），从事苯作业平均工龄 1.8年，按接苯工龄分为≤ 1年、1～2年和 > 2年 3组。每日平均工作时间约 8 h。对照组：同一地区不接触苯和其它有毒有害物质的健康工人 178名，其中男 75名、女 103名，平均年龄 19.3岁（18～21岁）。两组在年龄、

?1994-2017 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

性别构成上差异无统计学意义（P＞0.05）。以上各组人员无免疫相关疾病，受检前 1个月无感染史、无心血管系统疾病。使用调查表收集研究对象的职业史、吸烟饮酒史、既往健康（疾病状况）等信息。采血进行血常规分析。EDTA抗凝血 2 ml置冷藏箱中迅速运往实验室，保存于－20℃，直至提取DNA。所有指标测定均严格遵循盲法。

1.2　方法

1.2.1　作业场所苯浓度测定　根据车间空气有毒有害物质监测采样原则，对制鞋厂的成型、配底车间 5个作业点进行采样，在机关办公室随机采样 3个，每天上午 10点对各点测定 1次，连续采样 3 d。用气相色谱法测定车间空气中苯含量。

1.2.2　血清 IgG、IgA、IgM含量测定　采用单向琼脂扩散法，抽取被检者静脉血 2 ml，EDTA-Na_2抗凝，静置 4～5 h，使血清与血细胞分离，抽取血清，IgA、IgM按 1∶5、IgG按 1∶20用生理盐水稀释，准确称取琼脂粉按羊抗人 IgG（IgA）的稀释倍数稀释，使浓度为 2.2%，煮沸溶解，待冷至 56℃加入事先已用生理盐水稀释好的羊抗人 IgG（IgA或 IgM），水溶加热使琼脂保持在 56℃，吸 6 ml铺板、标记、打孔，制成琼脂板，取参考血清用 0.5 ml生理盐水稀释为原液，用生理盐水按 1∶2、1∶4、1∶64稀释，制成标准曲线，按免疫球蛋白参考血清所标记含量计算标准曲线，计算每孔 IgG或 IgA或 IgM的含量。

1.3　统计学处理

采用 SPSS13.0统计软件对数据进行 t检验分析。

2　结果

2.1　车间空气苯浓度测定

通过对制鞋车间 5个作业点采样，作业点苯短时间接触浓度均超过国家卫生标准（10 mg/m³），超标率 100%。整个车间苯平均质量浓度（质量浓度范围）19.54（6.2～22.5）mg/m³，超过国家卫生标准 1倍；甲苯浓度为 11.15～199.92 mg/m³，平均 45.35 mg/m³；二甲苯浓度为 0.98～12.51 mg/m³，平均 2.99 mg/m³。

2.2　苯接触组与对照组血清免疫球蛋白水平比较

苯接触组 IgG、IgM水平增高及 C3下降，与对照组比较差异有统计学意义（P＜0.05），苯接触组 IgA水平上升，但差异无统计学意义（P＞0.05）。详见表 1。

表 1　两组血清 IgG、IgA、IgM水平的比较（$\bar{x}\pm s$）　g/L

组别	人数	IgG	IgA	IgM	C3
接触组	265	10.18±2.05	1.55±0.50	1.33±0.70	0.82±0.17
对照组	178	9.56±2.15	1.51±0.58	1.00±0.45	0.92±0.23
t值		3.06	0.86	5.49	4.81
P值		0.002	0.39	＜0.001	＜0.001

2.3　苯作业工龄对血清免疫球蛋白水平的影响

方差分析结果显示，苯作业工人 IgG水平与苯接触工龄间具有显著性关联（F＝3.87，P＜0.05），进一步使用 Bonferroni校正进行两两比较，工龄 1～2年组、＞2年组苯接触工人 IgG水平均显著高于≤1年组；苯作业工人 IgA、IgM水平与苯接触工龄间的差异无统计学意义。结果见表 2。

表 2　苯作业工龄对血清免疫球蛋白水平的影响　g/L

工龄（年）	人数	IgG		IgA		IgM	
		$\bar{x}\pm s$	P值	$\bar{x}\pm s$	P值	$\bar{x}\pm s$	P值
≤1	80	9.69±1.85		1.53±0.46		1.28±1.06	
1～2	123	10.29±1.91	0.040	1.52±0.50	0.91	1.36±0.47	0.41
＞2	62	10.60±2.45	0.008	1.65±0.54	0.15	1.32±0.70	0.72

3　讨论

苯的毒性作用比较广泛，涉及到人体多个器官与系统。苯作为人类确认的致癌物是造成职业暴露者患白血病的主要原因。研究资料表明职业病的发病过程中，免疫系统以不同的方式参与生产性有害因素与机体的相互作用[1]。体液免疫反应在机体最早出现的免疫球蛋白是 IgM，它和 IgG是全身体液免疫反应的主要效应分子[2]，这提示体液免疫功能检测可作为毒物接触作业工人的健康损害的早期敏感指标。国外学者研究发现，苯能够抑制机体的免疫功能[3]，但是目前对接触苯影响免疫球蛋白变化的研究结论不一。有报道显示，接触苯及其同系物的工人血清 IgG、IgA含量降低[4]；也有报道与此相反，接触煤尘的工人血清 IgA水平增高[5]。本文调查结果显示，苯作业工人血清 IgG、IgM含量均增高，与对照组比较差异有统计学意义（P＜0.05），提示血清 IgG、IgM水平的变化与苯中毒的程度有关。IgM抗体是最原始的免疫应答，可诱导 B淋巴细胞增殖与分化，如将有机苯作为一种抗原，IgM增高可能是机体受抗原刺激后产生机体持续抗原耐受性的表现。何凤生等发现苯中毒患者补体（complement, C）水平较低[6]，本研究也证明苯作业工人组 C3下降。补体在人体免疫防御中起着重要作用，IgM及 IgG均能结合 C1，启动补体激活的两条途径都使 C3转变为 C5，因此 C3在补体序列反应中起着中心的作用，在血清中浓度最高。如 C3降低，可能影响 C5的生成，而 C5激活生成的激活肽 $C5^a$是最主要的中性粒细胞激活剂及趋化诱导剂，同时也起免疫调节分子的作用，具有调节免疫反应的作用，如介导产生 IL-1而作用于 Th细胞，从而增强 T淋巴细胞依赖性免疫反应，据此可推测苯中毒患者 C3降低影响了机体的免疫防御功能。

综上，本研究提示，早期免疫反应指标 IgG、IgM含量均增高，说明短期接苯工人的体液免疫反应较高，机体处于保护性免疫反应亢进状态，苯作业工人应及时采取保护措施，以免产生血液及神经系统毒性。但其机制有待进一步探讨。

参考文献：

[1] 张金龙. 吸烟对低浓度混苯作业男性工人淋巴细胞 DNA的损伤[J]. 职业与健康，2006，22（12）：881-882.
[2] 刘晶星. 医学微生物学与免疫学[M]. 2版. 北京：人民卫生出版社，2000：208.
[3] 唐焕文，庄志雄，梁海荣，等. 苯的免疫毒性研究进展[J]. 广西预防医学，2002，8（6）：373-375.
[4] 李健学. 生产性有害因素对免疫系统的影响[J]. 工业卫生与职业病，1985，11（6）：375.
[5] 张晓敏，丁焱焱. 焦炉作业工人血清免疫球蛋白含量的观察[J]. 工业卫生与职业病，2000，26（1）：22-23.
[6] 何凤生. 中华职业医学[M]. 北京：人民卫生出版社，1999：467.

?1994-2017 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net