

二甲基乙酰胺职业接触生物限值的研究

杨凤¹, 郭薇薇¹, 李传奇¹, 沈朝烨¹, 谢强鸣¹, 胡训军², 刘美霞¹, 尹艳¹, 汪国权¹, 贾晓东¹

摘要:

[目的] 研究作业场所二甲基乙酰胺(DMAC)浓度与职业人群生物监测指标水平的关系,进一步探讨DMAC的职业接触生物限值。

[方法] 对生产4,4'-二氨基二苯醚的某企业进行劳动卫生学调查,连续采集32名DMAC接触工人工作周第1天、第2天及第5天的班前和班末尿样,采用气相色谱法测定尿中甲基乙酰胺(NMAC)水平;同时应用个体采样器收集工作日的作业场所空气中DMAC,并进行浓度测定。通过多元回归分析班末尿中NMAC水平与个体接触量、工龄、年龄的相关性;同时收集职业健康监护资料,分析DMAC接触浓度与健康效应的关系。

[结果] 车间内空气中DMAC 8h时间加权平均浓度(8h-TWA)为 $(121.32 \pm 164.31) \text{ mg/m}^3$ (1.30~818.20 mg/m^3),其中26份样品DMAC浓度超出国家职业卫生标准(20 mg/m^3),超标率81.25%。不同工作日的班前及班末尿中NMAC水平并无明显差异(均 $P > 0.05$)。多元回归结果显示,DMAC接触工人班末尿中NMAC水平与空气中DMAC个体暴露浓度呈正相关, $\lg \rho_{\text{NMAC}}(\text{mg/g}) = 0.303 + 0.677 \lg \omega_{\text{DMAC}}(\text{mg/m}^3)$ ($R^2 = 0.725$, $F = 63.18$, $P < 0.001$)。

[结论] 研究发现尿中NMAC并无蓄积现象,工作班末尿NMAC水平与空气中DMAC浓度呈良好对数线性关系,工作周内的任一次班末尿NMAC测定均可用于DMAC职业接触评估。根据回归方程及我国DMAC职业接触限值,推导出DMAC的职业接触生物限值为工作班末尿中NMAC水平为15.27 mg/g 。

关键词: 二甲基乙酰胺; 甲基乙酰胺; 生物接触限值; 尿; 半衰期

引用: 杨凤, 郭薇薇, 李传奇, 等. 二甲基乙酰胺职业接触生物限值的研究[J]. 环境与职业医学, 2017, 34(11): 947-952. DOI: 10.13213/j.cnki.jeom.2017.17338

Establishing occupational biological exposure limits of dimethylacetamide YANG Feng¹, GUO Wei-wei¹, LI Chuan-qi¹, SHEN Chao-ye¹, XIE Qiang-ming¹, HU Xun-jun², LIU Mei-xia¹, YIN Yan¹, WANG Guo-quan¹, JIA Xiao-dong¹ (1.Shanghai Municipal Center for Disease Control and Prevention, Shanghai 200336, China; 2.Shanghai Institute of Occupational Disease for Chemical Industry, Shanghai 200041, China). Address correspondence to JIA Xiao-dong, E-mail: jiaxiaodong@scdc.sh.cn • The authors declare they have no actual or potential competing financial interests.

Abstract:

[Objective] To assess the relationship between workplace concentration and biological monitoring level of dimethylacetamide (DMAC), and to establish its occupational biological exposure limits.

[Methods] Urine samples of 32 workers exposed to DMAC from a 4,4'-diaminodiphenyl ether plant before and after work shifts on day 1, 2, and 5 were collected to detect urinary N-methylacetamide (NMAC) by gas chromatography. Air samples were collected with individual samplers during work shifts to detect DMAC concentration. Multiple regression analysis was used to assess the correlation between urinary NMAC and air DMAC, working years, and age. Meanwhile, occupational health surveillance data were collected to analyze dose-effect relationship.

[Results] The 8h time weighted average concentration of DMAC in workplace air was $(121.32 \pm 164.31) \text{ mg/m}^3$ (1.30-818.20 mg/m^3), and 26 air samples exceeded the national occupational limits of DMAC (20 mg/m^3) with an unqualified rate of 81.25%. The pre-shift and post-shift urinary NMAC concentrations were not different among different workdays ($P > 0.05$). There was a positive

• 作者声明本文无实际或潜在的利益冲突。

[基金项目] 上海市第四轮公共卫生三年行动计划重点学科建设计划环境卫生与劳动卫生学(编号: 15GWZK0201)

[作者简介] 杨凤(1984—),女,硕士,主管医师;研究方向:职业卫生;E-mail: yangfeng@scdc.sh.cn

[通信作者] 贾晓东, E-mail: jiaxiaodong@scdc.sh.cn

[作者单位] 1.上海市疾病预防控制中心职业卫生与中毒控制科,上海 200336; 2.上海市化工职业病防治院,上海 200041

relationship between post-shift urinary NMAC concentration and air DMAC concentration in workplace, with a regression equation of $\lg \rho_{\text{NMAC}} (\text{mg/g}) = 0.303 + 0.677 \lg \omega_{\text{DMAC}} (\text{mg/m}^3)$ ($R^2 = 0.725$, $F = 63.18$, $P < 0.001$).

[Conclusion] There is no obvious accumulation of NAMC in urine of workers exposed to DMAC. Post-shift urinary NMAC concentrations are significantly correlated with DMAC concentrations in air, displaying a log-transformed linear relationship. Any urinary NMAC after work shift during work week could be used for DMAC occupational exposure assessment. According to the national standard for DMAC in workplace air and the derived regression equation, the occupational biological limit of urinary NMAC is recommended as 15.27 mg/g for workers exposed to DMAC after shift.

Keywords: dimethylacetamide; N-methylacetamide; biological exposure limit; urine; half-life

Citation: YANG Feng, GUO Wei-wei, LI Chuan-qi, et al. Establishing occupational biological exposure limits of dimethylacetamide[J]. Journal of Environmental and Occupational Medicine, 2017, 34(11): 947-952. DOI: 10.13213/j.cnki.jeom.2017.17338

二甲基乙酰胺, 即 N, N-二甲基乙酰胺(dimethylacetamide, DMAC)是一种高沸点、极性强的非质子化溶剂, 广泛应用于材料合成、石油加工等领域, 职业接触人数众多, 人体长期接触可导致肝脏损伤。目前, 我国DMAC的生产和使用处于快速增长期, 其职业危害日益突显。DMAC职业接触途径通常是吸入和皮肤吸收^[1], 经皮肤吸收量可达到吸收总量的40.4%, 空气中DMAC的检测浓度并不能直接真实反映劳动者体内的吸收剂量^[2], 因此生物监测对评估实际接触水平有重要意义。

DMAC的体内代谢主要通过脱甲基完成的^[3]。国内外研究发现, 甲基乙酰胺(N-methylacetamide, NMAC)是DMAC在体内的主要代谢产物, 可以作为监测DMAC暴露的生物监测指标^[4]。美国政府工业卫生学家委员会及德国劳工和社会秩序部推荐了DMAC的职业接触生物限值——NMAC为30 mg/g(以肌酐计, 后同, 工作周末的班末尿)^[5-6]。但是, DMAC经皮肤及肺部吸收后, 尿中NMAC半衰期在不同研究中的结果并不一致, 在5.6~16 h之间, 推荐的尿中NAMC采样时间同样存在争议^[3-4]。

我国已经制定了DMAC作业场所空气中的接触限值, 时间加权平均容许浓度(permissible concentration-time weighted average, PC-TWA)为20 mg/m³(经皮)^[7], 但关于职业接触生物限值的研究开展较少。本研究对一家化工企业开展职业卫生学调查, 通过现场空气采样及接触者生物样本的连续监测, 进一步研究DMAC在体内的代谢规律, 对工人DMAC接触浓度与班末尿中NMAC水平进行相关性研究, 为我国制定DMAC职业接触生物限值提供科学参考依据。

1 对象与方法

1.1 对象及样本收集

选择一家4, 4'-二氨基二苯醚生产企业中接触

DMAC的32名工人作为调查对象, 收集每周工作日第1天、第2天和第5天班前、班末尿。每次尿样采集体积不少于50 mL, 分成2份, 分别用于现场肌酐测定、实验室NMAC测定。尿样NMAC若不能及时分析, 依据GBZ/T 173—2006《职业卫生生物监测质量保证规范》^[8]要求, 放置于0℃以下冷冻保存; 依据WS/T 97—1996《尿中肌酐的分光光度测定方法》^[9]进行尿肌酐浓度测定。

对该企业进行职业卫生现场调查, 内容包括生产工艺、原辅材料及用量、职业病危害因素、接触职业病危害因素人数及职业卫生管理, 防护设置运行, 个人防护用品类型、使用及更换频率情况等。同时收集19名在岗1年以上接触工人当年度岗中职业健康检查资料, 13名在岗1年以下工人无此项材料。

对所有接触DMAC的工人进行个体剂量测定。接触工人每周工作日第1天上班后佩戴有机蒸气采样仪, 下班后回收, 记录采样时间。采样原则依据GBZ 159—2004《工作场所空气中有害物质监测的采样规范》^[10]。

1.2 空气样本分析

1.2.1 仪器与试剂 3500有机蒸气采样仪(3M, 美国); 6890气相色谱仪(惠普, 美国), 带氢焰离子化检测器; INNOW色谱柱: 30 m × 0.53 mm × 1.0 μm(惠普, 美国)。99.5%DMAC标准品(Dr. E, 德国), 99.9%二硫化碳试剂(CNW, 德国)。

1.2.2 检测方法 个体采样器收回后, 将采过样的活性炭片放入溶剂解吸瓶中, 加入5.0 mL二硫化碳, 封闭后, 不时地振摇, 解吸30 min。摇匀, 解吸液供测定。经二硫化碳解吸后进样, 经色谱柱分离, 柱温80℃, 汽化室温度150℃, 检测室温度150℃, 载气(氮气)流量40 mL/min。氢焰离子化检测器检测, 以保留时间定性, 峰高或峰面积定量。

1.3 尿样分析

1.3.1 仪器与试剂 6890气相色谱仪(惠普,美国),带氮磷检测器; INNOW色谱柱: 30m × 0.53mm × 1.0μm(惠普,美国); 漩涡混匀器(上海沪西分析仪器厂,中国); 高速离心机, 5 000 r/min。99.5%NMAC标准品(Dr. E, 德国); 甲醇, HPLC级; 去离子水。

1.3.2 检测方法 国内尚未制定尿中NMAC标准检测方法, 因此本次实验检测方法参照文献[11]及GBZ/T 210.5—2008《职业卫生标准制定指南 第5部分: 生物材料中化学物质的测定方法》[12]。尿液中的NMAC经甲醇溶剂稀释后, 经气相色谱-氮磷检测器分析测定。色谱柱升温程序: 100℃, 1 min—25℃/min—170℃, 3 min—10℃/min—210℃, 3 min; 进样口温度: 250℃; 载气: 高纯氮气; 载气流量: 6.0 mL/min; 进样方式: 分流进样; 分流比: 10:1; 进样体积: 0.2 μL; 氮磷检测器温度: 320℃; 氢气流量: 2.0 mL/min; 空气流量: 60 mL/min; 氮磷检测器关闭时间: 0.0 min; 氮磷检测器打开时间: 2.0 min。

1.4 统计学分析

使用SPSS 19.0软件包进行统计分析。空气中DMAC浓度、尿中NMAC浓度均不服从正态分布, 经对数转换后服从正态分布。用 t 检验比较不同工作日班前、班末尿中NMAC浓度(经对数转化后), 用单因素方差分析不同工作日班前及班末尿中NMAC浓度。

用多元回归分析尿中NMAC和空气中DMAC、工龄、年龄等变量的相关关系, 变量筛选采用逐步筛选法, 其中选入标准定为 $\alpha=0.05$, 排除标准定为 $\beta=0.10$ 。回归方程的显著性检验采用方差分析(ANOVA)。用单因素方差分析比较不同接触组健康效应指标。

2 结果

2.1 劳动卫生学调查结果

该厂DMAC年使用量10t, DMAC作为重要溶剂应用于加氢工段, 采用循环使用的方式。32名接触者平均年龄(43.07 ± 6.21)岁(27~51岁), 平均工龄(2.00 ± 1.39)年(0.25~4.25年), 工种分别为检验(1人)、巡检(1人)、蒸馏(2人)、缩合(10人)、加氢(18人)。该厂实行两班制, 每班工作12h, 每周工作6d。厂房设有机械通风装置, 工人工作时要求佩戴防护口罩和橡胶手套。

2.2 空气中DMAC浓度

对该企业所有接触DMAC的工人开展个体检测,

共收集32份样品。经计算, 各岗位时间加权平均浓度(8-hour time weighted average, 8h-TWA)为(121.32 ± 164.31)mg/m³(1.30~818.20mg/m³), 其中26份样品DMAC质量浓度(下称浓度)大于20 mg/m³, 超标率81.25%。根据作业环境DMAC浓度, 将32名作业工人分为低(0 mg/m³~)、中(>20 mg/m³~)、高浓度(>120 mg/m³~)接触组, 各组作业环境中DMAC浓度见表1。

表1 各组作业环境中DMAC浓度(mg/m³)

Table 1 DMAC concentrations in workplace air in different groups

组别 Group	样本数 <i>n</i>	DMAC浓度 DMAC concentration	最小值 Min	最大值 Max	中位 浓度 Median	平均 浓度 GM
低浓度接触组 Low level exposure	6	0~	1.3	13.5	4.95	4.7
中浓度接触组 Medium level exposure	15	>20~	20.9	106.4	62.3	52.3
高浓度接触组 High level exposure	11	>120~	121.9	818.2	174.6	220.3

2.3 尿中NMAC水平

在随后的连续监测中, 有2名工人(检验、巡检工人)不愿继续加入测试, 另第2天检测种有1名工人尿中肌酐值不在正常范围内, 故其尿中NMAC检测结果不计入统计内。表2结果显示: 32名作业工人每日班末尿中NMAC水平均超过当天班前尿($P<0.01$); 在脱离接触12h后, 第2天班前尿中NMAC水平低于第1天班末尿($P<0.01$); 不同工作日的班前及班末尿中NMAC水平差异无统计学意义(均 $P>0.05$)。

表2 每周不同时间点作业工人尿中NMAC水平

($G \pm S$)(mg/g)

Table 2 Urinary concentration of NMAC in workers at different

time points

采样时间 Sampling time	第1天 Day 1 (<i>n</i> =32)	第2天 Day 2 (<i>n</i> =29)	第5天 Day 5 (<i>n</i> =30)	<i>F</i>	<i>P</i>
班前(Before shift)	18.245 ± 4.517	26.461 ± 3.948*	21.158 ± 3.559	0.514	0.584
班末(After shift)	33.550 ± 3.296	40.983 ± 2.779	39.835 ± 3.039	0.294	0.746
<i>t</i>	-3.952	-3.929	-4.580	—	—
<i>P</i>	0.001	0.001	0.001	—	—

[注]*: 与第1天班末比较, $P<0.01$ 。

[Note]*: Compared with Day 1 after work shift, $P<0.01$.

比较新进员工(工龄<1年)和原在岗员工(工龄≥1年)班前尿NMAC水平, 两组差异无统计学意义(均 $P>0.05$), 见表3。

表3 不同工龄组每周不同时间点作业工人班前尿中
NMAC 的比较($G \pm S$)(mg/g)

Table 3 Comparison of urinary concentration of NMAC before
shift between workers with different working years

工龄(年) Working years (Years)	第1天 Day 1($n=32$)	第2天 Day 2($n=29$)	第5天 Day 5($n=30$)
<1	27.973 $\pm$ 4.320($n=13$)	31.863 $\pm$ 3.332($n=12$)	21.178 $\pm$ 3.746($n=12$)
≥ 1	13.6192 $\pm$ 4.505($n=19$)	23.209 $\pm$ 4.504($n=17$)	21.143 $\pm$ 3.571($n=18$)
t	1.343	0.605	0.003
P	0.189	0.550	0.997

2.4 作业工人班末尿中 NMAC 水平及影响因素

32名作业工人第1天工作班末尿中NMAC浓度为2.45~253.35 mg/g,中位数27.83 mg/g,几何均数31.45 mg/g。根据DMAC暴露水平分组后,各组作业工人尿中NMAC检测结果见表4。

表4 各组作业工人班末尿中 NMAC 水平(mg/g)

Table 4 Urinary concentration of NMAC in different groups

组别 Group	样本量 n	最小值 Min	最大值 Max	中位浓度 Median	平均浓度 GM
低浓度接触组 Low level exposure	6	2.45	25.07	5.88	7.31
中浓度接触组 Medium level exposure	15	12.42	54.98	24.23	22.91
高浓度接触组 High level exposure	11	27.40	253.35	110.15	107.28

以作业工人工作班末尿中NMAC水平的对数值为

应变变量,空气中DMAC浓度的对数值、工龄(1=<1年;2=1年~;3=2年~;4=3年~;5=4年~)、年龄(1=<45岁;2=45岁~)为自变量,进行逐步多元线性回归分析,筛选影响工作班末尿中NMAC水平的因素。结果发现,仅空气中DMAC浓度进入回归方程(表5)。模型的复相关系数(R)为0.851,决定系数(R^2)为0.725,对模型进行检验, $F=63.18$, $P<0.001$ 。其相关回归方程式为 $\lg \rho_{\text{NMAC}}(\text{mg/g})=0.303+0.677 \lg \omega_{\text{DMAC}}(\text{mg/m}^3)$ 。

表5 年龄、工龄、空气中 DMAC 与班末尿中 NMAC 多元
回归分析

Table 5 Multiple linear regression analysis on urinary NMAC after
shift with age, working years, and DMAC in air

参数 Independent variable	非标准系数 Partial regression coefficient		标准系数 Standardized partial regression coefficient(β)	t	P	95%CI
	b	S				
常数(Constant)	0.303	0.153	—	1.977	0.060	-0.013~0.619
$\lg \omega_{\text{DMAC}}$	0.677	0.085	0.851	7.949	0.000	0.501~0.852
工龄(Working years)	—	—	—	1.248	0.224	—
年龄(Age)	—	—	—	0.260	0.797	—

2.5 职业健康检查结果

根据上文同样的作业环境DMAC浓度,将19名在岗1年以上工人分组,低、中、高浓度接触组分别有4、8、7人。各组作业工人职业健康检查结果显示,肝功能谷丙转氨酶均正常,血常规检查结果亦无差异(表6)。

表6 各组工人血常规比较

Table 6 Comparison of routine blood examination results of different groups

组别 Group	样本量 n	红细胞($10^{12}/L$) Red blood cell	血红蛋白(g/L) Hemoglobin	血小板($10^9/L$) Platelet	白细胞($10^9/L$) White blood cell	中性粒细胞(%) Neutrophil	淋巴细胞(%) Lymphocyte
低浓度接触组 Low level exposure	4	4.43 $\pm$ 0.25	149.00 $\pm$ 6.05	179.25 $\pm$ 44.14	5.50 $\pm$ 0.36	63.93 $\pm$ 3.95	29.55 $\pm$ 4.27
中浓度接触组 Medium level exposure	7	4.55 $\pm$ 0.45	151.71 $\pm$ 13.72	186.86 $\pm$ 21.36	6.09 $\pm$ 1.46	62.51 $\pm$ 9.03	31.10 $\pm$ 9.13
高浓度接触组 High level exposure	8	4.71 $\pm$ 0.58	149.63 $\pm$ 14.14	190.50 $\pm$ 37.14	7.05 $\pm$ 0.45	64.96 $\pm$ 5.76	28.70 $\pm$ 5.75
F	—	0.501	0.074	0.148	1.742	0.233	0.221
P	—	0.615	0.929	0.864	0.207	0.795	0.804

3 讨论

目前,国外作业场所空气中DMAC接触限值均在36 mg/m³左右^[4-5]。我国现行DMAC职业接触限值PC-TWA为20 mg/m³,此标准较国外其他国家更为严格。在本次研究中,依据国家职业卫生标准,该企业作业岗位空气中DMAC浓度超标率达81.25%。国内有关DMAC职业卫生研究资料也显示,我国DMAC作业场所空气中DMAC浓度存在较多的超标现象。如在浙江省两家氨纶制造企业调查中,发现接触DMAC共计

468人,其中超20 mg/m³的作业岗位共涉及接触人员165名,达35.2%^[13];江苏某电子厂DMAC空气定点检测结果显示超标率高达85.7%^[14]。

用¹⁴C标记过的DMAC对大鼠进行灌胃处理后,检测其代谢物,发现尿中NMAC水平占总量的60%~70%,N-羟基-甲基乙酰胺占7%~10%,另有7%~10%是以乙酰胺和DMAC原形的形式存在的^[3]。NMAC是DMAC在体内的主要代谢产物。国内外一致公认尿中NMAC可以作为监测DMAC暴露的生物标

志,但对其在体内的代谢时间却存在争议。国内有研究发现,作业工人工作周末的班末尿NMAC水平与空气中DMAC浓度呈良好相关性,且长期接触DMAC劳动者每工作周第2天班末尿中NMAC水平最高^[15]。Namiyama等^[1]的研究结果显示,经皮肤、呼吸道吸收后,尿中NMAC半衰期分别为 (9.0 ± 1.4) h和 (5.6 ± 1.3) h,1周内随着DMAC暴露时间的累积,工人班末尿中NMAC水平并未出现明显增高。Princivalle等^[16]研究发现丙烯腈纤维生产工人班末尿中NMAC水平比班前明显升高,但第2天班前又有所下降,NMAC在体内的半衰期为9h,也提示班末尿中NMAC更适合作为DMAC职业接触的生物标志。

在本研究中,我们发现每日班末尿中NMAC水平均超过当天班前尿,但脱离接触12h后,第2天班前尿中NMAC水平明显低于前一天班末尿;工人连续5d职业接触DMAC,与连续接触2d和1d相比,班末尿中NMAC水平差异无统计学意义,与Namiyama^[1]、Princivalle^[16]等研究结论一致;班前尿中NMAC水平在连续接触5d、2d和1d之间也无差异。此外,比较新进员工(工龄<1年)和原在岗员工(工龄 ≥ 1 年)的班前尿NMAC水平,两组同样未呈现差异,均提示DMAC在职业接触情况下,不会在人体内蓄积。因此,在工作周内的任意一次班末尿NMAC测定均可用于DMAC暴露的生物监测。

通过对工龄、年龄、空气中DMAC浓度和工作班末尿中NMAC水平作多元回归分析,本研究发现工龄和年龄与尿中NMAC水平均不相关,空气中DMAC浓度和工作班末尿中NMAC水平呈正相关,回归方程为: $\lg \rho_{\text{NMAC}}(\text{mg/g}) = 0.303 + 0.677 \lg \omega_{\text{DMAC}}(\text{mg/m}^3)$ ($R^2 = 0.725$, $F = 63.18$, $P < 0.001$)。以DMAC职业接触限值 20 mg/m^3 推算,作业工人工作班末尿中NMAC水平大约为 15.27 mg/g 。目前,我国尚未发布职业接触DMAC生物限值标准,国内有研究以 20 mg/m^3 推算作业工人尿中NMAC水平为 18.92 mg/g ^[17]。在制定DMAC职业接触生物限值时,应综合考虑DMAC在人体内的吸收、代谢及排出情况,并依据我国现行DMAC职业接触限值,结合现场DMAC浓度、职业接触人群健康状况和生物样品采集便利性等因素,使得DMAC职业接触生物限值能够客观反映职业人群接触水平,为预防和控制DMAC的职业危害发挥积极作用。

在本次调查中,仅收集到了职业接触工龄1年以上的19名劳动者职业健康检查资料,根据DMAC接

触浓度进行分组,各组间肝功能及血指标均未有明显差异。这可能是由于DMAC对肝脏功能的影响主要集中在接触初期,随后机体通过代谢酶诱导等方式对DMAC产生一定程度的耐受^[18-19]。本次研究中劳动者健康检查资料主要来自企业当年的在岗职业健康检查资料,未能获取到劳动者早期职业健康检查资料,在今后研究中应加强对劳动者职业接触初期健康效应的观察,以使研究结果更具科学性。

(志谢:感谢在调查过程中给予大力支持的江苏省疾病预防控制中心叶明宪副主任医师、如东市疾病预防控制中心的陈淑林主任医师、冒明健医生)

参考文献

- [1] Namiyama T, Omace K, Ishizuka C, et al. Dermal absorption of N, N-dimethyl- acetamide in human volunteers[J]. Int Arch Occup Environ Health, 2000, 73(2): 121-126.
- [2] Borm PJ, Jong DL, Vliegen A. Environmental and biological monitoring of workers occupationally exposed to dimethylacetamide [J]. J Occupat Med, 1987, 29(11): 898-903.
- [3] Barnes JR, Ranta KE. The metabolism of dimethylformamide and dimethylacetamide[J]. Toxicol Appl Pharmacol, 1972, 23(2): 271-276.
- [4] American Conference of Governmental Industrial Hygienists (ACGIH). Threshold limit values for chemical substances and physical agents and biological exposure indices[EB/OL]. [2017-01-01]. <http://trove.nla.gov.au/work/170587837?q&versionId=185987941>.
- [5] Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG). List of MAK and BAT values 2009[EB/OL]. [2017-01-01]. <http://as.wiley.com/WileyCDA/WileyTitle/productCd-3527337385.html>.
- [6] Kennedy G L Jr, Pruett J W. Biological monitoring for dimethylacetamide: measurement for 4 consecutive weeks in a workplace[J]. J Occup Med, 1989, 31(1): 47-50.
- [7] 中华人民共和国卫生部. 工作场所有害因素职业接触限值 第1部分: 化学有害因素: GBZ 2.1—2007[S]. 北京: 人民卫生出版社, 2007.
- [8] 中华人民共和国卫生部. 职业卫生生物监测质量保证规范: GBZ/T 173—2006[S]. 北京: 人民卫生出版社, 2006.
- [9] 中华人民共和国卫生部. 尿中肌酐分光光度测定方法: WS/T 97—1996[S]. 北京: 中国标准出版社, 1997.
- [10] 中华人民共和国卫生部. 工作场所空气中有害物质监测的采样规范: GBZ 159—2004[S]. 北京: 人民卫生出版社,

2004.

- [11] Perbellini L, Princivale A, Caivano M, et al. Biological monitoring of occupational exposure to N, N-dimethylacetamide with identification of a new metabolite[J]. Occup Environ Med, 2003, 60(10): 746-751.
- [12] 中华人民共和国卫生部. 职业卫生标准制定指南 第5部: 生物材料中化学物质测定方法: GBZ/T 210.5—2008 [S]. 北京: 中国标准出版社, 2008.
- [13] 徐艳琼, 王建锋, 龚伟, 等. 二甲基乙酰胺对职业暴露人群肝肾损害性别差异性分析[J]. 职业与健康, 2010, 26(23): 2750-2751.
- [14] 郑步云, 王明龙, 孙扣红, 等. 一例疑似职业性二甲基乙酰胺中毒的调查分析[J]. 职业卫生与应急救援, 2010, 28(5): 259-260.
- [15] 钱亚玲, 徐承敏, 路艳艳, 等. 二甲基乙酰胺职业接触及与尿中甲基乙酰胺的关系[J]. 环境与职业医学, 2012, 29(7): 434-436, 440.
- [16] Princivale A, Pasini F, Perbellini L. S-(acetamidomethyl) mercapturic acid (AMMA): A new biomarker for occupational exposure to N, N-dimethylacetamide[J]. J Chromatogr B, 2010, 878(27): 2515-2519.
- [17] 钱亚玲, 徐承敏, 路艳艳, 等. 职业接触二甲基乙酰胺工人尿中甲基乙酰胺生物限值研究[J]. 中华劳动卫生职业病杂志, 2012, 30(9): 709-711.
- [18] Jung SJ, Lee CY, Kim SA, et al. Dimethylacetamide induced hepatic injuries among spandex fibre workers[J]. Clin Toxicol, 2007, 45(5): 435-439.
- [19] 刘妍, 徐艳琼, 朱宝立, 等. 职业暴露时间对二甲基乙酰胺作业人员肝功能的影响[J]. 职业与健康, 2017, 33(4): 551-553.

(收稿日期: 2017-05-05; 录用日期: 2017-08-21)

(英文编辑: 汪源; 编辑: 王晓宇; 校对: 王晓宇)

【告知栏】

2018年《环境与职业医学》重点选题征稿启事

为了提高稿件质量, 缩短发表时滞, 更好地为广大读者、作者服务, 《环境与职业医学》杂志现就2018年重点选题征稿。所有重点选题来稿, 经评审录用后均优先发表。

重点选题:

1. 气候变化与健康;
2. 环境危害因素对妇女儿童的健康影响;
3. 环境水污染与健康危害;
4. 低剂量化学性职业或环境危害因素暴露的健康危害;
5. 物理因素(噪声、视屏、作业负荷, 等)暴露的健康危害;
6. 职业人群心理健康现状、影响因素(遗传与环境)、干预方法;
7. 粉尘致肺纤维化、尘肺的作用机制、防治措施;
8. 职业安全与伤害;
9. 饮用水的安全性及其保障;
10. 微量元素的营养与安全。

投稿地址: <http://jeom.scdc.sh.cn:8081>。

请于稿件内注明: 2018重点选题-选题序号

欢迎投稿!