

上海市冬季雾霾期两校小学生肺功能变化分析

张莉君¹, 郭常义¹, 许慧慧¹, 许东², 沈先标³, 章敏华¹, 张江华¹, 杜向阳⁴, 东春阳¹, 钱海雷¹, 潘梅竹¹

摘要: [目的] 观察上海市冬季雾霾期大气污染状况及小学生肺功能的变化趋势。[方法] 在上海市中心城区和郊区各选择一所小学(A校和B校), 每所学校3~5年级各随机抽取一个班级学生为样本研究对象, 共182名, 于2013年12月测试其肺功能3次(每周1次, 连续3周); 另于次年6月测试第4次, 以作为对照。同时收集2013年12月和2014年6月, A、B两校就近的环境监测国控点大气细颗粒物(PM_{2.5})、可吸入颗粒物(PM₁₀)、二氧化硫(SO₂)和二氧化氮(NO₂) 4种污染物的监测数据。采用两样本 t 检验和 χ^2 检验比较组间差异, 以一般线性模型(GLM)中重复测量方差分析的方法分析肺功能变化趋势。[结果] 2013年12月两校所在监测点PM_{2.5}、PM₁₀和NO₂平均浓度均超过GB 3095—2012《环境空气质量标准》二级标准, 其中PM_{2.5}超标严重; 2014年6月4种污染物浓度已达到国家二级标准, 且明显低于2013年12月($P<0.01$)。所调查的182人中, 完成4次肺功能检查的有160人, 占87.91%。两校学生性别、年龄、身高、体重差异无统计学意义; A校第2次用力肺活量(FVC)和第3次的呼气流量峰值(PEF)高于B校($P<0.05$); 各肺功能指标均有随时间而变化的趋势($P<0.05$ 或 $P<0.01$), FVC值存在时间和学校中的交互作用($P<0.01$); FVC、第一秒用力呼气量(FEV1)、50%肺活量最大呼气流量(MEF_{50%})、25%肺活量最大呼气流量(MEF_{25%}) 4次检查结果均呈线性降低($P<0.01$); 两校边际均值轮廓图显示, FVC、FEV1、MEF_{50%}和MEF_{25%} 4次结果呈降低趋势, PEF、75%肺活量最大呼气流量(MEF_{75%})和用力呼气中段流量(FEF_{25%~75%})则前3次依次降低, 第4次回升; 经检验, 2013年12月各指标的边际轮廓均值与2014年6月明显不同($P<0.01$ 或 $P<0.05$)。[结论] 2013年12月冬季雾霾期上海市两监测点空气质量较差, 周边小学生肺功能大气道和小气道功能指标均逐渐降低, 雾霾期后仅部分指标回升, 个别指标仍未完全恢复。

关键词: 大气污染; 小学生; 肺功能; 重复测量

Variations of Lung Functions among School Children of Two Shanghai Primary Schools in Winter Haze Period ZHANG Li-jun¹, GUO Chang-yi¹, XU Hui-hui¹, XU Dong², SHEN Xian-biao³, ZHANG Min-hua¹, ZHANG Jiang-hua¹, DU Xiang-yang⁴, DONG Chun-yang¹, QIAN Hai-lei¹, PAN Mei-zhu¹ (1.Environmental Health Department, Shanghai Municipal Center for Disease Control and Prevention/Shanghai Institute for Prevention Medicine, Shanghai 200336, China; 2.Environmental and Occupational Health Department, Xuhui District Center for Disease Control and Prevention, Shanghai 200237, China; 3.Environmental Health Department, Baoshan District Center for Disease Control and Prevention, Shanghai 201901, China; 4.Environmental Health Department, Huangpu District Center for Disease Control and Prevention, Shanghai 200023, China). Address correspondence to XU Hui-hui, E-mail: xuhuihui@scdc.sh.cn · The authors declare they have no actual or potential competing financial interests.

Abstract: [Objective] To study air pollution and variations of lung functions among primary school children in haze period in winter in Shanghai. [Methods] A longitudinal survey of lung functions was conducted among 182 children cluster sampled in one class from each of grade 3-5 in two primary schools (A was located in downtown area and B was located in suburban area). Lung functions of the students were examined once a week for three times in December 2013 and once in June 2014 as control. Daily real-time monitoring data of fine particulate matter (PM_{2.5}), inhalable particulate matter (PM₁₀), sulfur dioxide (SO₂), and nitric dioxide (NO₂) in December 2013 and June 2014 at two national environmental monitoring spots close to the two schools were collected. Student's t test and chi-square test were used to analyse the difference between two groups. Variance analysis module for repeated measures of general linear model (GLM) was used to examine the trend of lung function indicators. [Results] The average PM_{2.5}, PM₁₀, and

DOI: 10.13213/j.cnki.jeom.2015.14622

[基金项目] 中美公共卫生人才培养项目·Fogarty基金(编号: TW005741-07); 上海市卫生和计划生育委员会面上项目(编号: 20134289, 20124377)

[作者简介] 张莉君(1979—), 女, 硕士, 主管医师; 研究方向: 空气污染与健康; E-mail: zhanglijun@scdc.sh.cn

[通信作者] 许慧慧, E-mail: xuhuihui@scdc.sh.cn

[作者单位] 1.上海市疾病预防控制中心/上海市预防医学研究院环境卫生科, 上海 200336; 2.徐汇区疾病预防控制中心环境职业卫生科, 上海 200237; 3.宝山区疾病预防控制中心环境卫生科, 上海 201901; 4.黄浦区疾病预防控制中心环境卫生科, 上海 200023

NO₂ concentrations in December 2013 exceeded the national air pollution level II stipulated by *China Air Quality Standards* (GB 3095-2012), especially PM_{2.5} which reached the severe pollution category. The four air pollutants' concentrations in June 2014 complied with the level II and were much lower than those in December 2013 ($P<0.01$). There were 160 out of 182 children (87.91%) completed four lung function examinations, and the gender, age, height, and weight between the children of two schools appeared no differences. The forced vital capacity (FVC) at the second time and the peak expiratory flow (PEF) at the third time of examination for school A were higher than those for school B ($P<0.05$). All lung function indicators showed a variation tendency over time ($P<0.05$ or $P<0.01$). An interaction effect between time and school was also observed on FVC ($P<0.01$). The variation of FVC, forced expiratory volume in one second (FEV1), maximal expiratory flow at 50% (MEF_{50%}), and maximal expiratory flow at 25% (MEF_{25%}) showed a descending trend over the four examinations ($P<0.01$). The marginal mean plots showed that FVC, FEV1, MEF_{50%}, and MEF_{25%} were reduced linearly over the four examinations; PEF, maximal expiratory flow at 75% (MEF_{75%}), and forced expiratory flow between 25% and 75% (FEF_{25%-75%}) went down in the first three examinations, but went upward in the fourth examination. The marginal means of lung function indicators in December 2013 were different significantly compared with the results of June 2014 ($P<0.05$ or $P<0.01$). [**Conclusion**] The air pollution around the two schools was serious in December 2013 compared with June 2014, and the children in the two schools experienced gradually reduced big and small airway functions. Some indicators rebounded after the haze period, but some indicators maintained at low levels.

Key Words: air pollution; primary school student; lung function; repeated measure

近几年,我国雾霾污染问题日趋严重,在京津冀、长三角等区域均发生过大范围复合型雾霾污染事件。在2013年12月的长三角区域,城市空气质量平均超标天数达81.6%,重度和严重污染达到34.6%,高于全国74个城市10.1%^[1],上海作为长三角中心城市,也面临严重的大气污染。儿童处于生长发育期,是对大气污染最为敏感的人群之一,对有一定的理解力和依从性较好的儿童(如小学生)开展肺功能检查,能较准确地反映大气污染对儿童呼吸系统的早期生理改变^[2-3]。国内外报道,大气污染物浓度升高会对儿童的肺功能造成不同程度的影响,Liu等^[4]调查结果显示我国重庆、辽宁、广东等地大气污染物中的总悬浮颗粒物(TSP)、二氧化硫(SO₂)及氮氧化物(NO_x)浓度均与儿童气道损伤有关;荷兰RAPTES项目发现二氧化氮(NO₂)及NO_x等大气污染物浓度变化与急性呼吸道炎症指标和肺功能减弱有关^[5]。为研究空气污染的急性健康损害,定群追踪研究(panel study)是当前常用环境流行病学研究方法,通过在不同时间对同一组研究对象连续多次调查,观察变量的时间变化特点及不同变量之间的因果关系,由于所需样本量小,可自身比较,并可借助多水平统计模型分析数据,可较为准确地把握研究对象暴露和健康结局的时间效应关系^[6-8]。本项目拟采用定群追踪设计,在2013年12月和2014年6月,对上海市中心城区和郊区两个小学生开展肺功能重复测定,并对测试结果和当时两校所在区域的大气质量进行报告,旨在了解本市冬季雾霾期大气污染和小学生肺功能变化状况。

1 对象与方法

1.1 对象

在上海市空气污染与疾病监测点分布的基础上,兼顾整群抽样的原则,在上海市中心城区和北部郊区内各选择一所小学(A校和B校),随机抽取两校3~5年级各一个班级的全部学生,共182名作为调查对象(排除哮喘等慢性呼吸道疾病的学生28名)。本研究获得上海市疾病预防控制中心伦理委员会批准,征得所有调查对象、家长或主要监护人同意,并填写知情同意书。

1.2 方法

1.2.1 大气污染资料收集 在线收集2013年12月和2014年6月上海市空气质量实时发布系统(<http://www.semc.gov.cn/aqi/home/Station.aspx>)公布的中心城区徐汇区上海师范大学(距A校约1 km)和北部郊区虹口凉城(距B校约4.7 km)监测点的主要大气污染物实时浓度,指标包括细颗粒物(PM_{2.5})、可吸入颗粒物(PM₁₀)、SO₂和NO₂的1 h平均浓度,计算日均浓度。

1.2.2 肺功能测定 采用自动便携式肺功能检测仪(Pony FX,意大利Cosmed公司)分别于2013年12月10—12、16—19日、23—25日(雾霾期)测定调查对象肺功能,2014年6月4—5日(非雾霾期)重复测定1次。指标包括用力肺活量(FVC)、第一秒用力呼气量(FEV1)、呼气流量峰值(PEF)、用力呼气中段流量(FEF_{25%-75%})、25%肺活量最大呼气流量(MEF_{25%})、50%肺活量最大呼气流量(MEF_{50%})、75%肺活量最大呼气流量(MEF_{75%}),每次测量时记录儿童患病及症状

发生情况。

1.2.3 质量控制 为保证肺功能检测的准确性,聘请2名专业临床肺功能检测医生完成全部检查;使用固定型号仪器进行检查,使用前检查其稳定性;测量时,受试者取立位,带好鼻夹,按医生指示完成吸气和呼气,仪器当场出具检测数据,如检测结果不理想,则重复测量直到最佳结果。

1.3 统计学分析

以EpiData 3.1建立数据库,SPSS 18.0统计分析。数据呈正态分布者,用均数、标准差、最大值和最小值描述,两样本*t*检验和 χ^2 检验比较组间差异,一般线性模型中重复测量方差分析的方法分析不同时间肺功能变化趋势和各指标边际均值差异,检验水准 $\alpha=0.05$ 。肺功能各指标实测值由仪器出具,预测值由仪器根据性别及每次的身高和体重计算得出,为排除性别、身高、体重和生长发育的混杂^[9],除FEF_{25%~75%}分析实测值外,其余指标均分析实测值占预计值的比值。

2 结果

2.1 大气污染物浓度

2013年12月A、B两校所在监测点PM_{2.5}、PM₁₀和NO₂月均浓度均超过国家GB 3095—2012《环境空气质量标准》二级标准^[10]。其中PM_{2.5}两监测点分别超标23 d和22 d,最大日均浓度分别达502.20 μg/m³和492.45 μg/m³,最大超标倍数为5.70和5.57倍;PM₁₀两监测点均超标13 d,最大日均浓度分别达545.10 μg/m³和552.00 μg/m³,最大超标倍数为2.63和2.68倍;NO₂两监测点均超标18 d,最大日均浓度分别达到149.55 μg/m³和148.10 μg/m³,最大超标倍数为0.93和0.91倍;SO₂两监测点均未超标;两监测点间该月4种污染物浓度差异均无统计学意义。2014年6月,4种污染物月均浓度均符合国家二级标准,且明显低于2013年12月($P<0.01$),但PM_{2.5}仍有2 d的日均浓度超过国家二级标准,两校监测点该月PM_{2.5}最大日均浓度为100.90 μg/m³和92.64 μg/m³,最大超标倍数为0.35倍,两监测点间该月4种污染物浓度差异也均无统计学意义。见表1。

表1 两校附近上海市环境监测国控点大气主要污染物浓度

Table 1 PM_{2.5}, PM₁₀, SO₂, and NO₂ concentrations at two national air monitoring spots close to school A and B

时间 Time	大气污染物 Air pollutant	监测点 Spot	样本量 <i>n</i>	均值(μg/m ³) $\bar{x} \pm s$	最小值(μg/m ³) Min	最大值(μg/m ³) Max	超标天数(d) Days of over-standard	最大超标倍数 Max multiples of over-standard
2013年12月 December 2013	PM _{2.5}	A	31	131.61 ± 94.56*	13.25	502.20	23	5.70
		B	31	124.87 ± 94.11*	10.45	492.45	22	5.57
	PM ₁₀	A	31	153.70 ± 101.50*	16.20	545.10	13	2.63
		B	31	157.16 ± 105.82*	13.05	552.00	13	2.68
	SO ₂	A	31	46.96 ± 24.69*	6.60	111.00	0	-0.26
		B	31	44.59 ± 22.90*	8.40	85.35	0	-0.43
	NO ₂	A	31	86.76 ± 27.96*	38.75	149.55	18	0.93
		B	31	86.60 ± 30.17*	35.60	148.10	18	0.91
2014年6月 ^a June 2014	PM _{2.5}	A	28	44.90 ± 20.52	14.43	100.90	2	0.35
		B	28	40.20 ± 20.62	10.66	92.64	2	0.24
	PM ₁₀	A	28	55.13 ± 26.29	19.86	139.92	0	-0.07
		B	28	53.74 ± 28.08	16.72	131.88	0	-0.12
	SO ₂	A	28	12.73 ± 4.80	7.09	25.18	0	-0.83
		B	28	12.58 ± 4.73	6.21	25.10	0	-0.83
	NO ₂	A	28	41.38 ± 8.97	26.69	56.20	0	-0.29
		B	28	36.31 ± 10.73	19.17	58.22	0	-0.27

[注]*: 与2014年6月同一监测点、同一污染物比较,经两样本*t*检验, $P<0.01$; a: 2014年6月28、29日数据缺失。
[Note]*: Compared with the same air pollutant in the same monitoring spot in June 2014, using student *t* test. a: Data on June 28 and 29, 2014 are not available.

2.2 学生状况

2.2.1 一般状况 共调查学生182人。其中A校94人(男性42人,女性52人),B校88人(男性47人,女性41人)($\chi^2=1.386$, $P=0.239$);A校学生平均年龄(9.17 ± 0.97)岁,B校为(9.26 ± 0.96)岁($t=-0.636$, $P=0.526$)。A、B两校学生身高分别为(139.73 ± 8.40)cm

和(140.65 ± 9.15)cm($t=-0.702$, $P=0.483$),体重分别为(35.54 ± 9.63)kg和(38.50 ± 11.62)kg($t=-1.874$, $P=0.063$)。两校学生性别、年龄、身高和体重差异均无统计学意义。两校完成1~4次肺功能检查的学生分别为180人(98.90%)、177人(97.25%)、171人(93.95%)和179人(98.35%),完成全部4次检查的学

生 160 人(87.91%)。

2.2.2 肺功能结果 表 2 描述了 2013 年 12 月开展的 3 次和 2014 年 6 月开展的第 4 次学生肺功能测试结果。比较单次测量结果, 仅第 2 次 FVC 和第 3 次的 PEF, A 校高于 B 校($P<0.05$)。

2.3 重复测量方差分析

2.3.1 时间、学校因素及交互作用分析 调查对象间变异分析显示, 两校学生各肺功能指标总体差异无统计学意义。调查对象内变异分析显示, 两校学生各肺功能指标呈随时间变化趋势($P<0.05$ 或 $P<0.01$); 各指标中, 仅 FVC 存在时间和学校的交互作用($P<0.01$); 线性检验显示, FVC、FEV1、MEF_{50%} 和 MEF_{25%} 呈线性变化($P<0.01$), 其中 FVC 的线性趋势存在时间和学校的交互效应($P<0.01$)。见表 3。

表 2 两校调查学生不同时间肺功能监测结果
Table 2 Lung functions of students in two schools over four examinations

指标 Indicator	学校 School	2013 年 12 月(December 2013)						2014 年 6 月(June 2014)	
		第 1 次(First)		第 2 次(Second)		第 3 次(Third)		第 4 次(Fourth)	
		样本数(Number)	$\bar{x} \pm s$	样本数(Number)	$\bar{x} \pm s$	样本数(Number)	$\bar{x} \pm s$	样本数(Number)	$\bar{x} \pm s$
FVC(%)	A	93	85.69 ± 9.09	92	86.78 ± 8.20*	88	86.28 ± 8.58	93	83.64 ± 9.01
	B	87	87.98 ± 9.86	85	83.88 ± 9.69	83	84.88 ± 8.42	86	82.50 ± 8.37
FEV1(%)	A	93	83.28 ± 8.87	92	83.41 ± 9.51	88	82.08 ± 9.75	92	80.30 ± 10.41
	B	87	85.11 ± 10.83	85	82.99 ± 10.31	83	81.69 ± 10.12	86	80.72 ± 10.32
PEF(%)	A	93	85.31 ± 15.10	92	84.85 ± 18.12	88	85.16 ± 17.91*	93	87.29 ± 18.39
	B	87	85.31 ± 14.81	85	85.59 ± 17.51	83	79.93 ± 15.87	86	85.81 ± 13.84
MEF _{75%} (%)	A	93	82.27 ± 14.54	92	81.54 ± 18.20	88	80.56 ± 17.40	93	82.21 ± 17.94
	B	87	82.55 ± 15.65	85	81.99 ± 18.03	83	77.43 ± 16.29	86	80.76 ± 13.69
MEF _{50%} (%)	A	93	76.33 ± 15.44	92	76.28 ± 18.22	88	73.32 ± 17.46	93	73.12 ± 17.97
	B	87	78.80 ± 18.23	85	77.04 ± 18.24	83	73.34 ± 15.31	86	74.22 ± 16.37
MEF _{25%} (%)	A	93	68.34 ± 17.02	92	70.42 ± 19.75	88	68.41 ± 19.77	93	66.37 ± 19.98
	B	87	70.57 ± 17.52	85	72.42 ± 15.38	83	67.80 ± 17.75	86	66.20 ± 16.95
FEF _{25%~75%} (L/s)	A	93	2.01 ± 0.55	92	2.00 ± 0.57	88	1.94 ± 0.58	93	2.04 ± 0.61
	B	87	2.06 ± 0.49	85	2.07 ± 0.45	83	1.93 ± 0.47	86	2.12 ± 0.49

[注]*: 与 B 学校相比, 采用独立样本 t 检验, $P<0.05$ 。
[Note]*: Compared with school B, using student t test, $P<0.05$.

表 3 调查对象各肺功能指标间变异分析结果
Table 3 Results of variance analysis on between- and within-subjects effects

分类 Classification	检验方法 Test	变异来源 Source	自由度 ν	统计量 Statistics	FVC	FEV1	PEF	MEF _{75%}	MEF _{50%} ^a	MEF _{25%}	FEF _{25%~75%}
调查对象间 Test of between-subject effects	效应检验 Test of effects	学校 School	1	F P	0.371 0.543	0.209 0.648	0.276 0.600	0.032 0.859	0.431 0.512	0.143 0.706	0.207 0.650
调查对象内 Test of within-subject effects	效应检验 Test of effects	时间 Time	3	F P	23.641 <0.001	15.102 <0.001	3.120 0.026	3.303 0.020	9.071 <0.001	8.340 <0.001	9.810 <0.001
		时间 × 学校 Time × school	3	F P	8.532 <0.001	1.901 0.129	1.826 0.142	0.862 0.461	0.355 0.772	0.834 0.476	1.002 0.392
		线性检验 Linear test	1	F P	50.072 <0.001	42.951 <0.001	0.193 0.661	3.674 0.057	29.197 <0.001	19.520 <0.001	0.280 0.597
		时间 × 学校 Time × school	1	F P	7.244 0.008	2.105 0.149	1.114 0.293	1.033 0.311	0.190 0.664	1.561 0.213	0.023 0.879

[注]a: MEF_{50%} 不满足球形(*Mauchly*' W)假设($P<0.01$), 选用 Greenhouse-Geisser 方法校正结果和自由度, 该指标调查对象内效应检验校正自由度为 2.815。
[Note] a: MEF_{50%} does not satisfy *Mauchly*' W assumptions($P<0.01$), thus degree of freedom(DOF) and results need to be adjusted according to Greenhouse-Geisser, and the adjusted DOF is 2.815.

2.3.2 各肺功能指标的边际均值轮廓图 2013 年 12 月(1~3 次) 及 2014 年 6 月(第 4 次) 两校各肺功能指标的边际均值轮廓图显示: FVC、FEV1、MEF_{50%} 和 MEF_{25%} 4 次结果呈降低趋势; PEF、MEF_{75%} 和 FEF_{25%~75%} 表现为前 3 次依次降低, 第 4 次回升。统计检验显示, FVC、FEV1 第 4 次监测结果明显低于前 3

次($P<0.01$)。MEF_{50%}和MEF_{25%}第4次明显低于前2次($P<0.01$),但PEF、MEF_{75%}和FEF_{25%~75%}的第4次结果明显高于第3次($P<0.05$)。见图1。

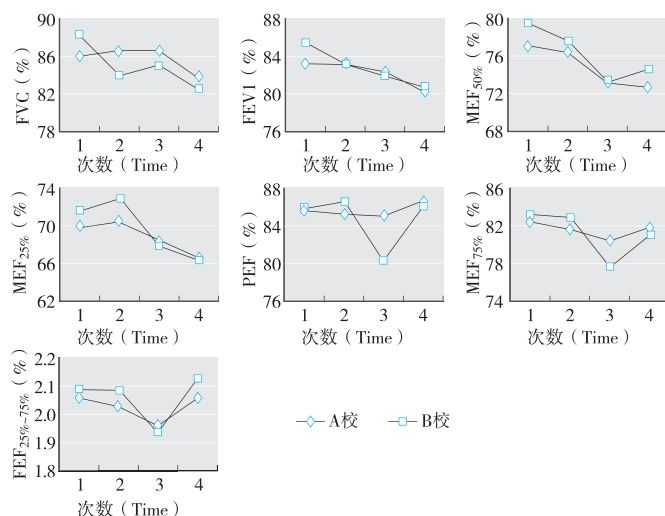


图1 两校调查学生2013年12月(1~3次)及2014年6月(第4次)各肺功能指标边际均值轮廓图

Figure 1 Estimated marginal mean plots of lung functions of students in two schools in December 2013 (first to third examinations) and June 2014 (fourth examination)

3 讨论

作为长三角中心城市,上海冬季雾霾期大气污染非常严重。本研究收集的数据显示,2013年12月两监测点PM_{2.5}、PM₁₀和NO₂月均浓度均超过国家二级标准,其中PM_{2.5}超标天数达23 d,占全月74.2%,最大日均浓度达502.20 μg/m³,最大超标倍数达5.70倍,说明在此雾霾污染期,上海空气质量非常恶劣。相比而言,2014年6月4种大气污染物浓度已符合国家二级标准,但PM_{2.5}仍存在个别超标的现象。

小气道和大气道功能是常规肺功能检查的主要指标,MEF_{75%}、MEF_{50%}、MEF_{25%}和FEF_{25%~75%}等是小气道早期病变的敏感指标^[11],FVC、FEV1、FEV1/FVC是反应大气道功能的指标,它们的下降常见于限制性通气障碍和阻塞性通气障碍,并与哮喘等呼吸道疾病的进展密切相关。本项目重复测量了2013年12月和2014年6月上海市小学生肺功能变化状况。结果显示,两校学生第2次FVC和第3次的PEF的测试结果不同;比较4次结果的变化趋势,仅FVC变化趋势因学校不同而呈现差异,其余肺功能指标两校均无差异。由于两校儿童性别、年龄、身高和体重差异均无统计学意义,且本研究已排除患有哮喘等慢性呼吸道疾病的儿童,所以个别指标的差异可能与当时的大气

质量、气象条件、儿童的日常活动及是否采取防护措施等有关。从本研究各条件肺功能指标的时间变化趋势看,7项指标都有随时间改变的趋势($P<0.01$),说明雾霾期小学生的大气道和小气道功能均有改变;线性检验显示FVC、FEV1、MEF_{50%}和MEF_{25%}指标呈线性改变($P<0.01$),提示从2013年12月至2014年6月,这4项肺功能指标没有正常修复,可能是环境中依然存在影响儿童肺功能的因素或机体气道的修复时间尚未结束;两校学生各肺功能指标的边际均值轮廓图显示,2013年12月学生肺功能与2014年6月相比有明显损伤,表现为FVC、FEV1、MEF_{50%}和MEF_{25%}持续降低,该结果与线性检验结果一致,但PEF、MEF_{75%}和FEF_{25%~75%}2014年6月有回升,表明2013年12月雾霾期正常儿童的肺功能大气道和小气道功能均有下降,次年非雾霾期时仅部分指标回升,个别指标仍在降低。据郑劲平^[12]报道,FVC和FEV1的正常范围为预计值 $\pm 20\%$,PEF的为预计值 $\pm 25\%$,FEF_{25%~75%},MEF_{50%},MEF_{75%}为预计值 $\pm 35\%$ 。由于MEF值是气道改变的敏感指标,且早期呈可逆状态,所以FEV1、FEV1/FVC和气道阻力正常者,其MEF各值可低于正常^[13]。本结果显示两校学生FVC和FEV1的实测值与预计值比值均在正常范围(超过80%),各别时间的PEF、MEF_{75%}、MEF_{50%}略低于以上标准,故当前结果仅说明雾霾期儿童肺功能状况有改变,但仍在正常范围内。

李娇元等^[14]报道冬季高浓度的PM_{2.5}暴露可导致大学生PEF的下降,且存在滞后效应;Delfino等^[15]发现个体或室外暴露PM_{2.5}和NO₂浓度的增加与哮喘儿童FEV1的下降明显相关,Liu等^[16]对加拿大哮喘儿童的调查显示,SO₂、NO₂和PM_{2.5}均与儿童FEV1和FEF_{25%~75%}的降低明显相关;中国台湾Chen等^[17]近期的调查也显示,儿童暴露于PM_{2.5}和O₃会导致肺功能下降。2013年12月份上海出现了极为罕见的大气污染,且重度以上污染持续时间较长,而本次调查的前3次检查均在该时期完成,提示大气污染可能是小学生肺功能降低的因素之一,但二者关联还需结合气象、个体差异等综合分析。2013年12月以后,上海市空气质量逐渐转好,这时的小学生经过半年的生长发育和自身修复后,部分肺功能指标会回升,如本研究中体现的PEF、MEF_{75%}和FEF_{25%~75%}指标的回升。但值得关注的是,FVC、FEV1、MEF_{50%}和MEF_{25%}在非雾霾期并未完全恢复,并仍呈下降趋势,推测可能与外

源的环境污染或机体修复时间不足有关。由于患有哮喘等慢性呼吸道疾病的儿童对大气等环境因素更为敏感,所以肺功能变化趋势可能与本研究结果有不同,但就本研究反映的正常儿童肺功能持续降低的问题,可以开展队列追踪进行深入研究。世界卫生组织《空气质量准则》^[18]认为目前尚未确定颗粒物的阈值,且个体暴露水平和特定暴露水平下的健康效应存在差异,因此任何标准或准则值都不可能完全保护每个个体的健康不受颗粒物危害。我国的环境空气质量标准较宽松,较世界卫生组织的理想标准($10\mu\text{g}/\text{m}^3$)及美国、欧盟的标准相距甚远,且各国标准也需根据国情不断修订,所以不能认为空气质量浓度一时达标就完全安全。

综上,2013年12月上海市两监测点空气质量恶劣期间,监测点附近正常小学生肺功能呈降低趋势,表现为大气道和小气道功能均降低;雾霾期过后,部分指标有回升,但个别指标仍持续下降。综合当时大气环境和国内外文献报道,提示空气污染可能是引起儿童肺功能短期降低的重要因素,建议今后开展更深入的定群追踪研究或队列研究,结合大气质量、气象条件、生长发育、饮食营养等因素综合分析,明确我国大气污染对儿童呼吸道影响的暴露反应关系,为开展儿童等敏感人群健康预警提供基础。

[志谢:本文在上海现场流行病学培训项目(SFETP)第三期培训期间完成,衷心感谢培训班各位老师和同学的指导和帮助;衷心感谢上海市疾病预防控制中心虞慧婷统计师在数据分析中给予的指导和建议]

·作者声明本文无实际或潜在的利益冲突。

参考文献

- [1] 2013年12月京津冀、长三角、珠三角区域及直辖市、省会城市和计划单列市空气质量报告.中国环境监测总站网站[EB/OL].[2014-08-01]. http://www.cnemc.cn/publish/totalWebSite/news/news_39863.html.
- [2] Kim HY, Shin YH, Han MY. Determinants of sensitization to allergen in infants and young children[J]. Korean J Pediatr, 2014, 57(5): 205-210.
- [3] 林静,岳飞宇.运用多样化指导方式提高儿童肺功能检查的依从性[J].现代预防医学,2014(19): 3520-3521.
- [4] Liu L, Zhang J. Ambient air pollution and children's lung function in China[J]. Environ Int, 2009, 35(1): 178-186.
- [5] Strak M1, Janssen NA, Godri KJ, et al. Respiratory health effects of airborne particulate matter: the role of particle size, composition, and oxidative potential-the RAPTES project[J]. Environ Health Perspect, 2012, 120(8): 1183-1189.
- [6] Suh HH, Zanobetti A. Exposure error masks the relationship between traffic-related air pollution and heart rate variability (HRV)[J]. J Occup Environ Med, 2010, 52(7): 685-692.
- [7] 魏明,陈静,邵明义,等.重复测量法在胃炎颗粒治疗慢性浅表性胃炎疗效评价中的应用分析[J].中药新药与临床药理,2013,24(3): 323-325.
- [8] 董英,赵耐青.重复测量资料方差分析中主效应意义的探讨[J].复旦学报:医学版,2005,32(6): 682-686.
- [9] 许明佳,程薇,黑亚航,等.上海市某郊区学校儿童肺功能测定结果分析[J].环境与职业医学,2013,30(1): 43-45.
- [10] 国家环境保护局.GB 3095—2012 环境空气质量标准[S].北京:中国环境科学出版社,2012.
- [11] 曹菊英,杨希晨,刘桂华,等.支气管哮喘儿童肺功能检测与评价[J].临床肺科杂志,2011,16(11): 1703-1704.
- [12] 郑劲平.肺功能测定临床应用[J].继续医学教育,2006,20(2): 67-71.
- [13] 周明娟,郑劲平.肺功能检查临床实用方法指标及含义[J].中国实用内科杂志,2012,32(8): 575-577, 580.
- [14] 李娇元,马露,刘立志,等.武汉市秋冬季空气颗粒物暴露对大学生肺功能的短期影响[J].中华预防医学杂志,2013,47(2): 155-159.
- [15] Delfino RJ, Staimer N, Tjoa T, et al. Personal and ambient air pollution exposures and lung function decrements in children with asthma[J]. Environ Health Perspect, 2008, 116(4): 550-558.
- [16] Liu L, Poon R, Chen L, et al. Acute effects of air pollution on pulmonary function, airway inflammation, and oxidative stress in asthmatic children[J]. Environ Health Perspect, 2009, 117(4): 668-674.
- [17] Chen CH, Chan CC, Chen BY, et al. Effects of particulate air pollution and ozone on lung function in non-asthmatic children[J]. Environ Res, 2015, 137: 40-48.
- [18] 世界卫生组织关于颗粒物、臭氧、二氧化氮和二氧化硫的空气质量准则[EB/OL].[2014-09-17]. http://www.who.int/publications/list/who_sde_phe_oeh_06_02/zh/.

(收稿日期:2014-09-17)

(英文编辑:汪源;编辑:洪琪;校对:王晓宇)