

大气细颗粒物污染对小学生肺功能的影响

张欣烨,彭靖,闫晓娜,王永星,杨似玉,张杰

河南省疾病预防控制中心环境卫生科,郑州 450016

【摘要】 目的 研究郑州市冬季供暖前后大气细颗粒物污染对小学生肺功能的影响,为小学生呼吸健康提供科学依据。

方法 于 2016—2018 年,在郑州市分别选取 PM_{2.5} 污染较轻和污染较重的 A、B 两个地区作为监测点,并在设置的监测点 1 km 范围内各选取 1 所小学,采用随机整群抽样的方法抽取 2 所小学三至五年级的小学生作为研究对象,并于冬季供暖前后各进行一次肺功能检测,同时收集检测当天及前 1 个月 PM_{2.5} 的日监测质量浓度。**结果** 2016—2018 年,A、B 两个地区 PM_{2.5} 日均质量浓度分别为 74, 92 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, 超标天数分别为 97, 126 d。2016—2018 年,男生第 1 次检测的用力肺活量(FVC)、1 s 用力呼气量(FEV1.0)指标均高于第 2 次(P 值均<0.05);除 2016 年外,女生第 1 次检测的 FVC、FEV1.0 指标也均高于第 2 次(P 值均<0.05)。多元线性回归分析显示,按照性别进行分层,PM_{2.5} 与男生和女生肺功能 FEV1.0、呼气峰值流速(PEF)、用力呼气 25% 的肺活量(FEF25)、用力呼气 75% 的肺活量(FEF75)指标均呈负相关(B 值分别为 -0.13~-0.07, -0.13~-0.08, P 值均<0.05)。**结论** 郑州市冬季供暖前后大气细颗粒物污染会对小学生肺功能造成不同影响。需加强对小学生冬季呼吸健康防护,保护小学生健康成长。

【关键词】 颗粒物;空气污染;肺;学生;环境监测

【中图分类号】 R 179 **【文献标识码】** A **【文章编号】** 1000-9817(2021)01-0135-04

Effects of atmospheric fine particulate pollution on the lung function of primary school students/ZHANG Xinye, PENG Jing, YAN Xiaona, WANG Yongxing, YANG Siyu, ZHANG Jie. Department of Environmental Sanitation, Henan Center for Disease Control and Prevention, Zhengzhou (450016), China

【Abstract】 Objective To study the effects of atmospheric fine particulate pollution on the lung function of primary school students before and after heating during the winter in Zhengzhou. **Methods** In Zhengzhou, two areas with low and high level of PM_{2.5} pollution(A and B), were selected as monitoring points from 2016 to 2018. Each monitoring station selected one elementary school within around 1 km and used a cluster random sampling method to extract students from grades 3 to 5 as the research subjects. Lung function tests were conducted before and after heating in winter, and mass concentration of PM_{2.5} were recorded daily and compared to those recorded one month prior. **Results** The average daily mass concentration of PM_{2.5} were 74 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ and 92 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ in the light pollution monitoring points A and the heavy pollution monitoring points B, which exceeded the standard for 97 and 126 days, respectively. The FVC and FEV1.0 indexes for the first test of male students before heating were higher than those for the second test from 2016–2018 (P <0.05). Except in 2016, the FVC and FEV1.0 indexes for the first test of female students were also higher than those for the second test (P <0.05). After stratified by sex, multivariate linear regression showed that PM_{2.5} was associated with lung function as measured by the FEV1.0, PEF, FEF25 and FEF75 values of the students were negatively correlated (B =-0.13~-0.07, -0.13~-0.08, P <0.05). **Conclusion** Fine particulate air pollution before and after heating during the winter in Zhengzhou had different effects on the lung function of primary school students. Therefore, it is necessary to strengthen the respiratory health protection of primary school students in winter to protect their health.

【Keywords】 Particulate matter; Air pollution; Lung; Students; Environmental monitoring

大气颗粒物(PM)因其毒性和广泛存在于人类环境中,是我国城市空气的主要污染源,尤其是近年来我国冬季雾霾天气频发,空气质量指数(AQI)居高不下,大气污染带来的危害已引起公众的密切关注^[1-5]。

PM 指空气动力学直径为 10 μm 的颗粒物或 2.5 μm 的细颗粒物,这些颗粒物主要来源于固体燃料的燃烧或大气其他组分的转化^[6]。研究表明,PM_{2.5} 粒径小、表面积大、活性强,更易吸附有毒有害物质,通过呼吸沉积在肺泡中,会对人体的呼吸系统和肺功能造成严重损害^[7]。小学生正处于生长发育关键期,其呼吸频率更高、气道较窄,肺部和免疫系统尚未发育完全,空气中的 PM_{2.5} 污染物会增加小学生呼吸道系统患病风

【作者简介】 张欣烨(1987-),女,河北蔚县人,硕士,主管技师,主要从事环境卫生工作。

DOI: 10.16835/j.cnki.1000-9817.2021.01.033

险，并对肺功能产生一定影响。近年来，国内开展了一些关于大气污染对小学生肺功能的影响研究^[8-9]。本研究分别选取郑州市 2 个监测点的 1 所小学中三至五年级的小学生为研究对象，于 2016—2018 年每年的 11 和 12 月（供暖前后）各进行 1 次肺功能测试，结合 PM_{2.5} 污染状况，分析郑州市大气细颗粒物污染对小学生肺功能的影响，为小学生呼吸健康提供科学依据。

1 对象与方法

1.1 对象 2016—2018 年，在郑州市选取 PM_{2.5} 污染较轻和污染较重的 A、B 两个地区作为监测点，每个监测点 1 km 范围内各选择 1 所小学，采用随机整群抽样的方法，抽取 2 所小学内三至五年级的小学生作为研究对象，每个年级抽取 2 个班，每个班 100 人左右，要求男女生基本各半，共计 1 096 名（3 年分别为 344, 376, 376 名）。

1.2 肺功能测定 肺功能测定采用 CHEST HI-801 型肺功能仪，于每年 11 月 10 日左右和 12 月 15 日左右对同一批进行 2 次肺功能检测。检测指标包括用力肺活量（FVC）、1 s 用力呼气量（FEV1.0）、呼气峰值流速（PEF）、用力呼气 25% 的肺活量（FEF25）、用力呼气 75% 的肺活量（FEF75），同时测量受检者的身高、体重并记录其年龄、性别。

1.3 大气细颗粒物 PM_{2.5} 资料收集 2016—2018 年郑州市 A、B 两区的大气细颗粒物 PM_{2.5} 日监测质量浓度数据来源于郑州市环境监测中心公布的数据，包括肺功能检测当日及前 1 个月的 PM_{2.5} 日均浓度。PM_{2.5} 超标限值参照国家 GB 3095—2012《环境空气质量标准》二级标准^[10]（75 μg/m³）。

1.4 统计分析 采用 EpiData 3.1 进行数据录入，利用 Excel 建立数据库，SPSS 19.0 软件对数据进行统计

分析。用 *t* 检验比较前后 2 次肺功能测定当日及前 1 个月的 PM_{2.5} 日均质量浓度，使用配对 *t* 检验比较前后 2 次小学生肺功能数据。运用多元线性回归分析控制年龄、身高、体重等变量，考察大气中 PM_{2.5} 对 FVC、FEV1.0、PEF、FEF25、FEF75 的影响。检验水准 $\alpha = 0.05$ 。

2 结果

2.1 PM_{2.5} 污染状况 2016—2018 年，A、B 两个地区 PM_{2.5} 日均质量浓度分别为 74, 92 μg/m³，超标天数分别为 97, 126 d。对于同一地区，2016 和 2018 年，第 2 次检测前 1 个月的 PM_{2.5} 日均质量浓度均高于第 1 次检测前 1 个月的日均质量浓度，差异均有统计学意义（*P* 值均 <0.05），2017 年 2 次检测结果之间差异均无统计学意义。见表 1。

2.2 肺功能测定结果

2.2.1 不同监测点小学生肺功能比较 由表 2 可见，2017 和 2018 年，不论男生、女生，污染较轻区（A 区）小学生的 5 项肺功能指标均高于污染较重区（B 区）（*P* 值均 <0.05）。2016 年，两地区间男、女生肺功能指标差异均无统计学意义（*P* 值均 >0.05）。

表 1 郑州市 2016—2018 年两地区 PM_{2.5} 污染状况
两次测量结果间比较/(μg · m⁻³)

Table 1 PM_{2.5} pollution in Zhengzhou (A and B)
from 2016 to 2018/(μg · m⁻³)

年份	测量	A 区				B 区			
		次数	$\bar{x} \pm s$	范围	<i>t</i> 值	<i>P</i> 值	次数	$\bar{x} \pm s$	范围
2016	1	55±24	22~109	-5.89	<0.01	59±25	29~118	-4.57	<0.01
		135±72	32~378			149±107	37~583		
2017	1	61±30	13~151	-1.98	0.06	75±37	16~174	-1.43	0.16
		84±59	17~253			91±50	22~224		
2018	1	61±23	20~102	-4.21	<0.01	62±27	14~124	-4.23	<0.01
		112±62	34~265			119±70	21~283		

表 2 郑州市 2016—2018 年两监测点小学生肺功能比较($\bar{x} \pm s$)

Table 2 Comparison of pulmonary function between A and B in Zhengzhou from 2016 to 2018($\bar{x} \pm s$)

年份	地区	统计值	男生						女生					
			人数	FVC/L	FEV1.0/L	PEF /(L · s ⁻¹)	FEF25 /(L · s ⁻¹)	FEF75 /(L · s ⁻¹)	人数	FVC/L	FEV1.0/L	PEF /(L · s ⁻¹)	FEF25 /(L · s ⁻¹)	FEF75 /(L · s ⁻¹)
2016	A 区	73	1.92±0.43	1.81±0.41	2.96±1.11	2.88±1.09	1.42±0.44	78	1.97±0.46	1.78±0.42	2.83±1.00	2.69±1.00	1.45±0.52	
		107	2.01±0.38	1.82±0.34	2.98±0.93	2.82±0.99	1.53±0.38	86	2.00±0.53	1.83±0.46	3.08±0.96	2.90±0.92	1.58±0.53	
	B 区	<i>t</i> 值	-0.70	-0.20	-0.40	0.30	1.70		-0.50	-0.70	-1.60	-1.40	-1.60	
		<i>P</i> 值	0.51	0.82	0.70	0.77	0.10		0.59	0.48	0.10	0.17	0.12	
2017	A 区	92	2.09±0.42	1.89±0.36	3.56±0.87	3.36±0.87	1.41±0.43	70	2.14±0.43	1.93±0.36	3.58±0.86	3.42±0.87	1.38±0.42	
		114	1.91±0.47	1.77±0.42	3.07±1.05	2.88±1.06	1.37±0.51	100	1.89±0.52	1.78±0.43	3.23±1.09	3.03±1.14	1.35±0.51	
	B 区	<i>t</i> 值	2.80	2.10	3.60	3.50	2.40		3.40	2.50	2.20	2.40	3.50	
		<i>P</i> 值	0.01	0.03	0.00	0.00	0.02		0.00	0.02	0.03	0.02	0.00	
2018	A 区	92	2.17±0.56	2.08±0.53	3.38±0.96	3.85±1.10	1.92±0.53	79	2.16±0.58	2.14±0.53	3.43±0.92	3.62±1.12	1.87±0.47	
		100	2.02±0.48	1.74±0.33	2.98±0.73	3.04±0.99	1.47±0.33	105	1.96±0.54	1.76±0.30	3.19±0.66	3.08±0.97	1.39±0.36	
	B 区	<i>t</i> 值	2.00	5.40	3.30	5.40	7.30		2.30	5.90	1.90	3.30	7.50	
		<i>P</i> 值	0.04	0.00	0.00	0.00	0.00		0.02	0.00	0.04	0.00	0.00	

注：FVC 为用力肺活量；FV1.0 为 1 s 用力呼气量；PEF 为呼气峰值流速；FEF25 为用力呼出 25% 肺活量的呼气流速；FEF75 为用力呼出 75% 肺活量的呼气流速。

2.2.2 前后 2 次测定小学生肺功能比较 2016 年,男性的 FVC、FEV1.0、PEF、FEF25 指标第 1 次测定结果均高于第 2 次(P 值均 <0.05), FEF75 前后 2 次差异无统计学意义;女生的肺功能指标 2 次测定结果差异均无统计学意义(P 值均 >0.05)。2017 年,无论男女,

表 3 郑州市 2016—2018 年小学生前后 2 次肺功能比较($\bar{x}\pm s$)
Table 3 Comparison of lung function twice in Zhengzhou's pupil from 2016 to 2018($\bar{x}\pm s$)

年份	测量次数	统计值	男生					女生						
			人数	FVC/L	FEV1.0/L	PEF (L·s ⁻¹)	FEF25 (L·s ⁻¹)	FEF75 (L·s ⁻¹)	人数	FVC/L	FEV1.0/L	PEF (L·s ⁻¹)	FEF25 (L·s ⁻¹)	FEF75 (L·s ⁻¹)
2016	1		180	2.03±0.40	1.82±0.37	3.00±1.00	2.93±1.07	1.49±0.41	164	2.02±0.50	1.81±0.44	2.97±0.98	2.71±0.90	1.52±0.53
	2		180	1.91±0.42	1.73±0.42	2.78±1.03	2.62±1.06	1.50±0.53	164	1.97±0.44	1.79±0.42	2.86±1.01	2.68±1.05	1.56±0.54
		<i>t</i> 值		2.60	2.10	2.80	-0.20	1.00		0.40	1.10	0.40	-0.80	
		<i>P</i> 值		0.01	0.04	0.04	0.01	0.86		0.34	0.68	0.29	0.71	0.46
2017	1		206	2.11±0.45	1.94±0.39	3.35±0.98	3.16±0.98	1.48±0.47	170	2.14±0.38	1.97±0.40	3.44±0.98	3.25±1.01	1.49±0.48
	2		206	2.10±0.41	1.90±0.35	3.46±0.91	3.27±0.88	1.46±0.46	170	1.94±0.46	1.90±0.36	3.46±0.98	3.27±0.94	1.43±0.41
		<i>t</i> 值		2.50	2.20	-1.40	-1.30	0.30		4.53	2.80	-0.20	-0.20	1.40
		<i>P</i> 值		0.02	0.03	0.16	0.19	0.77		0.00	0.04	0.83	0.81	0.17
2018	1		192	2.15±0.53	1.92±0.48	3.19±0.88	3.37±1.06	1.71±0.51	184	2.15±0.58	1.98±0.48	3.32±0.82	3.50±1.16	1.66±0.49
	2		192	2.11±0.53	1.83±0.37	3.16±1.04	3.07±1.18	1.40±0.78	184	1.94±0.47	1.80±0.42	3.02±1.08	2.87±1.09	1.29±0.52
		<i>t</i> 值		3.20	2.20	2.40	2.60	4.50		3.88	3.60	3.00	5.10	7.00
		<i>P</i> 值		0.02	0.03	0.01	0.01	0.00		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

注:FVC 为用力肺活量;FV1.0 为 1 s 用力呼气量;PEF 为呼气峰值流速;FEF25 为用力呼出 25% 肺活量的呼气流速;FEF75 为用力呼出 75% 肺活量的呼气流速。

2.3 PM_{2.5} 对肺功能影响的多元线性回归分析 按照性别进行分层, 分别以 FVC、FEV1.0、PEF、FEF25、FEF75 指标为因变量, 以测量当日及前 1 个月的 PM_{2.5} 日均质量浓度值为自变量, 控制年龄、身高、体重后, 进行逐步多元线性回归分析。结果显示, 在调整年龄、身高、体重后, PM_{2.5} 与男生和女生肺功能 FEV1.0、PEF、FEF25、FEF75 指标均呈负相关($B = -0.071 \sim -0.133$, P 值均 <0.05)。见表 4。

表 4 PM_{2.5} 对小学生肺功能影响的多元线性回归分析

Table 4 Results of multiple linear regression analysis of PM_{2.5} on pulmonary function in primary school students

性别	因变量	B 值	B 值 95%CI	P 值
女生 (n=518)	FVC/L	-0.010	-0.001~0.001	0.75
	FEV1.0/L	-0.071	-0.002~0.006	0.03
	PEF/(L·s ⁻¹)	-0.107	-0.005~0.001	<0.01
	FEF25/(L·s ⁻¹)	-0.133	-0.009~0.002	<0.01
男生 (n=578)	FEF75/(L·s ⁻¹)	-0.077	-0.002~0.000	0.02
	FVC/L	-0.049	-0.002~0.000	0.09
	FEV1.0/L	-0.086	-0.002~0.000	<0.01
	PEF/(L·s ⁻¹)	-0.090	-0.005~0.001	<0.01
	FEF25/(L·s ⁻¹)	-0.133	-0.007~0.003	<0.01
	FEF75/(L·s ⁻¹)	-0.082	-0.002~0.000	0.01

3 讨论

本次研究发现, 郑州市污染较轻和污染较重的 A、B 两个地区 PM_{2.5} 日均质量浓度分别为 74, 92 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, 超标天数分别为 97, 126 d。同监测点相比, 2016 和 2018 年第 1 次检测前 1 个月的 PM_{2.5} 日均质量浓度低于第 2 次检测, 依据《环境空气质量标准》^[10]二级标准, 第 2 次检测前 1 个月的 PM_{2.5} 浓度超标率也均高于第 1 次。

小学生的呼吸系统正处于发育阶段, 肺部和免疫系统尚未发育完全, 室外活动时间较长且呼吸频率

FVC、FEV1.0 指标第 1 次测定结果均高于第 2 次(P 值均 <0.05)。2018 年, 男生和女生的 FVC、FEV1.0、PEF、FEF25、FEF75 指标第 1 次测定结果均高于第 2 次, 差异均有统计学意义(P 值均 <0.05)。见表 3。

高, 因此小学生对大气污染更为敏感, 是研究大气污染风险评估的敏感人群^[11~14]。小学生肺功能监测是评价大气污染影响呼吸系统的效应指标, 同时也是呼吸系统早期临床诊断指标^[15]。本研究发现, 3 年间男生第 1 次检测的 FVC、FEV1.0 指标均高于第 2 次, 除 2016 年外, 女生第 1 次检测的 FVC、FEV1.0 指标也均高于第 2 次。按照性别分层, 使用多元线性回归分析发现, 在控制年龄、身高、体重因素后, PM_{2.5} 与男女生肺功能 FEV1.0、PEF、FEF25、FEF75 指标均呈负相关, 进一步证明大气细颗粒物 PM_{2.5} 会对小学生肺功能产生负效应, 降低肺功能指标, 尤其是 FEV1.0 指标, 与国内外的一些研究报道结果一致^[1, 8, 11]。

本次研究结果显示, 大气细颗粒物 PM_{2.5} 对小学生的肺功能指标 FEV1.0、PEF、FEF25、FEF75 具有负效应, 而对 FVC 指标尚未发现相关影响。在以后的研究中, 可以扩充监测范围, 增加样本量, 以得到更为可靠有效的研究结果, 为大气污染治理方向提供科学依据, 促进小学生健康成长。

4 参考文献

- 王丽茹, 高利华, 阙菡雅. 冬季雾霾天气对某市小学生肺功能的影响[J]. 中国学校卫生, 2017, 38(11): 1697~1703.
WANG L R, GAO L H, QUE H Y. Influence of winter haze weather on lung function of primary school students in a city [J]. Chin J Sch Health, 2017, 38(11): 1697~1703.
- 杨敏娟, 解惠坚, 王文朋, 等. 大气污染对小学生因呼吸系统症状和疾病缺课的影响[J]. 中国学校卫生, 2019, 40(3): 415~418.
YANG M J, XIE H J, WANG W P, et al. Air pollution and elementary school students' absenteeism caused by respiratory symptoms and diseases among primary school students [J]. Chin J Sch Health, 2019, 40(3): 415~418.
- 李泓冰, 朱琳, 崔国权, 等. 哈尔滨市空气污染对小学生呼吸系统

- 疾病的影响[J].中国学校卫生,2015,36(6):884-886.
- LI H B, ZHU L, CUI G Q, et al. Study on effects of air pollution in Harbin on respiratory diseases in elementary school students[J]. Chin J Sch Health, 2015, 36(6): 884-886.
- [4] 刘卫艳,张磊,徐虹,等.杭州市大气污染对学龄儿童肺功能的短期效应研究[J].中华预防医学杂志,2019,53(6):614-618.
- LIU W Y, ZHANG L, XU H, et al. Short-term effects of air pollution on lung function of school-age children in Hangzhou[J]. Chin J Prev Med, 2019, 53(6): 614-618.
- [5] 姜颖,胡满达,严燕,等.深圳市南山区空气污染对小学生肺功能影响调查[J].公共卫生与预防医学,2019,30(5):110-113.
- JIANG Y, HU M D, YAN Y, et al. Investigation on the effect of air pollution on pulmonary function of primary school students in Nanshan District, Shenzhen[J]. J Pub Health Prev Med, 2019, 30(5): 110-113.
- [6] 齐爱,牛照地,吴惠忠,等.银川市大气颗粒污染物对人群呼吸系统疾病死亡影响的病例交叉研究[J].现代预防医学,2017,44(18):3300-3304.
- QI A, NIU Z D, WU H Z, et al. Case study of the effects of atmospheric particulate pollutants on the death of respiratory diseases in the population in Yinchuan City [J]. Modern Prevent Med, 2017, 44(18): 3300-3304.
- [7] 杨皓,高绪芳,鞠勇,等.成都市两监测点大气PM_{2.5}污染及其离子成分对儿童肺功能的影响[J].环境与健康杂志,2018,35(12):1051-1054.
- YANG H, GAO X F, JU Yong, et al. Impact of PM2.5 pollution and its components on children's lung function in two monitoring points of Chengdu[J]. J Environ Health, 2018, 35(12): 1051-1054.
- [8] 周亮,陈剑宇,鹿茸,等.成都市区大气细颗粒物短期暴露对小学生肺功能的影响[J].现代预防医学,2018,45(2):224-227.
- ZHOU L, CHEN J Y, LU R, et al. The effect of short-term exposure of airborne fine particulate matters on pupil's lung function in Chengdu urban area[J]. Modern Prevent Med, 2018, 45(2): 224-227.
- [9] 滕克强,郑德生,冯月明.2016年北京市密云区小学生空气污染前
- 后肺功能影响因素调查[J].职业与健康,2018,34(3):403-406.
- TENG K Q, ZHENG D S, FENG Y M. A study on influencing factors of lung function before and after ambient air pollution among primary students in Miyun District of Beijing in 2016 [J]. Occup Health, 2018,34(3): 403-406.
- [10] 国家环境保护局.环境空气质量标准 GB 3095—2012[S].北京:中国环境科学出版社,2012.
- State Environmental Protection Administ. GB3095—2012 ambient air quality standard [S]. Beijing: China Environmental Science Press, 2012.
- [11] WRIGHT R J, BRUNST K J. Programming of respiratory health in childhood: influence of outdoor air pollution[J]. Curr Opin Pediatr, 2013,25(2):232-239.
- [12] 赵春善,李彩福.吉林市区小学生对空气污染健康危害的认知行为与需求[J].中国学校卫生,2016,37(10):1555-1556.
- ZHAO C S, LI C F. Awareness, practices and demand of primary school students on health hazard of air pollution in Jilin City[J]. Chin J Sch Health, 2016, 37(10): 1555-1556.
- [13] 颜玲,王静,苏丽娅.济南市不同空气污染区小学生肺功能分析[J].中国公共卫生管理,2016,32(2):180-182.
- YAN L, WANG J, SU L Y. Analysis of lung function among primary students in different air pollution areas in Jinan [J]. Chin J Public Health Manage, 2016, 32(2):180-182.
- [14] 薛元恺,周丽玲.雾霾对中小学生呼吸系统急性症状的影响[J].中国学校卫生,2017,38(5):785-787.
- XUE Y K, ZHOU L L. Effects of haze on acute respiratory symptoms of primary and middle school students[J]. Chin J Sch Health, 2017, 38(5): 785-787.
- [15] 李盛,王金玉,王宇红,等.兰州市西固区大气污染对小学生肺通气功能的影响[J].环境与健康杂志,2015,32(9):820-823.
- LI S, WANG J Y, WANG Y H, et al. Effects of air pollution on pulmonary ventilation function of pupils in Xigu District of Lanzhou[J]. J Environ Health, 2015, 32(9): 820-823.

收稿日期:2020-07-27 修回日期:2020-09-01 本文编辑:王苗苗

(上接第 134 页)

- [12] 陈慧娟,陈璞,黄爱菊.2008—2015 年贵州省学生肺结核疫情特征分析[J].现代预防医学,2018,45(4):720-724.
- CHEH H J, CHEN P, HUANG A J. Analysis on the epidemiological characteristics of pulmonary tuberculosis among students in Guizhou Province from 2008 to 2015[J]. Modern Prev Med, 2018, 45(4):720-724.
- [13] 中华人民共和国国家卫生健康委员会.中华人民共和国卫生行业标准肺结核诊断 WS 288—2017[EB/OL].[2018-05-01].<http://www.nhc.gov.cn/wjw/s9491/201712/a452586fd21d4018b0ebc00b89c06254.shtml>.
- National Health Commission of People's Republic of China. Standardization administration of the people's republic of China, industry standard: tberculosis diagnosis: WS288—2017 [EB/OL]. [2018 - 05 - 01]. <http://www.nhc.gov.cn/wjw/s9491/201712/a452586fd21d4018b0ebc00b89c06254.shtml>.
- [14] 张国钦,张玉华,陈盛玉,等.分级接触者筛查在一起大学生肺结核聚集性发病调查中的应用[J].中国学校卫生,2015,36(5):735-737.
- ZHANG G Q, ZHANG Y H, CHEN S Y, et al. Applying stratified screening of contacts in an investigation of TB epidemic among students in a university[J]. Chin J Sch Health, 2015, 36(5): 735-737.
- [15] CAVANY S M, SUMNER T, VYNNYCKY E, et al. An evaluation of tuberculosis contact investigations against national standards[J]. Thorax, 2017, 72(8):736-745.
- [16] 庞学文,张丹,傅衍勇.某学校出现结核病例后密切接触者筛查结果分析[J].中国学校卫生,2015,36(8):1265-1267.
- PANG X W, ZHANG D, FU Y Y. Analysis of screening results of close contacts after tuberculosis cases in a school [J]. Chin J Sch Health, 2015, 36(8), 1265-1267.
- [17] 陈麒,路希维,杨蕴轶,等.大连市学校结核病暴发危险因素分析[J].国际流行病学传染病学杂志,2015,42(3):174-178.
- CHEN Q, LU X W, YANG Y Y, et al. Analysis of risk factors for school tuberculosis outbreaks in Dalian [J]. Int J Epidemiol Infect Dis, 2015, 42(3): 174-178.
- [18] 陈卉,夏懵憎,张灿有,等.2014—2018 年全国学生肺结核疫情变化趋势及特征分析[J].中国防痨杂志,2019,41(6):662-668.
- CHEN H, XIA Y Y, ZHANG C Y, et al. Epidemic trends and characteristics of pulmonary tuberculosis in students in China from 2014 to 2018[J]. Chin J Antituberc, 2019, 41(6): 662-668.
- [19] 屠德华,万利亚,王黎霞.现代结核病控制理论与实践[M].北京:军事医学科学出版社,2013;3440.
- TU D H, WAN L Y, WANG L X. Theory and practice of modern tuberculosis control [M]. Beijing: Military Medical Science Press, 2013: 3440.

收稿日期:2020-07-11 修回日期:2020-08-02 本文编辑:汤建军