

· 论 著 ·

# 台州市大气 PM<sub>2.5</sub> 对成年男性精液质量的影响

胡富宇<sup>1</sup>, 郭婷婷<sup>1</sup>, 朱珊珊<sup>1</sup>, 花静<sup>2</sup>, 刘依萍<sup>2</sup>, 张黎明<sup>1</sup>, 杨莹莹<sup>2</sup>

1. 台州市中心医院, 浙江 台州 318000; 2. 同济大学附属第一妇婴保健院

**摘要:** **目的** 了解大气 PM<sub>2.5</sub> 暴露对成年男性精液质量的影响。**方法** 收集 2014 年 8 月—2017 年 12 月在台州市中心医院孕前门诊体检者的精液检测数据, 排除无精症、生殖相关疾病患者; 收集当地同期大气污染物 (PM<sub>2.5</sub>, PM<sub>10</sub>, SO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub>, O<sub>3</sub> 和 CO) 监测数据, 计算研究对象精液检测前 90 天的大气污染物日均暴露浓度; 采用 Logistic 回归模型分析精液检测前 90 天 PM<sub>2.5</sub> 暴露对男性精液质量的影响。**结果** 共纳入 3 456 名成年男性, 精子总数  $M(Q_R)$  为 161.00 (122.00) × 10<sup>6</sup>/1 次射精, 合格率为 94.40%; 精子密度  $M(Q_R)$  为 22.20 (18.80) × 10<sup>6</sup>/mL, 合格率为 69.50%; 精子活率  $M(Q_R)$  为 55.30% (23.37%), 合格率为 44.10%。精液检测前 90 天的 PM<sub>2.5</sub> 日均浓度  $M(Q_R)$  为 37.82 (12.33) μg/m<sup>3</sup>。Logistic 回归分析结果显示, 精液检测前 90 天的 PM<sub>2.5</sub> 日均暴露浓度每升高 12.33 μg/m<sup>3</sup>, 精子密度、精子活力和精子活率不合格的风险 OR 值分别为 1.236 (95% CI: 1.041 ~ 1.466)、1.493 (95% CI: 1.260 ~ 1.770) 和 1.462 (95% CI: 1.246 ~ 1.715)。**结论** PM<sub>2.5</sub> 暴露浓度升高可能导致成年男性的精子密度、精子活力和精子活率降低。

**关键词:** PM<sub>2.5</sub>; 精液质量; 精子; 大气污染物

**中图分类号:** R122.7; R698.2 **文献标识码:** A **文章编号:** 2096-5087 (2019) 01-0020-04

## Atmospheric PM<sub>2.5</sub> exposure on semen quality in adult men in Taizhou

HU Fu-yu\*, GUO Ting-ting, ZHU Shan-shan, HUA Jing, LIU Yi-ping, ZHANG Li-ming, YANG Ying-ying

\*Taizhou Central Hospital, Taizhou, Zhejiang 318000, China

**Abstract: Objective** To explore the effects of ambient fine particulate matter (PM<sub>2.5</sub>) exposure on semen quality in healthy adult men. **Methods** The semen quality data were collected from the pre-pregnancy check outpatient of Taizhou Central Hospital from August 2014 to December 2017, excluding the patients with any disease of reproductive system. The data of daily pollutant concentration of this area during the same period were also collected to estimate the exposures of PM<sub>2.5</sub>, PM<sub>10</sub>, SO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub>, O<sub>3</sub> and CO during 90 days before each semen examination. Logistic regression model was applied to estimate the association between PM<sub>2.5</sub> exposure and semen quality. **Results** A total of 3 456 healthy adult men were included in this study. The median (interquartile range) of the total sperm count of the 3 456 subjects was 161.00 (122.00) × 10<sup>6</sup>, and 94.40% of the subjects could reach the lower reference limit for sperm count. The median (interquartile range) of the sperm concentration was 22.20 (18.80) × 10<sup>6</sup>/mL, and 69.50% of the subjects were qualified. The median (interquartile range) of the sperm vitality was 55.30% (23.37%), and 44.10% of the subjects were qualified. The median (interquartile range) of daily average concentration of PM<sub>2.5</sub> at 0-90 days before semen examination was 37.82 (12.33) μg/m<sup>3</sup>. The results of multivariate logistic regression model showed that, with each 12.33 μg/m<sup>3</sup> increase of PM<sub>2.5</sub> exposures at 0-90 days before semen examination, the odds ratios of unqualified sperm concentration, sperm motility and sperm vitality were 1.236 (95% CI: 1.041-1.466), 1.493 (95% CI: 1.260-1.770) and 1.462 (95% CI: 1.246-1.715), respectively. **Conclusion** The results suggested that high concentration of ambient PM<sub>2.5</sub> exposure during the sperm development period negatively affects sperm concentration, sperm motility and sperm vitality.

**Key words:** Fine particulate matter; Semen quality; Sperm; Air pollutant

DOI: 10.19485/j.cnki.issn2096-5087.2019.01.005

**基金项目:** 上海市科学技术委员会科研项目 (18140903100); 上海市卫生和计划生育委员会青年基金 (20174Y0010)

**作者简介:** 胡富宇, 硕士, 副主任医师, 主要从事预防医学与医院管理工作

**通信作者:** 杨莹莹, E-mail: yingyingang@tongji.edu.cn

发达国家育龄夫妇不孕不育率接近 15%，欠发达国家不孕不育率为 9%~30%<sup>[1]</sup>，由男性导致的不育率高达 30%~50%<sup>[2-3]</sup>。精液质量是评估男性生殖健康及生育能力的重要指标之一，有研究显示，1938—2015 年，无论是不育男性还是正常男性的一次射精体积、精子数量、精子浓度和形态等反映精子质量的参数均有所下降<sup>[4-5]</sup>。精子产生至成熟过程约 90 天，其间男性暴露于 PM<sub>2.5</sub> 等大气污染物可能影响精液质量<sup>[6-7]</sup>，相关研究显示大气 PM<sub>2.5</sub> 暴露与精液质量呈负相关关系，但也有不同结论<sup>[8-9]</sup>。本研究收集台州市健康成年男性精液检测数据和同期大气污染物监测数据，分析 PM<sub>2.5</sub> 暴露对成年男性精液质量的影响，现报道如下。

## 1 资料与方法

**1.1 精液检测资料** 收集 2014 年 8 月—2017 年 12 月到台州市中心医院孕前门诊体检者的精液检测资料，受检者为居住在台州市区的 17~61 岁常住居民，并排除无精症、生殖相关疾病患者。精液采集前，受检者需禁欲 2~5 d，采用手淫取精法，将完整精液收集于清洁、干燥、广口塑料容器中，5 min 内送检，并记录受检者的禁欲时间和样本采集时间。精液质量分析操作流程和诊断标准参照《世界卫生组织人类精液检查与处理实验室手册（第 5 版）》<sup>[10-11]</sup>。正常（合格）参考值：（1）精液体积≥1.5 mL；（2）pH 值≥7.2；（3）精子总数≥39×10<sup>6</sup>/1 次射精；（4）精子密度≥15×10<sup>6</sup>/mL；（5）精子活率≥58%；（6）精子活力，总运动精子比例≥40%或运动活跃型精子（PR）比例≥32%。

**1.2 大气污染物监测资料** 收集台州市 2014—2017 年每日的大气污染物（PM<sub>2.5</sub>、PM<sub>10</sub>、SO<sub>2</sub>、NO<sub>2</sub>、O<sub>3</sub> 和 CO）监测资料。国家控制大气污染物监测在台州市的台州环保大楼、路桥田洋王和黄岩环保大楼设置 3 个站点，24 小时连续监测，记录污染物的每分钟浓度值，并计算出每小时均值。PM<sub>2.5</sub>、PM<sub>10</sub>、SO<sub>2</sub>、NO<sub>2</sub>、O<sub>3</sub> 和 CO 的监测仪器型号分别为 TE-SHARP5030、TE-43i、TE-42i、TE-49i、CO 和 TE-48i，均由美国 Thermo Fisher Scientific 公司提供。

**1.3 方法** 根据受检者的精液采集日期，计算检测前 90 天内 PM<sub>2.5</sub>、PM<sub>10</sub>、SO<sub>2</sub>、NO<sub>2</sub>、O<sub>3</sub> 和 CO 日均暴露浓度；控制年龄、禁欲天数、SO<sub>2</sub>、NO<sub>2</sub>、O<sub>3</sub> 和 CO，分析 PM<sub>2.5</sub> 暴露对成年男性精液质量的影响。

**1.4 统计分析** 采用 Excel 2013 软件整理数据，采用 SPSS 23.0 软件统计分析。受检者年龄、精液参数

和大气污染物浓度资料均不服从正态分布，以中位数和四分位数间距  $[M(Q_R)]$  描述，PM<sub>2.5</sub> 暴露对精液质量的影响分析采用 Logistic 回归模型。检验水准  $\alpha=0.05$ 。

## 2 结果

**2.1 精液检测结果** 共收集 3 456 名男性的精液检测资料，年龄  $M(Q_R)$  为 29.00 (6.00) 岁；精液体积  $M(Q_R)$  为 2.50 (1.00) mL，合格率为 90.90%；精子总数  $M(Q_R)$  为 161.00 (122.00) ×10<sup>6</sup>/1 次射精，合格率为 94.40%；精子密度  $M(Q_R)$  为 22.20 (18.80) ×10<sup>6</sup>/mL，合格率为 69.50%；精子活率  $M(Q_R)$  为 55.30% (23.37%)，合格率为 44.10%；运动活跃型精子百分比  $M(Q_R)$  为 49.65% (22.78%)，非运动活跃型精子百分比  $M(Q_R)$  为 5.00% (4.50%)，精子活力合格率为 71.20%。见表 1。

表 1 3 456 名男性精液检测结果

项目	最小值	最大值	$M$	$Q_R$
年龄(岁)	17.00	61.00	29.00	6.00
禁欲时间(d)	2.00	5.00	3.00	0.00
pH 值	5.00	8.00	7.30	0.20
精液体积(mL)	0.20	12.00	2.50	1.00
精子总数(×10 <sup>6</sup> /1 次射精)	2.00	2 005.00	161.00	122.00
精子密度(×10 <sup>6</sup> /mL)	0.10	195.90	22.20	18.80
精子活率(%)	0.00	95.50	55.30	23.37
运动活跃型精子活力(%)	0.00	94.00	49.65	22.78
非运动活跃型精子活力(%)	0.00	26.80	5.00	4.50
完全不动型精子活力(%)	4.50	100.00	44.60	23.27
曲线速率(μm/s)	0.00	625.00	49.70	13.40
直线速率(μm/s)	0.00	323.90	28.90	10.90
平均轨道速率(μm/s)	0.00	206.00	34.60	12.10

**2.2 精液检测前 90 天大气污染物监测结果** 男性精液检测前 90 天 PM<sub>2.5</sub> 日均浓度  $M(Q_R)$  为 37.82 (12.33) μg/m<sup>3</sup>，PM<sub>10</sub> 为 62.54 (21.08) μg/m<sup>3</sup>，SO<sub>2</sub> 为 7.44 (2.85) μg/m<sup>3</sup>，NO<sub>2</sub> 为 23.30 (10.11) μg/m<sup>3</sup>，CO 为 0.77 (0.16) mg/m<sup>3</sup>，O<sub>3</sub> 为 100.56 (24.01) μg/m<sup>3</sup>。见表 2。

**2.3 PM<sub>2.5</sub> 暴露对成年男性精液质量影响的 Logistic 回归分析** 分别以精子总数、精子密度、精子活率和精子活力合格情况（0=合格，1=不合格）为应变量，以 3 456 名男性精液检测前 90 天 PM<sub>2.5</sub> 日均浓度除以  $Q_R$  (12.33 μg/m<sup>3</sup>) 产生的新变量为自变量，进行 Logistic 回归分析。结果显示，精液检测前 90 天 PM<sub>2.5</sub>

表2 3 456名男性精液检测前90天大气污染物日均浓度

大气污染物	最小值	最大值	M	Q <sub>R</sub>
PM <sub>2.5</sub> (μg/m <sup>3</sup> )	23.60	64.91	37.82	12.33
PM <sub>10</sub> (μg/m <sup>3</sup> )	40.61	101.54	62.54	21.08
SO <sub>2</sub> (μg/m <sup>3</sup> )	4.50	14.06	7.44	2.85
NO <sub>2</sub> (μg/m <sup>3</sup> )	12.68	34.52	23.30	10.11
CO (mg/m <sup>3</sup> )	0.61	1.06	0.77	0.16
O <sub>3</sub> (μg/m <sup>3</sup> )	58.34	119.09	100.56	24.01

日均暴露浓度每升高一个 Q<sub>R</sub> 浓度, 精子总数、精子活力、精子活率不合格的风险分别增加 32.3%、18.6%和 32.3% (P<0.05); 精子密度不合格的风险增加 3.1%, 但结果无统计学意义 (P>0.05); 控制年龄、禁欲天数以及精液检测前 90 天的 SO<sub>2</sub>、NO<sub>2</sub>、O<sub>3</sub> 和 CO 日均浓度后, 精液检测前 90 天的 PM<sub>2.5</sub> 日均暴露浓度每升高一个 Q<sub>R</sub> 浓度, 精子密度、精子活力、精子活率不合格的风险分别增加 23.6%、49.3%和 46.2%。见表 3。

表3 PM<sub>2.5</sub>暴露对成年男性精液质量影响的 Logistic 回归分析结果

精液质量参数	β	S <sub>E</sub>	Wald χ <sup>2</sup> 值	P值	OR值	95%CI
控制前						
精子总数	0.280	0.105	7.147	0.008	1.323	1.077 ~ 1.624
精子密度	0.030	0.049	0.383	0.536	1.031	0.936 ~ 1.135
精子活力	0.171	0.049	12.014	0.001	1.186	1.077 ~ 1.307
精子活率	0.280	0.046	36.340	<0.001	1.323	1.208 ~ 1.449
控制后						
精子总数	0.006	0.185	0.001	0.974	1.006	0.701 ~ 1.445
精子密度	0.212	0.087	5.856	0.016	1.236	1.041 ~ 1.466
精子活力	0.401	0.087	21.384	<0.001	1.493	1.260 ~ 1.770
精子活率	0.380	0.081	21.712	<0.001	1.462	1.246 ~ 1.715

### 3 讨论

控制年龄、禁欲天数以及精液检测前 90 天的 SO<sub>2</sub>、NO<sub>2</sub>、O<sub>3</sub> 和 CO 日均暴露浓度等混杂因素后, 发现精子检测前 90 天 (精子形成期) 大气 PM<sub>2.5</sub> 日均暴露浓度与精子密度、精子活力和精子活率均呈负性关联, 与多数同类研究结果一致。WU 等 [12] 对 2013—2015 年湖北武汉 1 759 名成年男性的精液质量进行分析, 结果显示在精子发育关键时期暴露于 PM<sub>2.5</sub> 和 PM<sub>10</sub> 会引起精子质量下降, 其中精子浓度和精子数量影响明显。RADWAN 等 [13] 对波兰 327 名成年男性的精液进行研究, 发现 PM<sub>2.5</sub>、PM<sub>10</sub>、SO<sub>2</sub>、NO<sub>x</sub> 和 CO 与男性正常精子形态比例、睾酮浓度呈负相关。SANTI 等 [14] 在意大利南部开展的回顾性队列研究表明, 精液采集前 3 个月的 PM<sub>2.5</sub> 暴露浓度与精子总数存在负相关关系, 而与精子活力无显著相关关系。HAMMOUD 等 [15] 发现精液采集前 3 个月的 PM<sub>2.5</sub> 暴露与精子活力存在负相关关系, 而与精液浓度无显著相关关系。

PM<sub>2.5</sub> 高浓度暴露致男性精液质量下降的生物学机制尚不清楚。以往研究提示, PM<sub>2.5</sub> 暴露与机体活性氧 (reactive oxygen species, ROS) 含量升高、抗氧

化能力降低有关 [16], 而氧化应激是引发炎症反应、细胞凋亡或增殖的关键机制, 机体内 ROS 升高与精液质量降低有关 [17]。尚需进一步研究大气颗粒物暴露对男性精液质量影响的生物学机制。

本研究证实, 精子成熟前 90 天 PM<sub>2.5</sub> 暴露可能降低男性精子质量。对于有生育意愿的男性, 建议在备孕前 3 个月做好大气颗粒物防护措施, 避免高浓度的 PM<sub>2.5</sub> 暴露, 从而提高精液质量。但本研究存在一定的局限性: PM<sub>2.5</sub> 的来源和组分比较复杂, 不同地区和季节的浓度差别较大, 因此不同地区的 PM<sub>2.5</sub> 污染特征不同, 结果很难外推 [18-19]; 本研究为回顾性研究, 未能控制其他可能影响男性精液质量的因素, 如职业、抽烟、饮酒、肥胖和压力等; 研究对象选择的是台州市中心医院孕前门诊进行孕前检查的男性, 也可能对研究结果造成一定的偏倚。

### 参考文献

- [1] PETRAGLIA F, SEROUR G I, CHAPRON C. The changing prevalence of infertility [J]. Int J Gynaecol Obstet, 2013, 123 (S2): S4-S8.
- [2] VANDER BORGHT M, WYNS C. Fertility and infertility: definition and epidemiology [J/O]. Clin Biochem, (2018-03-16) [2018-

(下转第 27 页)