

# 细胞因子IL-6、IL-8在职业性粉尘暴露群体肺功能损伤中的研究分析

尹聪聪<sup>1</sup>, 李国琳<sup>2,3</sup>, 张琪<sup>2,3</sup>, 崔媛<sup>2,3</sup>, 周志花<sup>3</sup>, 乔可宏<sup>3\*</sup>, 薛宇<sup>3</sup>, 冯丽<sup>3</sup>

<sup>1</sup>侯马市人民医院呼吸与危重症医学科, 山西 临汾

<sup>2</sup>长治医学院第一临床学院, 山西 长治

<sup>3</sup>太原市中心医院呼吸与危重症医学科, 山西 太原

收稿日期: 2026年4月28日; 录用日期: 2026年5月22日; 发布日期: 2026年5月29日

## 摘要

目的: 通过分析IL-6、IL-8表达水平与肺功能损伤程度的相关性, 探讨IL-6和IL-8在职业性粉尘暴露人群肺功能损伤中的作用, 评估其作为早期肺功能损伤生物标志物的诊断潜力。方法: 收集2023年6月至12月在太原市某煤矿区有粉尘暴露史的160名工人作为接尘组, 另选80名同矿区无粉尘暴露史的健康体检者作为对照组, 测定血清中IL-6、IL-8、TGF- $\beta$ 1、TNF- $\alpha$ 的水平与肺功能指标, 并分析其相关性。结果: 接尘组的FVC%、FEV1%和FEV1/FVC显著低于对照组( $P < 0.05$ ), IL-6和IL-8水平显著高于对照组( $P < 0.05$ ); IL-6、IL-8水平分别与FEV1%、FEV1/FVC呈负相关( $P < 0.05$ ), 其中IL-6与FEV1%的相关性( $r = -0.419$ )呈中等强度负相关, IL-8与FEV1%的相关性( $r = -0.250$ )呈弱负相关; TGF- $\beta$ 1、TNF- $\alpha$ 分别与FVC%、FEV1%、FEV1/FVC均无相关关系( $P > 0.05$ )。肺损伤组和未损伤组在工龄、IL-6和IL-8表达上差异显著( $P < 0.05$ )。结论: 煤矿作业环境中的粉尘暴露者血清IL-6、IL-8升高与肺功能下降呈负相关, 可考虑作为早期评估接尘工人肺部健康的潜在生物标志物。

## 关键词

煤矿工人, 肺功能, 细胞因子

## Study and Analysis of Cytokines IL-6 and IL-8 in Pulmonary Function Injury Induced by Occupational Dust Exposure

Congcong Yin<sup>1</sup>, Guolin Li<sup>2,3</sup>, Qi Zhang<sup>2,3</sup>, Yuan Cui<sup>2,3</sup>, Zhihua Zhou<sup>3</sup>, Kehong Qiao<sup>3\*</sup>, Yu Xue<sup>3</sup>, Li Feng<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Department of Respiratory and Critical Care Medicine, Houma People's Hospital, Linfen Shanxi

\*通讯作者。

文章引用: 尹聪聪, 李国琳, 张琪, 崔媛, 周志花, 乔可宏, 薛宇, 冯丽. 细胞因子 IL-6、IL-8 在职业性粉尘暴露群体肺功能损伤中的研究分析[J]. 临床医学进展, 2026, 16(5): 3454-3461. DOI: 10.12677/acm.2026.1652168

<sup>2</sup>First Clinical College, Changzhi Medical College, Changzhi Shanxi

<sup>3</sup>Department of Respiratory and Critical Care Medicine, Taiyuan Central Hospital, Taiyuan Shanxi

Received: April 28, 2026; accepted: May 22, 2026; published: May 29, 2026

## Abstract

**Objective:** To explore the roles of IL-6 and IL-8 in pulmonary function impairment among occupationally dust-exposed individuals by analyzing the correlation between the expression levels of IL-6 and IL-8 and the degree of pulmonary function decline, and to evaluate their diagnostic potential as early biomarkers of lung function injury. **Methods:** From June to December 2023, a total of 160 workers with a history of dust exposure in a coal mining area of Taiyuan City were recruited as the dust-exposed group, and another 80 healthy individuals from the same mining area without a history of dust exposure were selected as the control group. Serum levels of IL-6, IL-8, TGF- $\beta$ 1, and TNF- $\alpha$  were measured, along with pulmonary function parameters, and their correlations were analyzed. **Results:** Compared to the control group, the dust-exposed group exhibited significantly lower FVC%, FEV1%, and FEV1/FVC values ( $P < 0.05$ ), along with significantly higher levels of IL-6 and IL-8 ( $P < 0.05$ ). Furthermore, correlation analysis revealed that the levels of both IL-6 and IL-8 were negatively correlated with FEV1% and FEV1/FVC ( $P < 0.05$ ), showing a moderate negative correlation ( $r = -0.419$ ) for IL-6 with FEV1%, and a weak negative correlation ( $r = -0.250$ ) for IL-8 with FEV1%, whereas no significant correlation was found between TGF- $\beta$ 1 or TNF- $\alpha$  levels and FVC%, FEV1%, or FEV1/FVC ( $P > 0.05$ ). Moreover, significant differences were observed between the lung injury and non-injury subgroups in terms of work years and the expression levels of IL-6 and IL-8 ( $P < 0.05$ ). **Conclusion:** Elevated serum IL-6 and IL-8 levels in dust-exposed workers in the coal mining environment are negatively correlated with declines in pulmonary function, suggesting that they may be considered as potential biomarkers for early assessment of lung health in dust-exposed workers.

## Keywords

Coal Miners, Pulmonary Function, Cytokine

Copyright © 2026 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

## 1. 引言

煤炭作为三大化石能源之一，长期以来在全球能源结构中占据着举足轻重的地位[1]。然而，煤矿作业环境中粉尘的危害始终是一个无法忽视的问题[2]。根据 2023 我国卫生健康事业发展报告，全国共报告职业性尘肺病 8051 例，占各类职业病新发病例的 66.7% (8051/12,087) [3]。尘肺病不仅是全球公共卫生的重要问题之一，还给煤矿工人带来了严重的疾病负担[4]-[6]。研究显示，煤尘浓度较高、煤尘中游离 SiO<sub>2</sub> 含量较高以及煤的挥发分较低均会导致尘肺病发生风险增加[7]。张鸽和王雪涛[8]报道接尘 30 年和接尘 25 年的工人总尘接触浓度分别不应超过 4.8 mg/m<sup>3</sup>，2.7 mg/m<sup>3</sup>，超出限度可能会诱发尘肺病。肺功能检测是目前最常用的评估肺部疾病的检测手段，但其在临床实践中仍存在早期病变敏感性不足、无法区分病因及病理机制等局限性，因此临床迫切需要一种敏感的生物标志物以加强对煤矿工人肺功能的早期评估和干预。基于此，本研究选取 2023 年太原市某煤矿区的部分接尘工人，通过分析细胞因子表达水平与

肺功能损伤程度的相关性, 评估其作为早期肺功能损伤生物标志物的诊断潜力, 为职业病防控和工人健康管理提供科学依据。

## 2. 资料与方法

### 2.1. 一般资料

选取 2023 年 6 月至 12 月在太原市某煤矿区进行健康体检的男性工人, 共纳入 240 名, 有粉尘暴露史的 160 名工人作为接尘组, 其工龄为 11~37 年, 平均工龄为(23±5.80)年, 并按接尘工龄将接尘组分为三亚组: 11~20 年、21~30 年、31~40 年。另选 80 名同矿区无粉尘暴露史的健康体检者作为对照组。

**纳入标准:** ① 男性职业性粉尘暴露者; ② 累计接尘工龄 ≥ 3 年。

**排除标准:** ① 既往有糖尿病、高血压、心脑血管疾病、血液等疾病患者; ② 其他肺部疾病患者, 如肺水肿、哮喘等; ③ 近期(2 周内)有明确急性感染证据者(如发热、白细胞计数  $> 10 \times 10^9/L$  或 C 反应蛋白  $> 10 \text{ mg/L}$ ); ④ 确诊恶性肿瘤的患者; ⑤ 近 1 个月内有糖皮质激素或免疫抑制剂使用史。

### 2.2. 方法

#### 2.2.1. 一般资料收集

包括年龄、身高、体重、吸烟、饮酒、工龄等情况。

#### 2.2.2. 肺功能检查

使用德国 Jaeger 肺功能检测仪进行测试, 测定指标包括用力肺活量占预计值百分比(Forced Vital Capacity percentage of predicted, FVC%)、第一秒用力呼气容积占预计值百分比(Forced Expiratory Volume in one second percentage of predicted, FEV1%)及其比值(Forced Expiratory Volume in one second to Forced Vital Capacity ratio, FEV1/FVC), 以各指标 ≥ 80% 为正常标准, 低于此值为异常。

#### 2.2.3. 细胞因子检测

晨起采集空腹静脉血 5 ml, 置于 EDTA 抗凝管中, 立即混匀, 3000 r/min 共离心 10 min, 取上层血清立即于 -80℃ 环境下保存, 采用酶联免疫吸附法(Enzyme-Linked Immunosorbent Assay, ELISA 法)测定血清中 Interleukin-6 (IL-6)、Interleukin-8 (IL-8)、Transforming Growth Factor- $\beta$ 1 (TGF- $\beta$ 1)、Tumor Necrosis Factor- $\alpha$  (TNF- $\alpha$ ) 的含量, 试剂盒购自美国 R&D Systems 公司 (IL-6 货号: D6050, IL-8 货号: D8000C, TGF- $\beta$ 1 货号: DB100B, TNF- $\alpha$  货号: DTA00C), 检测灵敏度分别为 0.7 pg/mL、3.5 pg/mL、4.6 pg/mL 和 1.6 pg/mL, 批内变异系数均 < 8%, 批间变异系数均 < 10%。所有操作均严格按试剂盒说明书进行。

### 2.3. 肺功能损伤判定标准

根据中华医学会呼吸病学分会肺功能诊断标准, 结合本研究设定, 将满足以下任一条件者判定为“肺损伤组”: FVC% < 80% 预计值和/或 FEV1% < 80% 预计值和/或 FEV1/FVC < 80%。反之, 所有三项指标均 ≥ 80% 者归为“肺未损伤组”。

### 2.4. 统计学分析

数据分析使用 SPSS 27.0 统计软件。计数资料以频数(%)表示; 符合正态分布的计量资料以  $\bar{x} \pm s$  表示; 不符合正态分布的计量资料以中位数和四分位数间距表示。正态分布的计量资料组间比较采用方差分析(ANOVA); 对于非正态分布的计量资料, 组间比较使用 Kruskal-Wallis H 检验, 两组间差异通过 Mann-Whitney U 检验。多组率的比较使用卡方检验。肺功能指标与细胞因子之间的相关性采用 Pearson 相关分析。设检验水准  $\alpha = 0.05$ , 以  $P < 0.05$  为差异具有统计学意义。

### 3. 结果

#### 3.1. 研究对象人口学特征

两组人口学特征：年龄、吸烟史、饮酒史、体质指数(BMI)组间比较，差异均无统计学意义( $P > 0.05$ ) (见表 1)。

**Table 1.** Demographic characteristics of study subjects [n (%)]

**表 1.** 研究对象人口学特征[n (%)]

组别	例数	年龄(岁, $\bar{x} \pm s$ )	吸烟[例(%)]	饮酒[例(%)]	BMI (kg/m <sup>2</sup> , $\bar{x} \pm s$ )
对照组	80	40.10 ± 8.40	56 (70)	24 (30)	24.69 ± 3.51
接尘组					
11~20 年	60	43.52 ± 5.99	44 (73.30)	16 (26.70)	25.53 ± 3.40
21~30 年	56	49.86 ± 4.72	40 (71.40)	4 (7.10)	26.39 ± 3.75
31~40 年	44	53.33 ± 1.86	27 (61.40)	27 (61.40)	24.50 ± 3.76
$F/\chi^2$ 值		1.15	2.75	7.17	0.81
$P$ 值		0.05	0.91	0.06	0.49

#### 3.2. 接尘组和对照组细胞因子表达水平比较

各接尘组的 IL-6、IL-8 表达水平均显著高于对照组( $P < 0.05$ )；TGF- $\beta$ 1、TNF- $\alpha$  表达水平与对照组比较，差异无统计学意义( $P > 0.05$ ) (见表 2)。

**Table 2.** Serum cytokine expression levels of workers in a coal mining area of Taiyuan City (pg/ml,  $\bar{x} \pm s$ )

**表 2.** 太原市某煤矿区工人血清细胞因子表达水平(pg/ml,  $\bar{x} \pm s$ )

组别	例数	IL-6	IL-8	TGF $\beta$ -1	TNF- $\alpha$
对照组	80	0.29 ± 0.04	2.77 ± 0.01	8256.65 ± 175.34	3.79 ± 1.79
接尘组					
11~20 年	60	114.48 ± 8.85 <sup>a</sup>	4864.02 ± 95.3 <sup>a</sup>	8283.25 ± 257.29	7.01 ± 1.21
21~30 年	56	119.19 ± 19.16 <sup>a</sup>	5021.80 ± 190.5 <sup>a</sup>	7936.01 ± 468.59	8.86 ± 3.76
31~40 年	44	128.28 ± 32.33 <sup>a</sup>	4965.19 ± 204.79 <sup>a</sup>	9167.50.02 ± 372.53	5.79 ± 1.80
$F$ 值		18.45	307.02	0.76	1.80
$P$ 值		<0.001	<0.001	0.520	0.151

注：<sup>a</sup>表示与对照组比较  $P < 0.05$ 。

#### 3.3. 接尘组和对照组肺功能指标比较

各接尘组的 FEV1%、FVC%、FEV1/FVC 均显著低于对照组，且差异具有统计学意义( $P < 0.05$ ) (见表 3)。

**Table 3.** Comparison of pulmonary ventilation function between the dust-exposed group and the control group ( $\bar{x} \pm s$ )  
**表 3.** 接尘组和对照组肺通气功能比较( $\bar{x} \pm s$ )

组别	例数	FEV1%	FVC%	FEV1/FVC (%)
对照组	80	99.15 ± 0.16	99.25 ± 0.22	98.10 ± 0.2
接尘组				
11~20 年	60	85.17 ± 1.61 <sup>a</sup>	81.73 ± 1.66 <sup>a</sup>	81.58 ± 1.25 <sup>a</sup>
21~30 年	56	85.50 ± 3.88 <sup>a</sup>	76.74 ± 3.47 <sup>a</sup>	77.57 ± 3.01 <sup>a</sup>
31~40 年	44	79.00 ± 9.15 <sup>a</sup>	75.00 ± 6.95 <sup>a</sup>	76.33 ± 5.98 <sup>a</sup>
<i>F</i> 值		7.80	15.07	20.11
<i>P</i> 值		<0.001	<0.001	<0.001

注：<sup>a</sup>表示与对照组比较  $P < 0.05$ 。

### 3.4. 细胞因子与肺功能指标相关性分析

相关性分析显示, IL-6、IL-8 水平分别与 FEV1%、FEV1/FVC 均呈显著负相关( $P < 0.05$ ), 而与 FVC% 无统计学意义( $P > 0.05$ )。TGF- $\beta$ 1、TNF- $\alpha$  分别与 FVC%、FEV1%、FEV1/FVC 均无统计学意义( $P > 0.05$ ) (见表 4)。

**Table 4.** Correlation analysis between cytokines and pulmonary function parameters

**表 4.** 细胞因子与肺功能指标相关性分析

肺功能指标	IL-6		IL-8		TGF- $\beta$ 1		TNF- $\alpha$	
	<i>r</i> 值	<i>P</i> 值	<i>r</i> 值	<i>P</i> 值	<i>r</i> 值	<i>P</i> 值	<i>r</i> 值	<i>P</i> 值
FVC%	-0.104	0.358	-0.145	0.199	-0.054	0.560	-0.160	0.080
FEV1%	-0.419	<0.001	-0.250	0.025	-0.014	0.882	-0.156	0.090
FEV1/FVC	-0.356	<0.001	-0.243	0.030	-0.151	0.101	-0.177	0.080

注: 根据 Pearson 相关系数的绝对值,  $|r| \geq 0.4$  为中等强度相关,  $0.2 \leq |r| < 0.4$  为弱相关。IL-6 与 FEV1% 的相关性( $r = -0.419$ )为中等强度负相关, IL-8 与 FEV1% 的相关性( $r = -0.250$ )为弱负相关。

### 3.5. 肺功能是否损伤状态下接尘组工人基线特征比较

根据 2.3 中定义的判定标准, 将接尘组分为肺未损伤组( $n = 84$ )与肺损伤组( $n = 76$ )。两组在工龄、IL-6 和 IL-8 表达水平差异具有统计学意义( $P < 0.05$ ); 其余分布差异无统计学意义( $P > 0.05$ ) (见表 5)。

## 4. 讨论

煤炭是全球重要能源之一, 但煤矿工人却面临粉尘等诸多健康威胁[9]。粉尘被巨噬细胞吞噬后并滞留于气道, 引发炎症、分泌物增多、气道痉挛及狭窄, 进而损害肺通气功能, 可表现为限制性、阻塞性或混合性通气障碍。本研究中接尘组的 FVC%、FEV1% 及 FEV1/FVC 均显著低于对照组, 提示存在阻塞性通气功能障碍, 表明职业性粉尘暴露与肺功能下降显著相关[10] [11]。此外, 接尘组吸烟率达 73.3%。烟草烟雾含上千种化学物质, 长期吸烟可致慢性炎症、抑制免疫功能及肺功能下降。Hochgatterer 等[12]的研究表明, 吸烟与粉尘暴露对肺功能的负面影响具有协同作用, 因此建议接尘工人更应该严格戒烟。

**Table 5.** Baseline characteristics of dust-exposed workers according to the presence or absence of pulmonary function impairment**表 5.** 肺功能是否损伤状态下接尘组工人基线特征描述

项目	肺未损伤(n = 84)	肺损伤组(n = 76)	t/z/ $\chi^2$	P
年龄(岁, $\bar{x} \pm s$ )	44.43 $\pm$ 6.11	46.42 $\pm$ 6.78	-1.382	0.171
BMI (kg/m <sup>2</sup> , $\bar{x} \pm s$ )	25.53 $\pm$ 3.76	25.84 $\pm$ 3.23	-0.395	0.694
TGF- $\beta$ 1 (2100~62,200 pg/ml)	8230.51 $\pm$ 1854.57	8353.24 $\pm$ 1969.62	-0.287	0.775
IL-6 (0~630 pg/ml)	99.77 (65.44, 132.46)	118.44 (70.48, 208.85)	-2.072	0.038
IL-8 (270~41,750 pg/ml)	4919.18 (4481.10, 5329.89)	5178.52 (4684.41, 5489.25)	-1.619	0.042
TNF- $\alpha$ (0~108,430 pg/ml)	4.93 (2.71, 4.93)	4.93 (2.71, 6.99)	-0.818	0.413
工龄, n (%)			3.913	0.047
11~20 年	35 (41.67)	25 (32.89)		
21~30 年	20 (23.81)	36 (47.37)		
31~40 年	29 (34.52)	15 (19.74)		
是否吸烟, n (%)			3.495	0.174
是	61 (72.62)	50 (65.79)		
否	23 (27.38)	26 (34.21)		
是否饮酒, n (%)			0.000	0.990
是	20 (23.81)	27 (35.53)		
否	64 (76.19)	49 (64.47)		

通常约 98% 的呼吸道粉尘颗粒可通过咳嗽和咳痰排出体外, 仅 2% 的粉尘会滞留在肺内, 但长期暴露可使肺内的粉尘积累量逐渐增加, 导致肺功能受损。研究表明, 煤矿工人的肺功能损害与接尘工龄呈正相关, 工龄越长, 吸入的粉尘量和肺内积累的粉尘越多, 导致肺功能变化愈加显著, 尤其是工龄超过 25 年时, 肺通气功能的各项指标会显著下降[13]。这与本研究对肺未损伤组与肺损伤组的接尘工人进行基线特征比较显示, 工龄是影响职业性粉尘暴露工人肺功能损伤的危险因素现象一致。

IL-6 是一种由巨噬细胞、成纤维细胞和内皮细胞分泌的细胞因子, 在调控机体免疫反应、炎症反应及组织修复过程中发挥着核心作用[14]。IL-8 是由成纤维细胞、中性粒细胞和气管平滑肌细胞等分泌的细胞因子, 在多种炎症性疾病的发生中扮演着重要角色。本研究结果表明, 长期接触粉尘的工人 IL-6 和 IL-8 水平明显高于对照组, 且与接尘时间呈正相关, 本研究中 TGF- $\beta$ 1、TNF- $\alpha$  表达水平与对照组比较无明显差异, 这与付慧梅[15]在矽肺早期诊断中的作用研究中发现矽肺患者的血清样品中 TNF- $\alpha$ 、TGF- $\beta$ 1 含量明显高于对照组的结果不一致, 对此可能的病理生理学解释是: TGF- $\beta$ 1 是肺纤维化进程中的核心驱动因子, 主要在纤维化结节形成和细胞外基质沉积阶段显著升高。而本研究对象为接尘工人, 处于粉尘暴露后早期炎症反应阶段, 肺部尚未出现明显纤维化改变, 因此血清 TGF- $\beta$ 1 水平未显著升高。TNF- $\alpha$  作为经典的急性期炎症因子, 其释放具有快速而短暂的特点, 在慢性持续性低度炎症刺激下, 其表达水平可能恢复至基线, 或表现为组织局部的升高而非全身血清水平的持续改变。因此, 这两个因子在评估接尘

工人早期肺部健康变化中的价值有限, 其作为生物标志物的潜力仍需在未来更晚期或特定表型人群中进一步验证。

此外, 对肺功能是否损伤状态下接尘组工人基线特征比较, 肺未损伤组与肺损伤组在工龄、IL-6 和 IL-8 表达水平上, 差异具有统计学意义。这些均提示 IL-6 和 IL-8 可能在接尘工人的肺部炎症反应及器官损伤中发挥重要作用, 且 IL-6 和 IL-8 的水平变化与粉尘暴露密切相关, 然而, 需要客观认识到, IL-6 和 IL-8 均为非特异性炎症指标, 其血清水平升高可见于感染、自身免疫病、代谢综合征等多种疾病状态。在实际职业健康筛查中, 单独使用这两个指标存在一定的假阳性风险, 需要结合粉尘暴露史、影像学表现和肺功能检测结果进行综合判断, 以避免过度诊断或误判。本研究中 IL-6 和 FEV1% 呈中等强度负相关( $r = -0.419$ ), IL-8 和 FEV1% 呈弱负相关( $r = -0.250$ ), 提示 IL-6 与肺功能损害的关系更为密切, 但两个指标均不足以作为独立的诊断工具。因此, 将 IL-6 和 IL-8 可以考虑将其作为评估接尘工人肺部健康状况的潜在生物标志物, 为煤矿工人的职业健康管理及早期干预提供科学依据。

**研究局限性:** 本研究存在以下局限性需要说明: 第一, 研究采用横断面设计, 无法确定 IL-6、IL-8 水平升高与肺功能下降之间的因果关系, 纵向队列研究将有助于阐明二者的时间顺序。第二, 样本量相对有限(接尘组 160 例, 对照组 80 例), 且均来自太原市单一煤矿区, 研究结论的外推性受到一定限制, 未来需要在多中心、更大样本的人群中进行验证。第三, 本研究未对粉尘暴露量进行个体化定量评估(如累积接尘量、粉尘中游离 SiO<sub>2</sub> 含量等), 而不同暴露水平可能与细胞因子反应强度密切相关。第四, 细胞因子仅检测了单次血样, 未能动态观察其在接尘过程中的变化趋势, 且未检测其他潜在相关因子(如 IL-1 $\beta$ 、IL-17 等)。第五, 未能对肺损伤组工人按损伤类型(限制性、阻塞性或混合性通气障碍)进行亚组分析, 可能掩盖了细胞因子与不同类型肺功能损伤的特异性关联。未来研究应针对上述不足进行更精细的设计。

综上所述, IL-6 和 IL-8 水平的升高以及肺功能的下降可反映煤矿工人肺部健康的变化。ELISA 法检测细胞因子可靠、便捷且重复性良好, 肺功能检查无创、经济且便捷, 二者结合有助于全面评估煤矿工人的肺部健康状况, 从而实现早期预警、有效干预, 减少尘肺的发病率和病死率, 保护煤矿工人的身体健康。

## 声 明

本研究已通过太原市中心医院医学伦理委员会批准(2023047); 告知参与者本研究过程及目的后签署知情同意书。

## 基金项目

太原市科技局 2022 年区域医疗中心科技创新计划项目(项目编号: 202244)。

## 参考文献

- [1] Liu, T. and Liu, S. (2020) The Impacts of Coal Dust on Miners' Health: A Review. *Environmental Research*, **190**, Article ID: 109849. <https://doi.org/10.1016/j.envres.2020.109849>
- [2] Li, L., Jiang, M., Li, X. and Zhou, B. (2021) Association between Coalmine Dust and Mortality Risk of Lung Cancer: A Meta-Analysis. *BioMed Research International*, **2021**, Article ID: 6624799. <https://doi.org/10.1155/2021/6624799>
- [3] 中华人民共和国国家卫生健康委员会. 2023 年我国卫生健康事业发展统计公报[EB/OL]. 2024-08-29. [https://www.gov.cn/lianbo/bumen/202408/content\\_6971241.htm](https://www.gov.cn/lianbo/bumen/202408/content_6971241.htm), 2024-09-01.
- [4] Qi, X., Luo, Y., Song, M., Liu, Y., Shu, T., Liu, Y., et al. (2021) Pneumoconiosis: Current Status and Future Prospects. *Chinese Medical Journal*, **134**, 898-907. <https://doi.org/10.1097/cm9.0000000000001461>
- [5] Shi, P., Xing, X., Xi, S., Jing, H., Yuan, J., Fu, Z., et al. (2020) Trends in Global, Regional and National Incidence of Pneumoconiosis Caused by Different Aetiologies: An Analysis from the Global Burden of Disease Study 2017. *Occupational and Environmental Medicine*, **77**, 407-414. <https://doi.org/10.1136/oemed-2019-106321>

- [6] 娄贺仁, 王欣. 我国尘肺病疾病负担的研究进展[J]. 中华劳动卫生职业病杂志, 2023, 41(2): 155-160.
- [7] 王雪涛, 张鸽. 不同煤种呼吸性粉尘与尘肺病患病风险的剂量-反应关系分析[J]. 中华流行病学杂志, 2020, 41(7): 1068-1071.
- [8] 张鸽, 王雪涛. 煤尘累积接尘量与尘肺病患病风险的剂量-反应关系分析[J]. 中华劳动卫生职业病杂志, 2020, 38(6): 433-437.
- [9] Blackley, D.J., Halldin, C.N. and Laney, A.S. (2018) Continued Increase in Prevalence of Coal Workers' Pneumoconiosis in the United States, 1970-2017. *American Journal of Public Health*, **108**, 1220-1222. <https://doi.org/10.2105/ajph.2018.304517>
- [10] Wei, W., Wu, X., Bai, Y., Li, G., Meng, H., Feng, Y., *et al.* (2021) Arsenic Exposure and Its Joint Effects with Cigarette Smoking and Physical Exercise on Lung Function Impairment: Evidence from an Occupational Cohort Study. *Environmental Research*, **196**, Article ID: 110419. <https://doi.org/10.1016/j.envres.2020.110419>
- [11] Girma, F. and Kebede, Z. (2019) Dust Exposure Associations with Lung Function among Ethiopian Steel Workers. *Annals of Global Health*, **85**, Article No. 12. <https://doi.org/10.5334/aogh.2422>
- [12] Hochgatterer, K., Moshhammer, H. and Haluza, D. (2013) Dust Is in the Air: Effects of Occupational Exposure to Mineral Dust on Lung Function in a 9-Year Study. *Lung*, **191**, 257-263. <https://doi.org/10.1007/s00408-013-9463-7>
- [13] 李志恒. 某煤矿接尘作业职工接尘工龄与高千伏 X 线胸片及肺功能损害情况[J]. 职业与健康, 2012, 28(2): 133-135.
- [14] Dawson, R.E., Jenkins, B.J. and Saad, M.I. (2021) IL-6 Family Cytokines in Respiratory Health and Disease. *Cytokine*, **143**, Article ID: 155520. <https://doi.org/10.1016/j.cyto.2021.155520>
- [15] 付慧梅. 矽尘暴露人员体内硅元素水平联合相关细胞因子在矽肺早期诊断中的作用研究[D]: [硕士学位论文]. 秦皇岛: 华北理工大学, 2021.