

## Original article

## Evaluation of the Relationship between the Concentration of Suspended Particles and the Levels of C-Reactive Protein in Blood Plasma (Case study of Zahedan)

Abdolali khammari<sup>1</sup>Mohsen Dahghani Ghnataghestani<sup>2\*</sup>Hossein Kamani<sup>3</sup>Ebrahim Alijani<sup>4</sup>

- 1- Ph.D. Student, Department of Environmental Science and Engineering, Faculty of Natural Resources, Bandar Abbas Branch, Islamic Azad University, Bandar Abbas, Iran
- 2- Associate Professor, Department of Environmental Science and Engineering, Faculty of Natural Resources, Bandar Abbas Branch, Islamic Azad University, Bandar Abbas, Iran
- 3- Associate Professor, Health Promotion Research Center, Zahedan University of Medical Sciences, Zahedan, Iran
- 4- Assistant Professor, Department of Immunology, Clinical Immunology Research Center, Zahedan University of Medical Sciences, Zahedan, Iran

**\*Corresponding author:** Mohsen Dahghani Ghnataghestani, Department of Environmental Science and Engineering, Faculty of Natural Resources, Bandar Abbas Branch, Islamic Azad University, Bandar Abbas, Iran

**Email:** dehghani933@gmail.com

**Received:** 10 July 2021

**Accepted:** 05 September 2021

### ABSTRACT

**Introduction and purpose:** Epidemiological research pointed to an association between air pollution and increased mortality from cardiovascular complications. There is a relationship between the incidence of cardiovascular complications and increased levels of C-reactive protein (hs-CRP). The present study aimed to determine the relationship between particulate matter concentration ( $PM_{10}$ ) and C-reactive protein in healthy youth in Zahedan.

**Methods:** This longitudinal study was performed from February 2016 to October 2017. The concentration of suspended particles ( $PM_{10}$ ) was measured by the environmental method once every 6 days and on all dusty days. Moreover, in different conditions of air pollution, the amount of C-reactive protein in the blood samples of 40 volunteers aged 18-30 years was measured by enzyme-linked immunosorbent assay. The relationship between biomarkers and different air pollution conditions was investigated using a t-test.

**Results:** The minimum, mean, and maximum concentrations of suspended particles ( $PM_{10}$ ) were reported as  $30.75 \pm 9.8$ ,  $187.5 \pm 183.44$ ,  $2366.75 \pm 936.38$  micrograms per cubic meter, respectively. The lowest rate is in February and the highest in August. Moreover, the minimum, mean, and maximum concentrations of C-reactive protein were obtained at  $12 \pm 9.6$ ,  $3.88 \pm 1.69$ ,  $9.95 \pm 2.39$   $\mu\text{g/ml}$ , respectively. Plasma C-reactive protein levels in air pollution conditions were significantly higher than those obtained in normal conditions ( $P < 0.05$ ).

**Conclusion:** As evidenced by the obtained results, there was a direct relationship between the dust storm and C-reactive protein. Since cardiovascular and respiratory diseases are exacerbated when the concentration of particulate matter is above the standard, health programs and individual care need to receive assiduous attention.

**Keywords:** Air pollution, Cardiovascular diseases, C-reactive protein, Particulate matter ( $PM_{10}$ ), Zahedan

► **Citation:** Khammari A, Dahghani Ghnataghestani M, Kamani H, Alijani E. Evaluation of the relationship between the concentration of suspended particles and the levels of C-reactive protein in blood plasma (Case study of Zahedan). Journal of Health Research in Community. Autumn 2021;7(3): 1-13.

## مقاله پژوهشی

## بررسی ارتباط بین غلظت ذرات معلق و سطوح پروتئین واکنشی C پلاسمای خون (مطالعه موردی شهر زاهدان)

## چکیده

عبداللهی خمری<sup>۱</sup>محسن دهقانی قناعتستانی<sup>۲\*</sup>حسین کمانی<sup>۳</sup>ابراهیم علیجانی<sup>۴</sup>

**مقدمه و هدف:** تحقیقات اپیدمیولوژیکی ارتباط بین آلودگی هوا را با افزایش مرگ و میر ناشی از عوارض قلبی عروقی نشان می‌دهد. بین بروز عوارض قلبی عروقی و افزایش سطح پروتئین واکنشی C (PRC-sh) ارتباط وجود دارد. مطالعه حاضر با هدف تعیین ارتباط بین غلظت ذرات معلق ( $PM_{10}$ ) و پروتئین واکنشی C روی جوانان سالم شهر زاهدان انجام شد.

**روش کار:** این مطالعه طولی از بهمن ۱۳۹۷ تا مهر ۱۳۹۸ انجام شد. سنجش غلظت ذرات معلق ( $PM_{10}$ ) به روش محیطی هر ۶ روز یک بار و در تمام روزهای گردوغباری انجام شد. همچنین در شرایط مختلف آلودگی هوا، میزان پروتئین واکنشی C در نمونه‌های خونی ۴۰ داوطلب در سنین ۱۸ تا ۳۰ سال اندازه‌گیری شد. ارتباط بین متغیرها با استفاده از آزمون آماری تی بررسی شد.

**یافته‌ها:** حداقل، میانگین و حداکثر غلظت ذرات معلق ( $PM_{10}$ ) به ترتیب  $9/8 \pm 30/75$ ،  $183/44 \pm 187/5$  و  $936/38 \pm 2366/75$  میکروگرم در مترمکعب بود. کمترین میزان در بهمن و بیشترین در مرداد بود. حداقل، میانگین و حداکثر غلظت پروتئین واکنشی C به ترتیب  $96/12 \pm 1/69$ ،  $3/88 \pm 2/39$  و  $9/95 \pm 2/39$  میکروگرم در میلی‌لیتر بود. سطوح پروتئین واکنشی C پلاسما در شرایط آلودگی هوا به‌طور معناداری بیشتر از شرایط نرمال بود ( $p < 0/05$ ).

**نتیجه‌گیری:** بین وضعیت گردوغبار و پروتئین واکنشی C رابطه مستقیمی وجود داشت. با توجه به تشدید بیماری‌های قلبی عروقی و تنفسی در مواقعی که غلظت ذرات معلق بیش از حد استاندارد است، توجه به برنامه‌های بهداشتی و مراقبت‌های فردی ضروری است.

**کلمات کلیدی:** آلودگی هوا، بیماری‌های قلبی عروقی، پروتئین واکنشی C، ذرات معلق، شهر زاهدان

۱. دانشجوی دکتری تخصصی، گروه علوم و مهندسی محیط‌زیست، دانشکده منابع طبیعی، واحد بندرعباس، دانشگاه آزاد اسلامی، بندرعباس، ایران
۲. دانشیار، گروه علوم و مهندسی محیط‌زیست، دانشکده منابع طبیعی، واحد بندرعباس، دانشگاه آزاد اسلامی، بندرعباس، ایران
۳. دانشیار، مرکز تحقیقات ارتقای سلامت، دانشگاه علوم پزشکی زاهدان، زاهدان، ایران
۴. استادیار، گروه ایمنولوژی، مرکز تحقیقات ایمنولوژی بالینی، دانشگاه علوم پزشکی زاهدان، زاهدان، ایران

\* نویسنده مسئول: محسن دهقانی قناعتستانی، گروه علوم و مهندسی محیط‌زیست، دانشکده منابع طبیعی، واحد بندرعباس، دانشگاه آزاد اسلامی، بندرعباس، ایران

Email: dehghani933@gmail.com

تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۰۴/۱۹

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۰۶/۱۴

◀ **استناد:** خمری، عبداللهی؛ دهقانی قناعتستانی، محسن؛ کمانی، حسین؛ علیجانی، ابراهیم. بررسی ارتباط بین غلظت ذرات معلق و سطوح پروتئین واکنشی C پلاسمای خون (مطالعه موردی شهر زاهدان). مجله تحقیقات سلامت در جامعه، پاییز ۱۴۰۰، شماره ۷، ۱۳-۱.

## مقدمه

آلودگی هوا یکی از معضلات جهان کنونی است. احتراق سوخت‌های فسیلی ناشی از مصارف انسانی به‌ویژه وسایط نقلیه

مهم‌ترین عامل آلودگی هوای شهری محسوب می‌شود [۱]. وجود ذرات معلق موجود در هوا با منشأ طبیعی و انسانی، تأثیرات قابل توجهی بر آب‌وهوا، محیط‌زیست و سلامت انسان دارند [۲،۳]. مطالعات مرگ‌ومیر حدود ۴۰۰ هزار تا ۲ میلیون نفر را در سال به علت آلودگی هوای ناشی از ذرات معلق نشان می‌دهد [۴]. تحقیقات جدید بیانگر ارتباط این ذرات با بیماری‌های متابولیک از قبیل دیابت و آترواسکلروز و همچنین بیماری‌های نورولوژیک است [۵،۶].

اثرات بهداشتی مواجهه با آلودگی هوا به‌صورت حاد یا مزمن شامل تحریک جزئی سیستم تنفسی، آسم، COPD، بیماری‌های قلبی عروقی، سرطان ریه و اثرات عصبی است [۷]. طبق مطالعات اپیدمیولوژیک اخیر، آلودگی هوا یکی از مهم‌ترین عوامل خطر سکنه قلبی است [۸، ۹]. مطالعات متعددی نشان داده‌اند ارتباط مستقیمی بین غلظت ذرات معلق با نتایج نامطلوب بهداشتی وجود دارد. این ذرات اثرات مستقیم و غیرمستقیم بر سلامتی افراد مورد مواجهه دارد که ممکن است برای افراد با بیماری زمینه‌ای نظیر افراد مبتلا به آسم، بیماری انسداد مزمن ریوی، بیماری‌های قلبی ریوی و گروه‌های حساسی چون کودکان و سال‌خوردگان اهمیت و جایگاه خاصی داشته باشد [۱۰، ۱۱، ۱۲]. علاوه بر این، ارتباط بین ذرات معلق با افزایش حوادث قلبی عروقی مانند مرگ‌ومیر ناشی از عوارض قلبی عروقی گزارش شده است [۱۲]. رابطه بین قرارگرفتن در معرض آلودگی هوا و بیماری‌های قلبی عروقی به دلیل چندین علت پاتوفیزیولوژیک از جمله استرس اکسیداتیو، التهاب سیستمیک و انعقادی است. یکی از پاسخ‌های بدن انسان به پدیده تخریب عروق یا التهاب از طریق استفاده از فاکتورهای انعقادی و تشکیل ترومبوز است و فیبرینوژن در این روند نقش اساسی دارد [۱۱، ۱۳]. مکانیسم‌های بیولوژیکی مرتبط با قرارگرفتن در معرض ذرات معلق و ایجاد ترومبوآمبولی وریدی به‌طور کامل شناسایی نشده‌اند، اگرچه به‌عنوان یکی از مکانیسم‌های احتمالی انعقادپذیری زیاد و افزایش ترومبوز مطرح شده است [۱۴، ۱۵]. استنشاق ذرات ریز سبب تحریک التهاب در ریه می‌شود و این

موضوع سبب آزادشدن واسطه‌های التهابی به جریان خون می‌شود [۱۶]. التهاب یک پاسخ فیزیولوژیک به محرک‌های متنوعی مثل عفونت‌ها و آسیب‌های بافتی است. به‌طور معمول، پاسخ التهابی حاد، یک مرحله سریع و شدید با دوره کوتاه است. التهاب حاد معمولاً با واکنش سیستمیک با عنوان پاسخ فاز حاد همراه است که تغییر سریع در میزان چندین پروتئین پلاسمایی از مشخصات آن است [۱۷]. نشانه‌های پاسخ التهابی شامل تورم، قرمزی، گرما، درد و رهاشدن واسطه‌های دخیل در پاسخ‌های التهابی است. در بین این واسطه‌ها، پروتئین‌های التهابی از جمله پروتئین واکنشی C (CRP) است [۱۸، ۱۹]. این پروتئین یکی از پروتئین‌های فاز حاد است که میزان سرمی آن در طول پاسخ فاز حاد ۱۰۰۰ برابر افزایش می‌یابد [۲۰]. پروتئین واکنشی C یا سی‌آرپی (C-Reactive Protein) نام پروتئینی است که در کبد و در پاسخ به فاکتورهای آزادشده از ماکروفاژ و سلول چربی سنتز می‌شود و در موارد التهاب و روماتیسم در خون افزایش می‌یابد. با توجه به اهمیت CRP به‌عنوان یک یافته تشخیصی، مطالعات متعددی در رابطه با اندازه‌گیری سطح CRP سرم انجام شده است و در سال‌های اخیر نیز مطالعات گسترده‌ای در زمینه اندازه‌گیری سطح CRP در مایعات مختلف بدن به‌منظور غربالگری، تشخیص، ارزیابی شدت بیماری و پاسخ به درمان انجام شده است [۲۱].

امروزه برنامه‌های پایش زیستی انسانی به‌منظور به‌دست‌آوردن اطلاعاتی در رابطه با حضور آلاینده‌های محیطی و اثرات آن‌ها بر انسان اجرا می‌شوند [۲۲]. با استفاده از برنامه‌های پایش زیستی می‌توان به درک روشنی از متابولیسم و مکانیسم آلاینده‌ها در بدن انسان دست یافت. از این‌رو این برنامه‌ها هم برای متخصصان و هم برای تصمیم‌گیرندگان ابزاری سودمند خواهد بود. برنامه‌های پایش بایومارکرهای انسانی برای اغلب ترکیباتی قابل اجراست که حضور آن‌ها در محیط‌زیست موجب نگرانی‌های بهداشتی می‌شود [۲۳]. با توجه به اهمیت CRP به‌عنوان یک بایومارکرهای انسانی و یافته تشخیصی، مطالعات متعددی در رابطه با اندازه‌گیری سطح CRP سرم انجام شده است و در سال‌های اخیر نیز مطالعات گسترده‌ای

در زمینه اندازه‌گیری سطح CRP در مایعات مختلف بدن به منظور غربالگری، تشخیص، ارزیابی شدت بیماری و پاسخ به درمان انجام شده است [۲۱]. مطالعه جعفری و همکاران روی دو گروه از افراد ساکن شهر و ساکن روستا در زمینه تأثیر شرایط مختلف آلودگی هوا (اینورژن، فصل سرد، فصل گرم) بر نشانگرهای زیستی نشان داد تفاوت غلظت نشانگرهای زیستی IL-6، hs-CRP و WBCs در شرایط مختلف آلودگی هوا و شرایط کنترل در هر دو گروه معنی‌دار بوده است ( $P < 0.05$ ) [۲۴].

مطالعه‌ای در کشور پاکستان اثرات آلاینده‌های ترافیکی را بر نشانگرهای التهابی (CRP، لکوسیت‌ها، TNF- $\alpha$ ، IL-6، TNF- $\beta$  (tumor necrotic factor- $\beta$ )) در رانندگان سالم (غیرسیگاری) با میانگین سنی ۱۸ تا ۴۰ سال که روزانه حداقل شش ساعت با ترافیک سروکار داشتند، در شهر حیدرآباد بررسی کرد. یافته‌های مطالعه نشان داد تقریباً همه نشانگرهای التهابی مطالعه‌شده با آلاینده‌های ترافیکی ارتباط مثبت داشتند و این وضعیت ممکن است خطر بیماری‌های سیستمیک را افزایش دهد [۲۵]. مطالعات متعدد اپیدمیولوژیکی و تجربی نشان داده‌اند قرار گرفتن در معرض PM باعث افزایش سطح نشانگرهای التهابی، پروتئین واکنشی C، اینترلوکین ۶ (In-6: IL-6) و نکروز تومور فاکتور ۲ (Tumor Necrosis Factor Receptor 2: TNF-RII) در خون می‌شود [۲۶]. مطالعه حسوند و همکاران (۲۰۱۷) روی ۴۰ جوان سالم در تهران، ارتباط معنی‌داری را بین غلظت ذرات PM<sub>10</sub> با نشانگر CRP نشان داد [۲۷]. در مطالعه‌ای که Schneider و همکارانش (۲۰۱۰) انجام دادند، افزایش قطر عروق خونی وابسته به آندوتلیال در روز اول افزایش غلظت PM هوای آزاد کاهش یافت، درحالی‌که ظرفیت عروق کوچک در ۱ تا ۳ روز پس از افزایش غلظت PM هوای آزاد دچار آسیب شد [۲۸].

درک بهتر منشأ ذرات، اجزای مختلف و اثرات آن‌ها بر سلامتی به‌منظور مدیریت بهتر در زمینه کاهش غلظت ذرات معلق بسیار

مهم است [۲۹، ۲۶]. حوزه سیستان به علت خشک‌شدن دریاچه هامون با ۴۸۰۰ کیلومتر مربع مساحت، میانگین بارش سالانه کم و پوشش گیاهی ضعیف کانون‌های برداشت گردوغبار زیادی دارد که سبب وقوع طوفان‌های بسیار شدیدی در منطقه شده است [۳۰]. یکی از مشکلات مربوط به آلودگی هوا در جنوب شرقی ایران، وزش بادهای طولانی‌مدت است. این بادهای از اوایل اردیبهشت تا اواخر شهریور ادامه دارد و به بادهای ۱۲۰ روزه سیستان معروف است. وزش چنین بادهایی با سرعت بیش از ۱۰۰ کیلومتر در ساعت موجب ایجاد گردوغبار در منطقه جنوب شرق بخصوص شهر زاهدان با جمعیتی بیش از یک میلیون نفر می‌شود. منطقه سیستان با میانگین ۸۰/۷ روز طی یک دوره پنج ساله (۱۹۹۰ تا ۱۹۹۵) رتبه دوم وقوع طوفان‌های گردوغبار را در آسیا دارد [۳۱]. بر اساس رتبه‌بندی جهانی انجام‌شده در سال ۲۰۱۶، منطقه سیستان بیشترین سطح غلظت ذرات معلق PM<sub>2.5</sub> را در جهان دارد و سومین شهر آلوده جهان از نظر غلظت ذرات معلق (PM<sub>10</sub>) است [۳۲]. حضور این ذرات گردوغبار در منطقه اثرات سویی بر سلامتی افراد دارد. ما فرض می‌کنیم که نشانگرهای زیستی التهابی، استرس اکسیداتیو و انعقادی ازجمله پروتئین واکنشی C با قرارگرفتن در معرض ریزگردها ارتباط مثبت دارند. بر اساس بررسی‌ها، هیچ مطالعه‌ای درباره اثرات انسانی بادهای ۱۲۰ روزه روی ساکنان شهر زاهدان انجام نشده است. از این رو، این پژوهش با هدف تعیین غلظت ذرات معلق (PM<sub>10</sub>) ناشی از بادهای ۱۲۰ روزه سیستان و تعیین ارتباط بین غلظت ذرات معلق (PM<sub>10</sub>) و سطح پروتئین واکنشی C موجود در پلاسمای خون افراد سالم شهر زاهدان انجام شد.

## روش کار

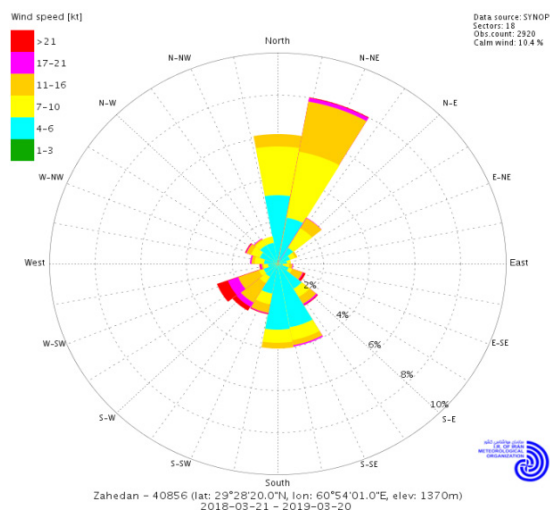
### مشخصات منطقه مطالعه‌شده

شهر زاهدان مرکز شهرستان زاهدان و استان سیستان و بلوچستان در شرق ایران قرار دارد. این شهر از نظر موقعیت جغرافیایی در

نفر در نظر گرفته شد. به منظور کاهش عوامل مخدوش کننده، هر فرد به عنوان گروه کنترل خود در طول زمان در نظر گرفته شد.

#### روش نمونه برداری و اندازه گیری ذرات معلق هوا

پس از انجام مطالعات جامع در خصوص وضعیت اقلیمی و جغرافیایی و تهیه نقشه های رقومی ۱:۱۰۰۰۰ شهر زاهدان، ایستگاه های اندازه گیری در سطح شهر با در نظر گرفتن مناطق مسکونی، تجاری، درمانی، صنعتی، ترافیکی، ورودی شهر و فضای سبز تعیین شد. استاندارد پیشنهادی برای انتخاب ایستگاه های سنجش آلاینده های هوا، تلفیقی از استانداردهای کشورهای فرانسه و آمریکا بود [۳۵]. غلظت ذرات  $PM_{10}$  با استفاده از دستگاه نمونه بردار محیطی OMNI (Omni Air Sampler) rfm ساخت شرکت BGI آمریکا با جریان ۵ لیتر در دقیقه روی فیلتر پلی تترافلوئورو اتیلن اندازه گیری شد. نمونه ها با توجه به رهنمود سازمان حفاظت محیط زیست آمریکا و امکانات در دسترس هر ۶ روز یک بار در طول دوره ۲۴ ساعته از بهمن ۱۳۹۷ تا شهریور ۱۳۹۸ در چهار ایستگاه شامل خیابان دانشگاه (مسکونی-آموزشی)، بلوار بهداشت (مسکونی-درمانی)، خیابان آزادی (مسکونی-ترافیکی) و خیابان کوثر (مسکونی-تجاری) جمع آوری شد [۲۷، ۳۶].



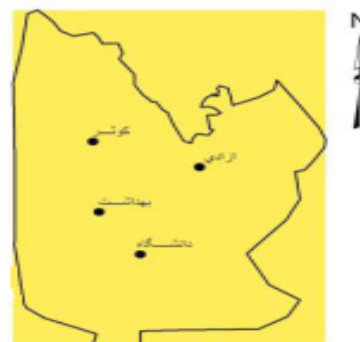
شکل ۲: گلباد سالانه زاهدان در سال ۱۳۹۸-۱۳۹۷ [۳۴]

۵۹ درجه و ۲۵ دقیقه تا ۶۱ درجه و ۵۳ دقیقه طول شرقی و ۲۸ درجه و ۳۲ دقیقه تا ۳۰ درجه و ۲۶ دقیقه عرض شمالی قرار دارد. ارتفاع شهر زاهدان از سطح دریا ۱۳۷۸ متر است. این شهر در سال ۱۳۹۵، ۵۸۷ هزار و ۷۳۰ نفر جمعیت داشته است [۳۳]. در شکل ۱ موقعیت ایستگاه های اندازه گیری ذرات معلق  $PM_{10}$  در شهر زاهدان نشان داده شده است.

شکل ۲ گلباد شهر زاهدان را در سال ۱۳۹۸-۱۳۹۷ نشان می دهد. به طور کلی باد غالب سالانه در زاهدان، بادهای شمال غربی است. بادهای درجه دوم سالانه بادهای جنوب غربی هستند.

#### مشخصات افراد و نمونه های مطالعه شده

در این مطالعه طولی که از نوع مطالعات کوهورت آینده نگر است، طبق مطالعات مشابه دیگران و با استفاده از قضیه حد مرکزی، ۴۰ نفر از افراد جوان سالم (۱۸ تا ۳۰ سال)، دانشجو و ساکن شهر زاهدان از طریق فراخوان برای مصاحبه و تکمیل پرسش نامه انتخاب شدند. انتخاب افراد بر اساس سکونت در محل ایستگاه های نمونه برداری به صورت مساوی بود. سپس از افراد داوطلب رضایت نامه آگاهانه کتبی گرفته شد. با وجود استقبال داوطلبان برای همکاری، در طول مطالعه تعدادی از افراد به دلایل مختلف (بیماری، مسافرت و ...) از ادامه همکاری در مطالعه منصرف و حذف شدند. لذا طبق پیش بینی های اولیه، تعداد افراد داوطلب ۴۸



شکل ۱: موقعیت ایستگاه های اندازه گیری ذرات معلق  $PM_{10}$  در شهر زاهدان

## روش نمونه‌گیری و اندازه‌گیری غلظت پروتئین واکنشی C

در این مطالعه به منظور بررسی تأثیر آلاینده‌های ذره‌ای ( $PM_{10}$ ) هوا بر افراد مطالعه‌شده، به موازات سنجش آلاینده‌های هوا در محیط آزاد، نمونه خون از افراد نیز گرفته شد. تعداد نمونه‌برداری از خون افراد به ازای هر نفر ۵ مرحله انجام شد. یک مرحله در بهمن ماه که آلودگی هوا وجود نداشت (با توجه به عدم سابقه وقوع گردوغبار) و مراحل بعدی در فصول اردیبهشت، خرداد، مرداد و شهریور (زمان وقوع بادهای ۱۲۰ روزه سیستان) یعنی زمان طوفان گردوغبار و آلودگی هوا انجام شد. در ابتدا از طریق مصاحبه خصوصی و با کمک یک پزشک برخی از مشخصات دموگرافیک و سلامتی افراد نظیر سن، میزان فعالیت بدنی، وضعیت کشیدن سیگار، فشار خون سیستولی و دیاستولی با استفاده از دستگاه سنجش فشار خون (ریشتر مدل Exacta1350 ساخت کشور آلمان)، وزن، قد، نمایه توده بدن، دور کمر، سابقه بیماری‌های قلبی، تنفسی و داروهای مصرفی (استاتین و ...) با استفاده از پرسش‌نامه استاندارد مطابق توصیه انجمن متخصصان ریه آمریکا جمع‌آوری شد [۳۷].

در هر بار خون‌گیری ۵ میلی‌لیتر خون از آزمودنی‌ها جمع‌آوری شد که مقدار ۱/۵ میلی‌لیتر از این خون به منظور تهیه سرم برای اندازه‌گیری پروتئین واکنشی C در لوله‌های آزمایش ریخته شد. این نمونه‌ها به مدت ۱۵ دقیقه در هوای اتاق نگهداری و سپس با سرعت ۳۰۰۰ دور در دقیقه و به مدت ۱۰ دقیقه سانتریفوژ و سرم آن‌ها جدا شد. تا زمان آزمایش متغیرهای خونی در دمای ۸۰- درجه سانتی‌گراد نگهداری شدند. غلظت پروتئین واکنشی C با استفاده از کیت‌های مخصوص الایزا از نوع انسانی (۹۶ تایی) سنجش و اندازه‌گیری شد. برای استخراج و قرائت نتایج، کیت‌های الایزا به روش جذب نوری در طول موج ۴۰۵ تا ۴۲۰ نانومتر از دستگاه الایزا ریدر استفاده شد [۳۸].

داده‌های این مطالعه به صورت کمینه، بیشینه، میانگین و انحراف معیار توصیف شده‌اند. به منظور ارائه هرچه بهتر نتایج، بخشی از

یافته‌های این مطالعه توسط نمودار جعبه‌ای با استفاده از نرم‌افزار SPSS نسخه ۲۴ رسم شد. در نمودارهای جعبه‌ای مقادیر کمینه (صدک ۲۵)، میانه (صدک ۵۰) و بیشینه (صدک ۷۵) مدنظر بوده است. همچنین ارتباط بین پروتئین واکنشی C در شرایط بدون آلودگی هوا و فصل وقوع طوفان‌های گردوغباری (Dust storm و آلودگی هوا) در منطقه با استفاده از آزمون آماری تی بررسی شد. در تمام مراحل تحقیق، سطح معناداری برابر با ۵ درصد در نظر گرفته شد.

## یافته‌ها

مطابق جدول ۱، میانگین غلظت  $PM_{10}$  در ماه‌های مختلف بیانگر آن است که حداقل، میانگین و حداکثر غلظت ذرات معلق ( $PM_{10}$ ) به ترتیب  $9/8 \pm 30/75$ ،  $183/44 \pm 187/5$  و  $936/38 \pm 2366/75$  میکروگرم در مترمکعب بوده است. بر این اساس کمترین و بیشترین میزان غلظت  $PM_{10}$  اندازه‌گیری‌شده به ترتیب مربوط به ماه بهمن (شرایط نرمال) و مرداد بود. سازمان حفاظت محیط‌زیست بر اساس کیفیت هوای آزاد حد مجاز غلظت ۲۴ ساعته  $PM_{10}$  را ۱۵۰ میکروگرم در مترمکعب تعیین کرده است [۳۶]. بر اساس شواهد و

جدول ۱: تغییرات غلظت ذرات  $PM_{10}$  (میکروگرم در مترمکعب) در ماه‌های اندازه‌گیری از بهمن ۱۳۹۷ تا شهریور ۱۳۹۸

| ماه         | میانگین | انحراف معیار | حداقل  | حداکثر  |
|-------------|---------|--------------|--------|---------|
| بهمن ۹۷     | ۴۰/۵۵   | ۹/۸۰         | ۳۰/۷۵  | ۵۶/۵۰   |
| اسفند ۹۷    | ۷۶/۵۵   | ۲۰/۵۶        | ۵۸/۷۵  | ۹۹/۲۵   |
| فروردین ۹۸  | ۹۷/۵۰   | ۳۳/۲۴        | ۵۴/۲۵  | ۱۴۰/۰۰  |
| اردیبهشت ۹۸ | ۱۰۳/۳۷  | ۷۲۶/۰۵       | ۶۷/۲۵  | ۱۴۴/۰۰  |
| خرداد ۹۸    | ۱۳۰/۵۵  | ۱۱۴/۶۰       | ۶۹/۵۰  | ۳۳۵/۰۰  |
| تیر ۹۸      | ۲۳۲/۵۰  | ۲۱۶/۰۰       | ۱۱۸/۵۰ | ۶۱۷/۷۵  |
| مرداد ۹۸    | ۶۸۴/۵۰  | ۹۶۳/۳۸       | ۱۱۶/۲۵ | ۲۳۶۶/۷۵ |
| شهریور ۹۸   | ۱۳۴/۸۵  | ۸۳/۸۹        | ۸۰/۲۵  | ۲۸۰/۵۰  |
| کل          | ۱۸۷/۵   | ۱۸۳/۴۴       | ۳۰/۷۵  | ۲۳۶۶/۷۵ |



نشان داد غلظت hs-CRP در زمان عادی و نرمال (ماه بهمن) تفاوت معنی داری با غلظت آن در شرایط گردوغباری دارد ( $P < 0.05$ ).

مطابق شکل ۳، میانگین غلظت hs-CRP در فصول زمستان، بهار و تابستان به ترتیب ۱,۴۸، ۳,۷۲ و ۵,۲۶ میکروگرم بر میلی لیتر بود. همان طور که مشاهده می شود، میانگین غلظت hs-CRP در فصل تابستان بالاترین میزان را دارد.

مطابق شکل ۴، میانگین غلظت پروتئین واکنشی C در شرایط عادی و نرمال (زمان بدون آلودگی هوا) ۱/۴۹ میکروگرم بر میلی لیتر

**جدول ۳: نمایش غلظت ذرات  $PM_{10}$  شهر زاهدان (بر حسب میکروگرم در متر مکعب) در شرایط کنترل (عادی و نرمال) و شرایط آلودگی هوا**

| شرایط مختلف آلودگی هوا                         | میانگین | انحراف معیار | حداقل | حداکثر  |
|------------------------------------------------|---------|--------------|-------|---------|
| شرایط کنترل (شرایط عادی و نرمال) *<br>ماه بهمن | ۴۰/۵۵   | ۸/۷۷         | ۳۰/۷۵ | ۵۶/۵۰   |
| شرایط آلودگی هوا (سایر ماه های اندازه گیری)    | ۲۰۵/۵۷  | ۳۹۲/۶۲       | ۵۴/۲۵ | ۲۳۶۶/۷۵ |
| کل                                             | ۱۲۳/۰۶  | ۲۰۰/۶۹       | ۴۲/۵  | ۱۲۱۱/۶۲ |

\*شرایط کنترل (شرایط عادی و نرمال) فصل زمستان است که طبق شواهد موجود، میزان آلودگی هوای منطقه در پایین ترین سطح نسبت به سایر فصول قرار دارد.

**جدول ۴: تغییرات غلظت hs-CRP (بر حسب میکروگرم در میلی لیتر) در ماه های اندازه گیری از بهمن ۱۳۹۷ تا شهریور ۱۳۹۸ در نمونه های بررسی شده**

| ماه         | میانگین | انحراف معیار | حداقل | حداکثر |
|-------------|---------|--------------|-------|--------|
| بهمن ۹۷     | ۱/۴۸    | ۰/۹۶         | ۰/۱۲  | ۵۶/۳   |
| اردیبهشت ۹۸ | ۲/۸۲    | ۱/۴۵         | ۱/۰۰  | ۵/۷۷   |
| خرداد ۹۸    | ۴/۶۲    | ۱/۹          | ۱/۵۷  | ۷/۹۰   |
| مرداد ۹۸    | ۵/۵۸    | ۲/۳۹         | ۱/۹۷  | ۹/۹۵   |
| شهریور ۹۸   | ۴/۹۴    | ۲/۰۴         | ۱/۷۰  | ۸/۵۵   |
| کل          | ۳/۹     | ۱/۶۹         | ۱/۲۷  | ۵/۹۵   |

نتایج این مطالعه، هوای شهر زاهدان در فصل زمستان و ماه بهمن نسبت به سایر فصول و ماه های سال آلودگی هوای کمتری دارد و غلظت ذرات کمتر از استاندارد است. لذا در این مطالعه فصل زمستان و ماه بهمن به عنوان کنترل (شرایط عادی و نرمال) در نظر گرفته شد. نتایج مربوط به آزمون تی نشان داد غلظت  $PM_{10}$  در زمان عادی و نرمال (ماه بهمن) تفاوت معنی داری با غلظت آن در شرایط گردوغباری دارد ( $P < 0.05$ ).

بر اساس جدول ۲، میانگین غلظت ذرات معلق  $PM_{10}$  در فصل زمستان، بهار و تابستان به ترتیب  $24/31 \pm 58/55$ ،  $65/07 \pm 103/03$  و  $350/48 \pm 584/67$  میکروگرم بر مترمکعب بود که کمترین میزان غلظت  $PM_{10}$  اندازه گیری شده در فصل زمستان و بیشترین مربوط به فصل تابستان است.

مطابق جدول ۳، میانگین غلظت ذرات  $PM_{10}$  هوای شهر زاهدان در شرایط عادی و نرمال (بهمن ماه)  $40/55 \pm 8/77$  میکروگرم در مترمکعب و در شرایط آلودگی هوا (میانگین سایر ماه ها)  $205/57 \pm 392/62$  میکروگرم در مترمکعب اندازه گیری شده است.

بر اساس نتایج جدول ۴، میانگین غلظت hs-CRP در ماه های بهمن، اردیبهشت، خرداد، مرداد و شهریور به ترتیب ۱/۴۸، ۲/۸۲، ۴/۶۲، ۵/۵۸ و ۴/۹۴ میکروگرم بر میلی لیتر بود. بر این اساس کمترین میزان غلظت hs-CRP اندازه گیری شده به ماه بهمن و بیشترین غلظت hs-CRP به مرداد ماه مربوط می شود. نتایج مربوط به آزمون تی

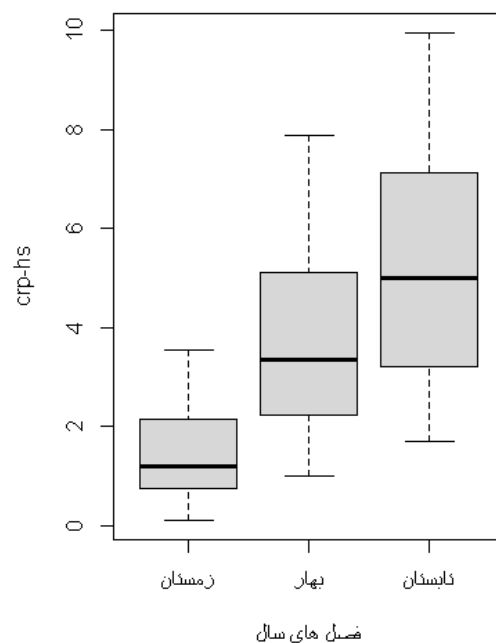
**جدول ۲: نمایش غلظت ذرات  $PM_{10}$  در شهر زاهدان (بر حسب میکروگرم در متر مکعب) در فصل اندازه گیری از بهمن ۱۳۹۷ تا شهریور ۱۳۹۸**

| فصل               | میانگین | انحراف معیار | حداقل | حداکثر  |
|-------------------|---------|--------------|-------|---------|
| زمستان ۹۷ (کنترل) | ۵۸/۵۵   | ۲۴/۳۱        | ۳۰/۷۵ | ۹۹/۲۵   |
| بهار ۹۸           | ۱۱۰/۰۳  | ۶۵/۰۷        | ۵۴/۲۵ | ۳۳۵/۰۰  |
| تابستان ۹۸        | ۳۵۰/۴۸  | ۵۸۴/۶۷       | ۸۰/۲۵ | ۲۳۶۶/۷۵ |
| کل                | ۱۷۳     | ۲۲۴/۶۸       | ۵۵/۰۸ | ۹۳۳/۶۶  |

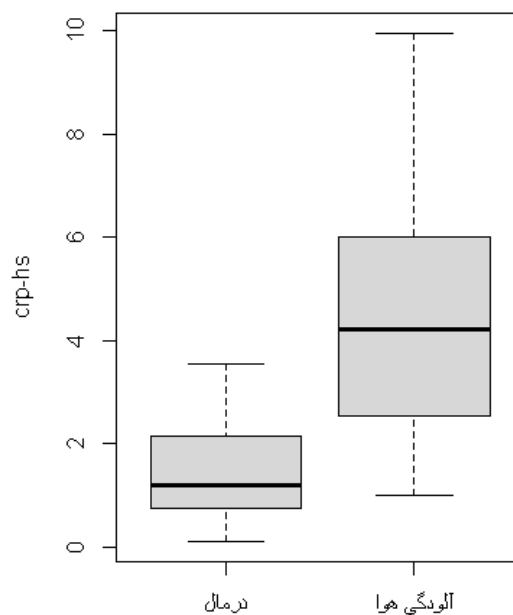
بود. همچنین در زمان مواجهه با پدیده گردوغبار و افزایش غلظت ذرات  $PM_{10}$ ، میزان میانگین غلظت پروتئین واکنشی C به  $4/49$  میکروگرم بر میلی‌لیتر رسید. لذا سطوح پروتئین واکنشی C پلاسما در شرایط آلودگی هوا به‌طور معناداری بیشتر از شرایط عادی و نرمال بود. نتایج مربوط به آزمون تی نشان داد غلظت پروتئین واکنشی C در زمان عادی (نرمال) تفاوت معنی‌داری با غلظت آن در شرایط گردوغباری دارد ( $P < 0/05$ ).

### بحث و نتیجه‌گیری

در محیط‌های شهری، ذرات معلق آلودگی هوا یکی از مهم‌ترین شاخص‌های کیفیت هوا محسوب می‌شوند [۳۹]. بدون تردید ذرات معلق موجود در هوا از نظر اندازه، منبع تولید و ترکیب در مناطق مختلف متفاوت هستند و تحت تأثیر عوامل انسانی و شرایط جغرافیایی و آب‌وهوایی قرار دارند [۴۰]. امروزه مطالعات اپیدمیولوژیک نشان می‌دهد ارتباط معنی‌داری بین عوامل آلودگی هوا به خصوص  $PM_{10}$  و اختلال‌های تنفسی و همچنین بیماری‌های قلبی عروقی وجود دارد [۴۱]. نقش ذرات معلق در اختلال سیستم گوارشی و آثار التهابی این ذرات بر سیستم ایمنی نیز اثبات شده است [۴۲]. طی این مطالعه، غلظت ذرات معلق در فصل بدون آلودگی هوا (شرایط قبل از شروع بادهای موسمی ۱۲۰ روزه) و همچنین زمان وزش بادهای ۱۲۰ روزه (از بهمن ۱۳۹۷ تا شهریور ۱۳۹۸) در منطقه اندازه‌گیری شد. در این مطالعه شرایط کنترل (شرایط عادی و نرمال) مربوط به شرایط اندازه‌گیری ذرات معلق در بهمن ماه است که طبق شواهد موجود، میزان آلودگی هوا در منطقه در پایین‌ترین سطح قرار دارد. با توجه به اینکه سازمان حفاظت محیط‌زیست بر اساس کیفیت هوای آزاد حد مجاز غلظت ۲۴ ساعته  $PM_{10}$  را ۱۵۰ میکروگرم در مترمکعب تعیین کرده است [۳۶]، بر اساس شواهد شهر زاهدان در فصل زمستان و ماه بهمن نسبت به سایر فصول و ماه‌های سال آلودگی هوای کمتری دارد و غلظت ذرات کمتر از استاندارد است. لذا در این



شکل ۳: نمودار غلظت hs-CRP (بر حسب میکروگرم در میلی‌لیتر) در فصل اندازه‌گیری از بهمن ۱۳۹۷ تا شهریور ۱۳۹۸ در نمونه‌های بررسی‌شده



شکل ۴: نمودار غلظت hs-CRP (بر حسب میکروگرم در میلی‌لیتر) در شرایط نرمال و شرایط آلودگی هوا از بهمن ۱۳۹۷ تا شهریور ۱۳۹۸ در نمونه‌های بررسی‌شده



مطالعه فصل زمستان و ماه بهمن به عنوان کنترل (شرایط عادی و نرمال) در نظر گرفته شد.

در جدول ۱، میزان تغییرات ماهانه غلظت ذرات معلق  $PM_{10}$  نشان داده شده است. این مطالعه در ماه‌های بهمن، اسفند، فروردین، اردیبهشت، خرداد، تیر، مرداد و شهریور انجام شد. بیشترین غلظت ذرات معلق  $PM_{10}$  در ماه مرداد اندازه‌گیری شد. دلیل این افزایش ممکن است بروز پدیده طوفان‌های گردوغبار ناشی از بادهای ۱۲۰ روزه سیستان باشد. این پدیده باعث افزایش غلظت ذرات درشت و معلق شدن دوباره ذرات در سطح زمین می‌شود. در این ماه (مرداد ماه) بیشترین غلظت  $PM_{10}$ ، ۱۵ برابر استاندارد (بر اساس کیفیت هوای آزاد) بود. بر اساس نتایج جدول ۲، میانگین غلظت ذرات معلق  $PM_{10}$  در فصل زمستان کمترین میزان و در فصل تابستان بیشترین میزان بوده است. این نتایج با مطالعه راشکی و همکاران در شهر زابل همخوانی دارد. بررسی مقادیر ذرات  $PM_{10}$  در سال‌های ۲۰۱۰ تا ۲۰۱۱ در شهر زابل نشان داد غلظت‌های روزانه  $PM_{10}$  در طوفان‌های شدید گردوغبار تا سطح ۳۰۹۴ میکروگرم در متر مکعب ممکن است افزایش یابد. در حالی که میانگین تغییرات ماهانه  $PM_{10}$  در شهر زابل تا ۵۰۰ میکروگرم در متر مکعب از خرداد ماه تا مهرماه متغیر است [۴۳]. بر این اساس، ارتباط متقابل بین آلودگی هوای شهر زاهدان با پدیده طوفان گردوغبار ناشی از بادهای ۱۲۰ روزه سیستان وجود دارد.

به‌طور کلی به‌منظور مقایسه میزان آلودگی هوا در شرایط عادی نسبت به زمان وزش طوفان‌های موسمی در منطقه، مطابق جدول ۳، میانگین غلظت ذرات  $PM_{10}$  در شرایط آلودگی هوا (میانگین سایر ماه‌ها) نسبت به شرایط عادی و نرمال (ماه بهمن) افزایش چشمگیری نشان می‌دهد. این موضوع در سال‌های آتی با توجه به تداوم خشکسالی‌ها، تغییر کاربری اراضی، تغییرات فرامنطقه‌ای و رشد جمعیت افزایش خواهد داشت. بر اساس نتایج تحقیقی که خسروی و همکارانش در خصوص بررسی اثر تغییرات آب‌وهوایی بر افزایش شدت آلودگی گردوغبار محیطی در زاهدان انجام دادند، میزان گردوغبار سالانه شهرستان زاهدان طی ۱۷ سال اخیر روند رو به

افزایشی داشته است که حداکثر ۱۶۰ روز در سال ۱۹۶۳ و حداقل ۲۲ روز در سال ۱۹۵۴ نشان‌دهنده تغییرات شدید سالانه این پدیده طی دوره مطالعه شده است [۴۴]. با وجود نوسانات شدید سری زمانی، روند افزایشی بخصوص از سال ۲۰۰۰ تاکنون قابل توجه است. سرعت رشد این روند به‌طور متوسط حدود نیم روز در سال است که به‌طور میانگین از ۵۳ روز به ۸۴ روز در سال ۲۰۰۵ افزایش یافته است. نتایج اندازه‌گیری غلظت پروتئین واکنشی C در شرایط مختلف آلودگی هوا طبق شکل ۴ آورده شده است. مقایسه نتایج آماری غلظت پروتئین واکنشی C در شرایط بدون آلودگی هوا (شرایط عادی و نرمال) و شرایط ظهور پدیده گردوغبار نشان می‌دهد تفاوت غلظت‌های پروتئین واکنشی C اختلاف معنی‌داری داشته است ( $p < 0.05$ ). جدول ۴ نتایج اندازه‌گیری غلظت hs-CRP را در افراد ساکن شهر زاهدان در ماه‌های مختلف سال، در بازه زمانی بهمن ۱۳۹۷ تا شهریور ۱۳۹۸ نشان می‌دهد. بیشترین میزان غلظت hs-CRP در ماه مرداد (۵ میکروگرم بر میلی‌لیتر) و کمترین آن در بهمن با غلظت ۱/۴۸ میکروگرم بر میلی‌لیتر بوده است. با توجه به بالا بودن میزان ذرات معلق  $PM_{10}$  در مرداد می‌توان ارتباط بین افزایش ذرات و بالا رفتن غلظت hs-CRP را پلاسمای خون افراد ساکن منطقه توجیه کرد. در شکل ۳، میانگین غلظت hs-CRP در فصول زمستان، بهار و تابستان نشان داده شده است. همان‌طور که مشاهده می‌شود، میانگین غلظت hs-CRP در فصل تابستان بیشترین میزان را دارد که به علت وزش طوفان‌های موسمی و مواجهه مردم با غلظت زیاد ذرات معلق، این افزایش در پلاسمای خون افراد مشاهده می‌شود.

در مطالعه Kim و همکاران (۲۰۰۵) غلظت CRP در افراد جوشکار در روزهایی که مشغول جوشکاری بودند، در مقایسه با روزهایی که کار نکردند، افزایش داشت که نشان‌دهنده اثر فلزات موجود در ذرات معلق بر تولید CRP بود [۴۵]. در مطالعه Hampel (۲۰۱۵) و همکاران، بین ذرات معلق حاوی مس و آهن و ذرات  $PM_{10}$  و غلظت CRP همبستگی زیادی وجود داشت [۴۶]. جعفری (۲۰۲۱) اثر شرایط مختلف آلودگی هوا را بر غلظت hs-CRP در گروه‌های مطالعه

رابطه مستقیمی وجود دارد.

با توجه به حساسیت زیاد تعداد WBC با غلظت ذرات معلق مواجهه یافته و همچنین هزینه کم شمارش آن در خون پیشنهاد می شود در مطالعات آتی از آن به عنوان نماینده نشانگرهای التهابی استفاده شود. این یافته ها می تواند راهنمای دست اندر کاران تیم بهداشتی برای برنامه ریزی در پیشگیری از بیماری های غیرواگیر ناشی از گردوغبار در فصل آلودگی هوا باشد.

در انجام این مطالعه محدودیت هایی وجود داشت که می توان به موارد زیر اشاره کرد:

هنگام نمونه برداری محیطی از ذرات معلق، امکان نمونه برداری فردی برای افراد وجود نداشت. اندازه گیری های فردی میزان مواجهه افراد را به طور دقیق تعیین می کند. در این مطالعه منحصراً تأثیر آلودگی هوای ناشی از ذرات معلق بر فاکتورهای التهابی خون انسان اندازه گیری شده است. با توجه به وجود سایر آلاینده های گازی ناشی از منابع آلوده کننده هوا (اتومبیل ها و صنایع) و اثرات آن ها بر سلامتی، اطلاعات در زمینه نوع و غلظت این آلاینده ها می تواند مفید باشد. ریزش افراد داوطلب در مرحله دوم از جمله محدودیت های دیگر طرح بود که با در نظر گرفتن جمعیت اضافه داوطلبان، تعداد نمونه پیش بینی شده محقق شد.

## قدردانی

این مقاله مستخرج از پایان نامه دکتری تخصصی عبدالعلی خمیری، دانشجوی دانشگاه آزاد اسلامی واحد بندرعباس، با عنوان «ارزیابی اثرات ذرات معلق طوفان های گردوغباری از طریق نشانگرهای التهابی در افراد سالم شهر زاهدان» مصوب معاونت پژوهشی دانشگاه آزاد اسلامی واحد بندرعباس با کد ۱۱۴۲۱۲۱۴۹۷۲۰۱۱ است که با حمایت مالی صندوق حمایت از پژوهشگران و فناوران کشور (INSF) با شماره ۹۸۰۰۹۲۲۲ اجرا شده است. نویسندگان این مقاله مراتب تشکر و قدردانی خود را از حامیان مالی و همچنین مسئولان اجرایی سازمان حفاظت محیط زیست و اداره کل هواشناسی استان سیستان و بلوچستان اعلام می کنند.

بررسی کرد. این مطالعه نشان داد اثر شرایط آلودگی هوا بر غلظت hs-CRP از نظر آماری معنی دار بود [۴۷]. در مطالعه دیگر مقدار خطرات بیماری های قلبی عروقی بر اساس غلظت hs-CRP به صورت ریسک کم در غلظت های کمتر از ۱ میکروگرم بر میلی لیتر، ریسک متوسط در غلظت بین ۱ تا ۳ میکروگرم بر میلی لیتر و ریسک زیاد در غلظت های بیش از ۳ میکروگرم بر میلی لیتر گزارش شده است [۴۸].

طبق نتایج این مطالعه، در شهر زاهدان میزان آلودگی هوای مرتبط با منابع انسان ساخت کمتر از آلودگی هوا به دلیل ذرات معلق ناشی از بادهای ۱۲۰ روزه است. همچنین غلظت پروتئین واکنشی C در شرایط آلودگی هوا نسبت به شرایط بدون آلودگی هوا بیشتر بود؛ لذا می توان نتیجه گرفت که علت اصلی افزایش غلظت پروتئین واکنشی C در خون افراد ساکن شهر زاهدان تأثیر ذرات معلق بادهای ۱۲۰ روزه است. Amsalu و همکاران (۲۰۱۹) تأثیر ذرات معلق را روی افراد سالمند بررسی کردند و پیشنهاد دادند با توجه به افزایش خطر بستری شدن سالمندان با نشانه بیماری های قلبی مرتبط با ذرات معلق باید اقدامات احتیاطی و حفاظتی برای کاهش قرارگیری در معرض ذرات معلق ناشی از آلودگی هوا، مخصوصاً برای افراد مسن تقویت شود [۴۹]. در مطالعه مشابهی Lee و همکاران (۲۰۱۸) پژوهشی روی افراد سالم و افراد آسیب پذیر جامعه انجام دادند و به ارتباط واضح بین تماس کوتاه مدت یا بلندمدت با آلودگی هوا و افزایش نشانگرهای التهابی در افراد، به ویژه در زیر گروه های آسیب پذیر پی بردند [۵۰].

در این پژوهش، میزان غلظت ذرات معلق  $PM_{10}$  و غلظت پروتئین واکنشی C (در خون افراد جوان سالم ساکن شهر زاهدان) در شرایط عادی و شرایط وقوع پدیده گردوغبار بررسی شد. بر اساس نتایج به دست آمده، غلظت ذرات معلق  $PM_{10}$  در ماه های مطالعه شده بیشتر از استاندارد بود که بیشترین میزان در ماه مرداد اندازه گیری شد. همچنین غلظت پروتئین واکنشی C در خون افراد جوانی که با گردوغبار مواجهه داشتند، بیشتر از حد نرمال بوده است. تجزیه و تحلیل نتایج نشان داد بین میزان غلظت پروتئین واکنشی C و افزایش غلظت گردوغبار، مخصوصاً هم زمان با وزش بادهای موسمی ۱۲۰ روزه در منطقه سیستان

## References

- Bernstein JA, Alexis N, Barnes C, Bernstein IL, Bernstein JA, Nel A, et al. Health effects of air pollution. *J Allergy Clin Immunol* 2004; 114(5): 1116-23.
- Oudin A, Forsberg B, Adolfsson AN, Lind N, Modig L, Nordin M, et al. Traffic-related air pollution and dementia incidence in Northern Sweden: a longitudinal study. *Environ Health Perspect* 2016; 124(3): 306-12.
- Ghozikali MG, Ansarin K, Naddafi K, Nodehi RN, Yaghmaeian K, Hassanvand MS, et al. Short-term effects of particle size fractions on lung function of late adolescents. *Environ Sci Pollut Res* 2018; 25(22): 21822-32.
- Kim K, Kabir E, Kabir S. A review on the human health impact of airborne particulate matter. *Environ Int* 2015; 74: 136-43.
- Wright JC, Ding Y. Pathophysiological effects of particulate matter air pollution on the central nervous system. *Environ Dis* 2016; 1(3): 85.
- Genc S, Zadeoglulari Z, Fuss SH, Genc K. The adverse effects of air pollution on the nervous system. *J Toxicol* 2012; 2012: 782462.
- Bañeras J, Ferreira-González I, Marsal JR, Barrabés JA, Ribera A, Lidón RM, et al. Short-term exposure to air pollutants increases the risk of ST elevation myocardial infarction and of infarct-related ventricular arrhythmias and mortality. *Int J Cardiol* 2018; 250: 35-42.
- Liang H, Qiu H, Tian L. Short-term effects of fine particulate matter on acute myocardial infarction mortality and years of life lost: a time series study in Hong Kong. *Sci Total Environ* 2018; 615: 558-63.
- Rasche M, Walther M, Schiffner R, Kroegel N, Rupprecht S, Schlattmann P, et al. Rapid increases in nitrogen oxides are associated with acute myocardial infarction: a case-crossover study. *Eur J Prev Cardiol* 2018; 25(16): 1707-16.
- Jaafari J, Naddafi K, Yunesian M, Nabizadeh R, Hassanvand MS, Shamsipour M, et al. The acute effects of short term exposure to particulate matter from natural and anthropogenic sources on inflammation and coagulation markers in healthy young adults. *Sci Total Environ* 2020; 735: 139417.
- Gharibi H, Entwistle MR, Ha S, Gonzalez M, Brown P, Schweizer D, et al. Ozone pollution and asthma emergency department visits in the Central Valley, California, USA, during June to September of 2015: a time-stratified case-crossover analysis. *J Asthma* 2019; 56(10): 1037-48.
- Faridi S, Naddafi K, Kashani H, Nabizadeh R, Alimohammadi M, Momeniha F, et al. Bioaerosol exposure and circulating biomarkers in a panel of elderly subjects and healthy young adults. *Sci Total Environ* 2017; 593-594: 380-9.
- Gharibi H, Entwistle MR, Schweizer D, Tavallali P, Cisneros R. The association between 1,3-dichloropropene and asthma emergency department visits in California, USA from 2005 to 2011: a bidirectional-symmetric case crossover study. *J Asthma* 2020; 57(6):601-9.
- Kord Mostafapour F, Jaafari J, Gharibi H, Sepand MR, Hoseini M, Balarak D, et al. Characterizing of fine particulate matter (PM1) on the platforms and outdoor areas of underground and surface subway stations. *Hum Ecol Risk Assess Int J* 2018; 24(4): 1016-29.
- Santo Signorelli S, Conti GO, Zanobetti A, Baccarelli A, Fiore M, Ferrante M. Effect of particulate matter-bound metals exposure on prothrombotic biomarkers: a systematic review. *Environ Res* 2019; 177: 108573.
- Kettunen J, Lanki T, Tiittanen P, Aalto PP, Koskentalo T, Kulmala M, et al. Associations of fine and ultrafine particulate air pollution with stroke mortality in an area of low air pollution levels. *Stroke* 2007; 38(3): 918-22.
- Blanco P, Palucka AK, Pascual V, Banchereau J. Dendritic cells and cytokines in human inflammatory and autoimmune diseases. *Cytokine Growth Factor Rev* 2008; 19(1): 41-52.
- Ghanbarian M, Nicknam MH, Mesdaghinia A, Yunesian M, Hassanvand MS, Soleimanifar N, et al. Investigation and comparison of in vitro genotoxic potency of PM10 collected in rural and urban sites at Tehran in different metrological conditions and different seasons. *Biol Trace Elem Res* 2019; 189(1): 301-10.
- Atafar Z, Pourpak Z, Yunesian M, Nicknam MH, Hassanvand MS, Soleimanifar N, et al. Proinflammatory effects of dust storm and thermal inversion particulate matter (PM10) on human peripheral blood mononuclear cells (PBMCs) in vitro: a comparative approach and analysis. *J Environ Health Sci Eng* 2019; 17(1): 433-44.
- Abbas AK, Lichtman AH, Pillai S. Cellular and molecular immunology E-book. New York: Elsevier Health Sciences; 2014.
- Yilmaz Turay U, Yildirim Z, Türköz Y, Biber C,

- Erdoğan Y, Keyf AI, et al. Use of pleural fluid C-reactive protein in diagnosis of pleural effusions. *Respir Med* 2000; 94(5): 432-5.
22. Briggs DJ. A framework for integrated environmental health impact assessment of systemic risks. *Environ Health* 2008; 7: 61.
  23. Angerer J, Ewers U, Wilhelm M. Human biomonitoring: state of the art. *Int J Hyg Environ Health* 2007; 210(3-4): 201-28.
  24. Jaafari J, Naddafi K, Yunesian M, Nabizadeh R, Hassanvand MS, Shamsipour M, et al. Associations between short term exposure to ambient particulate matter from dust storm and anthropogenic sources and inflammatory biomarkers in healthy young adults. *Sci Total Environ* 2021; 761: 144503.
  25. Riaz H, Syed BM, Laghari Z, Pirzada S. Analysis of inflammatory markers in apparently healthy automobile vehicle drivers in response to exposure to traffic pollution fumes. *Pak J Med Sci* 2020; 36(4): 657-62.
  26. Heydari G, Taghizadeh F, Fazlzadeh M, Jafari AJ, Asadgol Z, Mehrizi EA, et al. Levels and health risk assessments of particulate matters (PM2.5 and PM10) in indoor/outdoor air of waterpipe cafés in Tehran, Iran. *Environ Sci Pollut Res Int* 2019; 26(7): 7205-15.
  27. Hassanvand MS, Naddafi K, Kashani H, Faridi S, Kunzli N, Nabizadeh R, et al. Short-term effects of particle size fractions on circulating biomarkers of inflammation in a panel of elderly subjects and healthy young adults. *Environ Pollut* 2017; 223: 695-704.
  28. Schneider A, Neas LM, Graff DW, Herbst MC, Cascio WE, Schmitt MT, et al. Association of cardiac and vascular changes with ambient PM2.5 in diabetic individuals. *Part Fibre Toxicol* 2010; 7: 14.
  29. Motesaddi Zarandi S, Shahsavani A, Khodaghali F, Fakhri Y. Concentration, sources and human health risk of heavy metals and polycyclic aromatic hydrocarbons bound PM2.5 ambient air, Tehran, Iran. *Environ Geochem Health* 2019; 41(3): 1473-87.
  30. Boroughani M. Identification of dust source area in Sistan basin and determination of their characteristics. *Iran J Rangeland Desert Res* 2020; 27(3): 617-31.
  31. Negaresh H, Latifi L. Geomorphological analysis of dunes drifting process in the east of Sistan Plain during recent draughts. *Geography Dev Iran J* 2008; 6(12): 43-60.
  32. World Health Organization. WHO global urban ambient air pollution database. Geneva: World Health Organization; 2017.
  33. Deputy Planning Deputy of Sistan and Baluchestan Governorate SaIO. Statistical yearbook of Sistan and Baluchestan province. Tehran: Iran Statistical Yearbook; 2017. P. 43-52.
  34. Sistan and Baluchestan Meteorological Organization. Statistics and information applied meteorological research center of Sistan and Baluchestan province. Tehran: Iran Statistical Yearbook; 2017.
  35. Hassanvand MS. Study of the relationship between PM10 and its components and O3 with markers (markers, CRP, IL-6, vWF, TNF-RII and WBCs) in elderly people living in nursing homes and healthy adults in Tehran. Tehran: Tehran University of Medical Sciences; 2013. P. 109-34.
  36. Kamani H, Ashrafi SD, Isazadeh S, Jaafari J, Hoseini M, Mostafapour FK, et al. Heavy metal contamination in street dusts with various land uses in Zahedan, Iran. *Bulletin Environ Contamination Toxicol* 2015; 94(3): 382-6.
  37. American Thoracic Society. ATS statement-Snowbird workshop on standardization of spirometry. *Am Rev Respir Dis* 1979; 119: 831-8.
  38. Crowther JR. The ELISA guidebook. 2nd ed. New York: Human Press; 2009. P. 112-50.
  39. Fuzzi S, Baltensperger U, Carslaw K, Decesari S, Denier van der Gon H, Facchini MC, et al. Particulate matter, air quality and climate: lessons learned and future needs. *Atmospheric Chem Phys* 2015; 15(14): 8217-99.
  40. Fuller CH, Feeser KR, Sarnat JA, O'Neill MS. Air pollution, cardiovascular endpoints and susceptibility by stress and material resources: a systematic review of the evidence. *Environ Health* 2017; 16(1): 1-7.
  41. Viehmann A, Hertel S, Fuks K, Eisele L, Moebus S, Möhlenkamp S, et al. Long-term residential exposure to urban air pollution, and repeated measures of systemic blood markers of inflammation and coagulation. *Occup Environ Med* 2015; 72(9): 656-63.
  42. Schins RP, Lightbody JH, Borm PJ, Shi T, Donaldson K, Stone V. Inflammatory effects of coarse and fine particulate matter in relation to chemical and biological constituents. *Toxicol Appl Pharmacol* 2004; 195(1): 1-11.
  43. Khosravi M, Sargolzaei Moghadam F. Investigation of the effect of climate change on increasing intensity, environmental dust pollution in Zahedan. 11th National Conference on Environmental Health, Zahedan, Iran; 2008. P. 28-30.
  44. Rashki A, Kaskaoutis DG, Rautenbach CD, Eriksson PG, Qiang M, Gupta P. Dust storms and their horizontal dust loading in the Sistan region, Iran. *Aeolian Res* 2012; 5: 51-62.
  45. Kim JY, Chen JC, Boyce PD, Christiani DC. Exposure

- to welding fumes is associated with acute systemic inflammatory responses. *Occup Environ Med* 2005; 62(3): 157-63.
46. Hampel R, Peters A, Beelen R, Brunekreef B, Cyrys J, de Faire U, et al. Long-term effects of elemental composition of particulate matter on inflammatory blood markers in European cohorts. *Environ Int* 2015; 82: 76-84.
47. Jaafari J, Naddafi K, Yunesian M, Nabizadeh R, Hassanvand MS, Shamsipour M, et al. Associations between short term exposure to ambient particulate matter from dust storm and anthropogenic sources and inflammatory biomarkers in healthy young adults. *Sci Total Environ* 2021; 761: 144503.
48. Clyne B, Olshaker JS. The C-reactive protein. *J Emerg Med* 1999; 17(6): 1019-25.
49. Amsalu E, Wang T, Li H, Liu Y, Wang A, Liu X, et al. Acute effects of fine particulate matter (PM 2.5) on hospital admissions for cardiovascular disease in Beijing, China: a time-series study. *Environ Health* 2019; 18(1): 1-2.
50. Lee H, Myung W, Jeong BH, Choi H, Jhun BW, Kim H. Short-and long-term exposure to ambient air pollution and circulating biomarkers of inflammation in non-smokers: a hospital-based cohort study in South Korea. *Environ Int* 2018; 119: 264-73.