زیست‌شناسی جانوری، سال سیزدهم، شماره اول، پاییز ۹۹، صفحات ٥٤- ٤١

مقاله پژوهشی

بررسی مقایسه‌ای تاثیر ریزگردهای شهری بر سلول‌های خونی موش‌های نر صحرائی در شهرهای مختلف استان خوزستان

نجمه سلیمانی[۱]، محمدرضا دایر[۲]، حسن فریدنوری[۱*]

۱- گروه سلولی و ملکولی، دانشکده زیست شناسی، دانشگاه دامغان، دامغان، ایران، کد پستی ۳٦۷۱٦٤۱۱٦۷

۲- گروه بیوشیمی، دانشکده زیست شناسی، دانشگاه شهید چمران، اهواز، ایران، کدپستی ٦۱۳٥۷۱۳٤۹٦

[*]مسئول مکاتبات: faridnouri@du.ac.ir

تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۰۱/۲٥ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۰٥/۳۰

چکیده

ذرات موجود در ریزگردها رتبه نخست مواد سرطان زا را به خود اختصاص داده‌اند که مطالعه آنها را ضروری می سازد. نتایج نشان داده است که ذرات با قطر آیرودینامیکی ۲.٥ و ۱۰ میکرومتر نسبت به سایر ذرات نفوذپذیری بیشتری داشته و از فیلترهای تنفسی عبور کرده و عامل اصلی آسیب زایی هستند. در این مطالعه، تاثیر ریزگردها در شهرهای مختلف استان خوزستان بر سلول‌های خونی در موش‌های صحرائی نر مقایسه شد. تعداد ۳۰ سر موش صحرائی بالغ نر در قالب شش گروه برابر، شامل گروه‌های کنترل، اهواز، رامهرمز، اندیمشک، آبادان و سوسنگرد تقسیم شدند و به مدت دو ماه تحت تیمار قرار گرفتند. نتایج آنالیز سلول‌های خونی، نشان از افزایش تعداد گلبول‌های سفید به خصوص لنفوسیت‌ها در گروه اهواز داشت، در حالی که حجم پلاکت‌ها با کاهش معنی دار مواجه شد. در اکثر گروه‌ها کاهش معنی داری در RDW مشاهده شد و مقدار هماتوکریت در دو گروه رامهرمز و سوسنگرد در مقایسه با گروه کنترل افزایش معنی داری را نشان داد. بنابراین ریزگردها به دلیل ترکیب متفاوتی که از نظر فلزات سنگین دارند، تاثیرات متفاوتی بر پارامترهای خونی دارند که این آثار بسته به مقدار و مدت مواجهه با آن متغیر می‌باشد.

کلمات کلیدی: ریزگردها، ایران، خوزستان، سلول‌های خونی.

مقدمه

امروزه گرد و غبارهای شهری از مهمترین نگرانی‌ها در مدیریت محیط شهری شده است (۷) گرد و غبارهای شهری در سراسر جهان غلظت فلزات سمی را افزایش داده است (۲) و این یک خطر پنهان برای سلامتی افراد و همچنین تهدیدهای مربوط به سیستم زیست محیطی است (۲۰). رسوب مداوم فلزات سنگین در مناطق شهری نیز ممکن است به عنوان منبع ثانویه آلودگی عمل کند. آسیب‌پذیرترین افرادی که از این گرد و غبارها رنج می‌برند، افراد مسن و کودکان هستند. این امر به این دلیل است که سیستم ایمنی بدن آنها ضعیف‌تر از افراد جوان می‌باشد (۹).

سازمان بهداشت جهانی ذرات موجود در هوا را در گروه اول مواد سرطان زا قرار داده است (٤). این ذرات به دلیل نفوذ عمیق در بافت ریه و جریان خون

باعث جهش دائمی در DNA، حملات قلبی و مرگ زودرس می‌شوند. نفوذ ذرات به درون بدن کاملا وابسته به اندازه‌ی آن‌ها نمی باشد بلکه شکل و ترکیب شیمیایی آن‌ها نیز نقش مهمی را ایفا می‌کنند (۱۱). ریزگردها حاوی طیف وسیعی از ترکیبات یونی، فلزی و آلی مانند کاتیون‌ها یا آنیون‌های مختلف، فلزات سنگین از قبیل سرب، جیوه، آرسنیک، کادمیوم و.. (۱۱) همچنین آلاینده‌های گازی از جمله دی اکسید نیتروژن، دی اکسیدگوگرد، اوزن و مونوکسید کربن می‌باشند (۷). مکانیسم‌های متعددی برای توضیح اثرات سوء ذرات آلاینده بر سلامت انسان پیشنهاد شده است که شامل مکانیسم‌هایی مانند التهاب، اثرات آندوتوکسین، تحریک گیرنده‌های کپساسین، فعالیت خودکار سیستم عصبی، اثرات پیش انعقادی و تغییرات شیمیایی اجزای سلولی می‌باشد (۱). مطالعات نشان داده است که غلظت قارچ طی روزهای گردوخاک افزایش می‌یابد. همچنین همبستگی مستقیم بین افزایش قارچ‌های موجود در گرد و خاک با افزایش بیماری‌های قلبی- عروقی، تنفسی، آسم و عفونت مشاهده شده است. ذرات معلق در هوا (Pm) ارتباط معنی داری با غلظت باکتری‌های موجود در هوا دارد به طوری که میزان باکتری‌ها طی روزهای گرد و خاک بیشتر از روزهای معمول است. ازن می تواند باعث اکسیداسیون لیپیدها و پروتئین‌های موجود در غشای سلولی شود و آنها را مورد هدف قرار دهد. التهاب ناشی از $PM_{2.5}$ منجر به افزایش در تعداد نوتروفیل‌ها، ائوزینوفیل‌ها، سلول‌های T و ماستوسیت‌ها می‌شود واکنش این ذرات هم در سلول‌های اندوتلیال ریه یا اریتروسیت‌ها احتمالا باعث تغییر در چسبندگی سلول های قرمز خون می شود که یک توضیحی برای اثرات قلبی- عروقی مشاهده شده از ذرات آلوده هوا است(۲). افزایش غلظت نیتروژن دی اکسید و سولفور با افزایش بیماری مزمن ریوی همبستگی دارد. گرد و خاک باعث اختلال در می‌شود که این به زمان و غلظت گرد و خاک بستگی دارد (۲). اگر چه اندام اصلی مورد هدف ریزگردها، سیستم ریوی می‌باشد (۳) اما ریزگردها ممکن است اثرات بهداشتی بر اندام های غیراز ریه داشته باشند. اخیراً چندین مطالعه انجام شده است که اثرات گردوخاک بر روی بیماری قلبی- عروقی را نشان می‌دهد. انتقال ذرات بسیار ریز، ریزگرد به جریان خون باعث آسیب سیستم قلبی می-شود. بعد از رسوب در رگ‌های اندوتلیوم باعث استرس اکسیداتیو و التهاب می‌شود و در نتیجه باعث تجمع پلاک های آترواسکلروز و تشکیل ترومبوز می-شود. شواهد نشان می‌دهد که قرار گرفتن در معرض ذرات آلودگی هوا، منجر به تولید ROS و در نتیجه افزایش سطح ضد التهاب های سیتوکین ها مانند IL-8، IL-6، CRP و IL-1β می‌شود. ذرات Pm ممکن است باعث تشکیل ROS بیش از حد شود که منجر به نقص در نیتریک اکسید وابسته به انقباض عروق و افزایش عروق کرونر در مطالعات آزمایشگاهی شود. علاوه بر این قرار گرفتن در معرض ریزگرد باعث افزایش غلظت پلاسمایی اندوتلین-۱(ET-1) می‌شود (٤).

مواد و روش‌ها

از مواد و محلول‌های استفاده شده در این پژوهش می‌توان به محلول دی اتل اتر، فرمالین۱۰ درصد و سرم فیزیولوژی اشاره کرد. از دستگاه Sysmex kx21 new ساخت کشور ژاپن برای سنجش سلول‌های خونی در این پژوهش استفاده شد.

جمع‌آوری نمونه: در زمان‌های اوج ورود ریزگردها به استان خوزستان، ذرات گرد و غبار از محیط‌های بسته مانند خانه، مدارس و مساجد در پنج شهر مورد نظر به ترتیب اهواز، رامهرمز، آبادان، اندیمشک و سوسنگرد جمع آوری شد. به این صورت که با یک

برس نرم ذرات گرد و غبار جمع‌آوری و درون بطری‌های پلاستیکی درب دار کوچک ریخته شد. جمع‌آوری این نمونه‌ها تقریبا یک سال به طول انجامید.

آنالیز نمونه های گردوخاک: نمونه‌های خاک از پنج شهر استان خوزستان برای بررسی ترکیبات موجود در نمونه‌های خاک به شرکت کانساران بینالود تهران ارسال گردید. آنالیز نمونه‌ها با استفاده از دستگاه XRF انجام شد.

نمونه حیوانی: در این پژوهش ۳۰ سر موش صحرایی نر نژاد ویستار با وزن ۱۸۰ تا ۲۵۰ گرم از مرکز حیوانات دانشکده دامپزشکی دانشگاه شهید چمران اهواز تهیه شد. پس از انتقال حیوانات به محیط جدید، به مدت یک هفته در این محیط نگهداری شدند تا از این طریق استرس احتمالی ناشی از تغییر محل نگهداری و همین طور تغییر احتمالی شرایط فیزیولوژیکی حیوان مجدداً به وضعیت اولیه برگردانده شود. در طول مدت انجام این پژوهش حیوانات در شرایط مناسب، با دوره ۱۲ ساعت روشنایی و ۱۲ ساعت تاریکی، درجه رطوبت مناسب و دمای ۲ ± ۲۳ درجه سانتیگراد نگهداری شدند. در این مدت برای تغذیه حیوانات از آب لوله‌کشی شهری و جو استفاده شد. موش‌ها در قفس‌هایی که از جنس پلی کربنات بودند، نگهداری شدند. در این مطالعه کلیه ملاحظات اخلاقی و پروتکل‌های کار بر روی حیوانات آزمایشگاهی رعایت گردید.

طرح آزمایش: حیوانات به طور تصادفی به شش گروه مساوی در قفس‌های جداگانه تقسیم شدند (پنج سر در هر قفس) و در پنج گروه کلی به شرح زیر بررسی شدند:

گروه کنترل که هیچ تیماری را دریافت نکرده بودند و طی آزمایش فقط توسط آب آشامیدنی شهری و جو تغذیه می‌شدند و گروه‌های تحت تیمار (شامل چهار گروه) که با مقدار ۲۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم ریزگرد در ۵ میلی‌لیتر سرم فیزیولوژی به مدت دو ماه تزریق صفاقی شدند. طی این مدت وزن حیوانات هفته‌ای سه بار ثبت می‌شد و آب و غذای حیوانات هر روز مورد بررسی قرار می‌گرفت. همچنین هفته‌ای سه بار قفس حیوانات تمیز و با خاک اره مفروش می‌شد.

جمع‌آوری نمونه‌های خونی: پس از دوماه تزریق، بعداز یک دوره گرسنگی ۱۲ ساعتی تمام حیوانات با استفاده از دی اتیل اتر بیهوش شده و خون‌گیری از بطن چپ آن‌ها انجام گردید. نمونه‌های خون برای سنجش سلول‌های خونی بلافاصله درون لوله‌های حاوی ماده ضد انعقاد خون ریخته و برای آزمایش-های مورد نظر به آزمایشگاه فرستاده شد. برای سنجش پارامترهای سرمی نمونه‌های خون ۱۵دقیقه پس از خون‌گیری با ۳۰۰۰ دور بر دقیقه به مدت ۱۰دقیقه سانتریوفیوژ شدند و سرم نمونه‌ها در دمای ۲۰- درجه سانتیگراد کمتر از یک هفته ذخیره و نگهداری شد.

آنالیز آماری: برای اطمینان از توزیع طبیعی داده‌ها آزمون کولموگروف–اسمیرنف روی نتایج انجام گردید. به منظور مقایسه داده‌ها و تعیین معنی داری تفاوت بین گروه‌های مختلف آزمون تی مستقل و آنالیز واریانس انجام گردید. برای بررسی همبستگی بین گروها از ضریب پیرسون استفاده شد. در تمام این مقایسه‌ها p کمتر از ۰/۰۵ به عنوان اختلاف معنی دار تلقی گردید و یافته‌های به دست آمده به صورت میانگین ± انحراف معیار بیان شده است. تمام محاسبات به کمک نرم‌افزار SPSS نسخه ۲۲ انجام شد و نمودارها به کمک نرم‌افزار اکسل رسم گردید.

نتایج

نتایج حاصل از آنالیز ریزگردها که توسط دستگاه XRF انجام شده است در جدول ۱ ارائه شده است.

طبق آن عناصر مس، روی و سرب در شهر اهواز بالاترین مقدار را نسبت به گروه‌های دیگر داشته است. عناصر سلنیوم و کروم به ترتیب در شهر اندیمشک و سوسنگرد بالاترین مقدار را نشان می‌دهد.

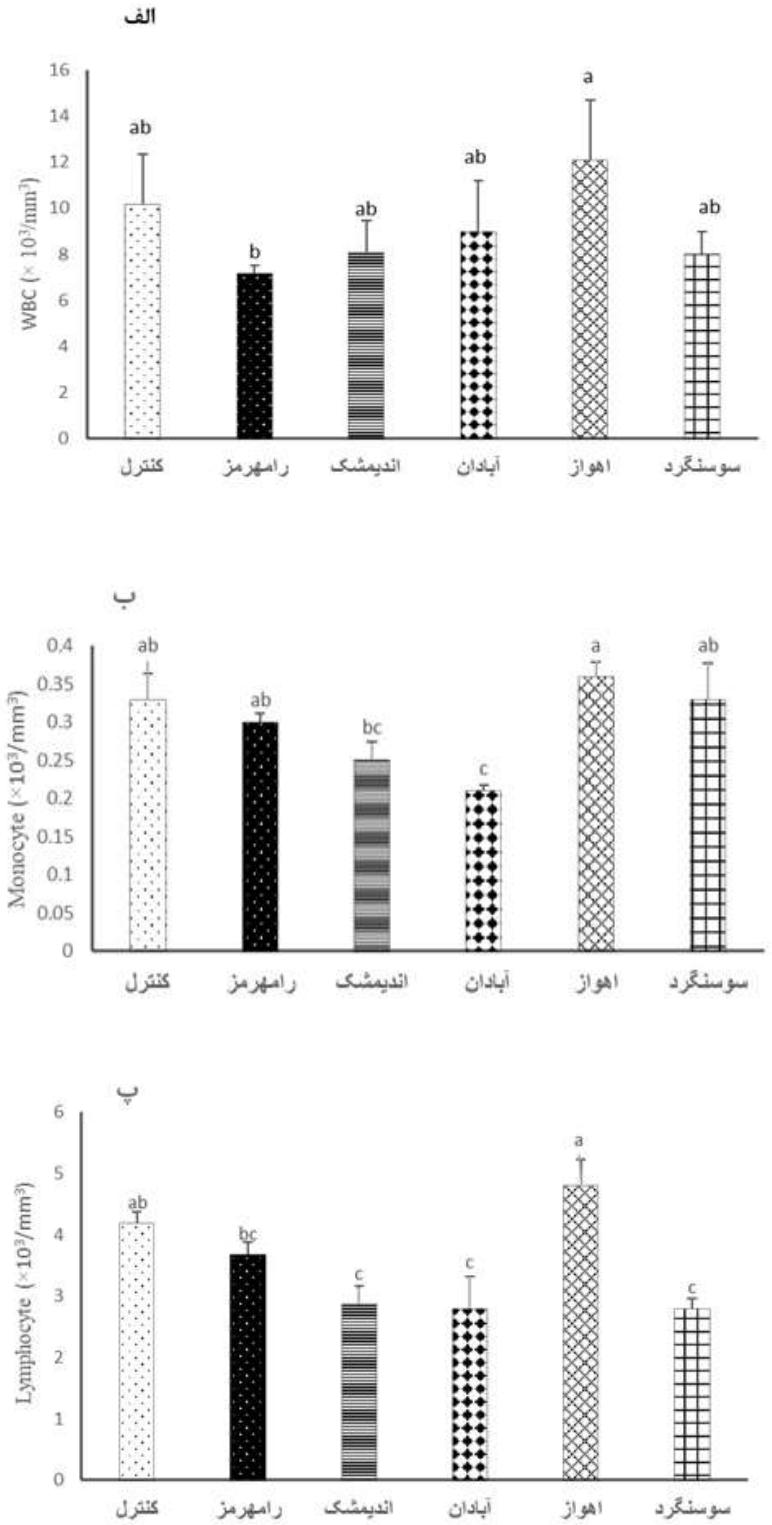
بررسی تغییرات گلبول‌های سفید در گروه‌های تحت تیمار: نمودار ۱ به ترتیب تعداد کل گلبول‌های سفید، تعداد مونوسیت‌ها و لنفوسیت‌ها را نشان می‌دهد. تعداد گلبول‌های سفید در گروه‌های اهواز و رامهرمز نسبت به گروه کنترل به ترتیب افزایش و کاهش یافته است که این افزایش معنی‌دار است ($p < ۰/۰۵$). تعداد گلبول‌های سفید در سایرگروه‌ها تفاوت معنی داری را نشان نداد ($p > ۰/۰۵$). تعداد مونوسیت‌ها درگروه‌های آبادان و اندیمشک نسبت به گروه کنترل کاهش اما در گروه اهواز افزایش معنی‌دار ($p < ۰/۰۵$) را نشان داد. درسایر گروه‌ها تغییرات تعداد مونوسیت‌ها معنی دار نبود. میزان لنفوسیت‌ها در گروه اهواز نسبت به گروه کنترل افزایش داشته در حالی که سایرگروه‌ها با کاهش معنی دار همراه بودند ($p < ۰/۰۵$).

بررسی تغییرات پلاکت‌ها در گروه‌های تیمار: نمودار ۲ به ترتیب تعداد پلاکت‌ها، توزیع اندازه پلاکت (PDW)، حجم اشغال شده توسط پلاکت در خون یا پلاکتوکریت (PCT) و متوسط حجم پلاکت (MPV) را نشان می‌دهد. تعداد پلاکت‌ها، PDW و PCT در گروه‌های تیمار نسبت به گروه کنترل تغییر معنی‌داری نداشت ($p > ۰/۰۵$). میزان متوسط اندازه پلاکت (MPV) در پنج گروه تیمار نسبت به گروه کنترل کاهش یافته که این کاهش حجم پلاکت در گروه‌های رامهرمز، اهواز و سوسنگرد معنی دار است ($p < ۰/۰۵$).

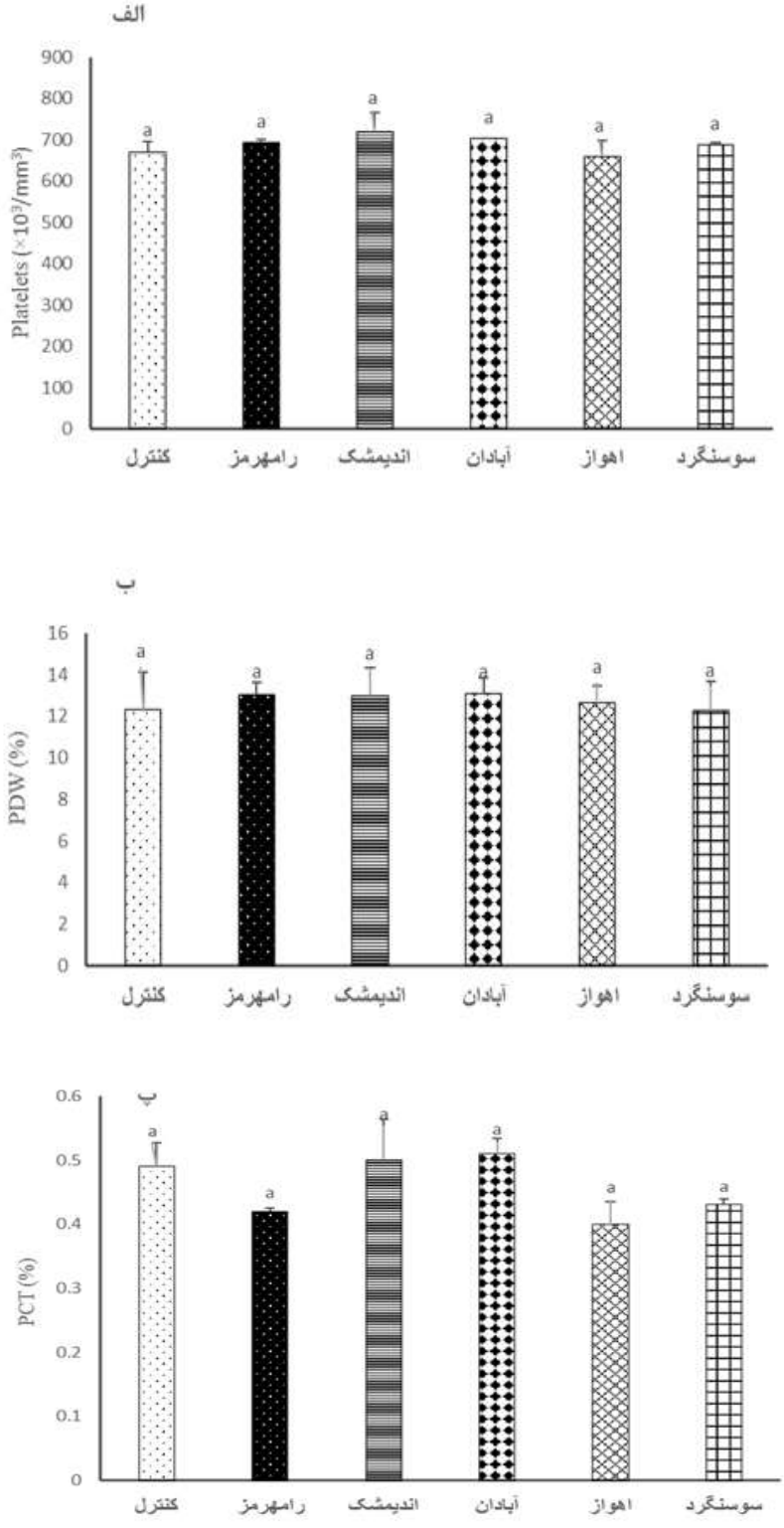
بررسی تغییرات گلبول‌های قرمز در گروه‌های تیمار: در نمودار ۳ به ترتیب تعداد گلبول‌های قرمز، غلظت هموگلوبین، حجم گلبول‌های قرمز (MCV)، متوسط میزان هموگلوبین (MCH)، متوسط غلظت هموگلوبین موجود در گلبول‌های قرمز (MCHC)، توزیع اندازه گلبول‌های قرمز خون (RDW) و هماتوکریت مشاهده می‌شود. تغییرات تعداد گلبول-های قرمز در هیچکدام از گروه‌های تیمارشده بجز گروه سوسنگرد که تعداد گلبول‌های قرمز نسبت به گروه کنترل افزایش ناچیزی داشته، تغییرات معنی-داری را نسبت به گروه کنترل نشان نمی‌دهد. علیرغم عدم تغییر MCV در گلبول‌های قرمز، MCH و MCHC در گروه‌های تحت تیمار افزایش معنی‌دار نشان داد ($p < ۰/۰۵$). تغییرات RDW در گروه‌های، اندیمشک، آبادان، اهواز و سوسنگرد کاهش معنی-داری را نشان می‌دهد ($p < ۰/۰۵$). تغییرات هماتوکریت در گروه‌های رامهرمز و سوسنگرد نسبت به گروه کنترل افزایش نشان داد، درحالی که در گروه-های اهواز وآبادان با کاهش مواجه شد و این تغییرات معنی‌دار بود ($p < ۰/۰۵$).

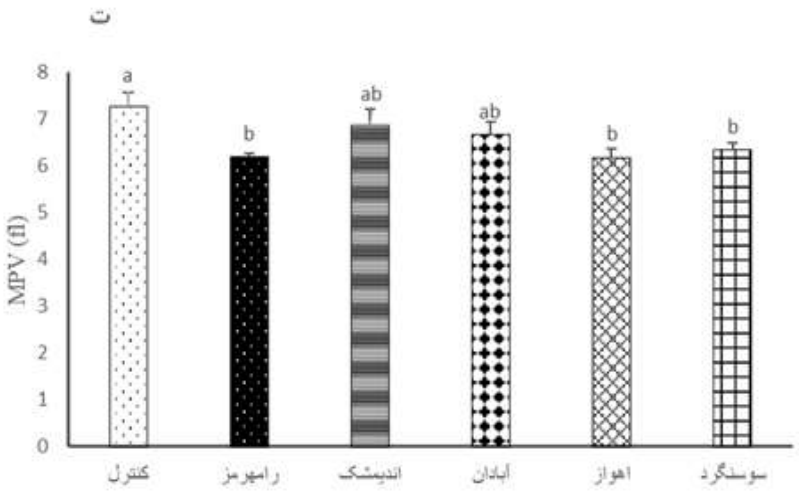
جدول۱- نتایج آنالیز نمونه‌های ریزگرد با استفاده از دستگاه XRF (غلظت‌ها در مقیاس ppm می‌باشند).

	Cu	Zn	Pb	Se	Cr	As	Ba
اهواز	۱۱۹	۱۰۸۰	۱۲۳	۳٦۳	۸٤	٤	۲۱۱
اندیمشک	۲٥	۱۷٤	۳٦	۱۰۱۷	۹٦	۲	۳٤۲
رامهرمز	٦۳	٥۱۰	٤۷	٦۹۰	٦۹	۲	٤۱۱
سوسنگرد	۲۲	۲٥۱	۳٦	٥۷۸	۱۳٦	٤	۱۰۲
آبادان	٥۲	٤۱۲	۸۲	٦۰۸	۱۱۷	۳	۱۷٥

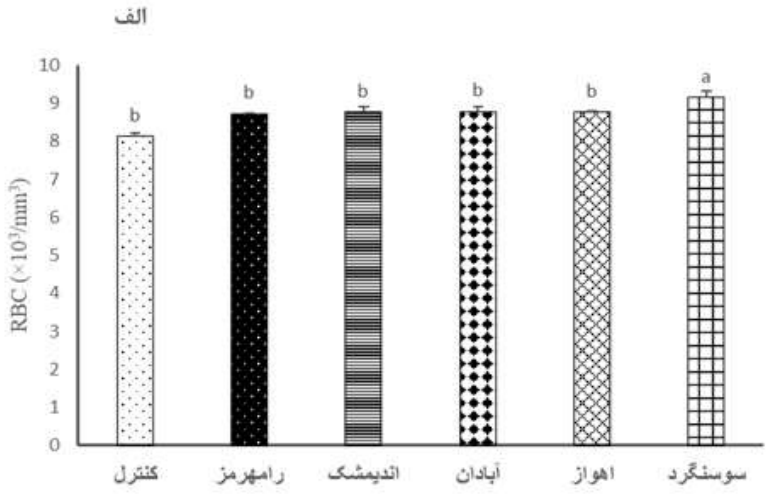


نمودار ۱- (الف) میانگین تعداد گلبول‌های سفید (WBC)، (ب) تعداد مونوسیت‌ها (Monocytes) و (پ) تعداد لنفوسیت‌ها (Lymphocytes) در گروه‌های کنترل و تحت تیمار (حروف ناهمسان نشان‌دهنده معنی‌داری تفاوت با گروه کنترل در سطح $p < ۰/۰۵$ می‌باشد)

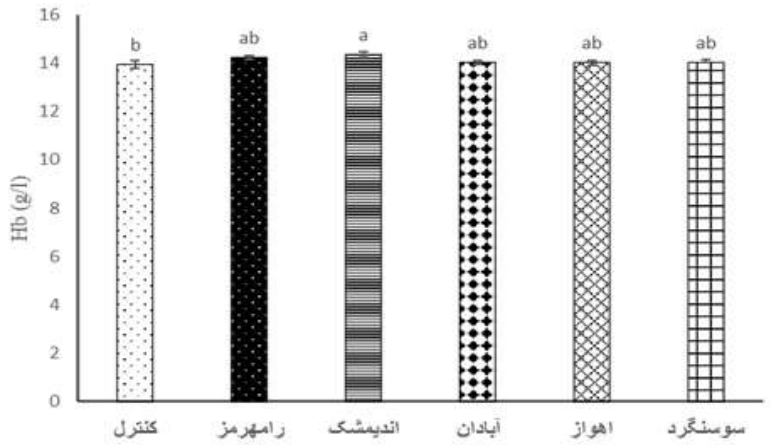

الف
Platelets (×10³/mm³)
900
800
700
600
500
400
300
200
100
0
a
کنترل
رامهرمز
اندیمشک
آبادان
اهواز
سوسنگرد
ب
PDW (%)
16
14
12
10
8
6
4
2
0
پ
PCT (%)
0.6
0.5
0.4
0.3
0.2
0.1
0



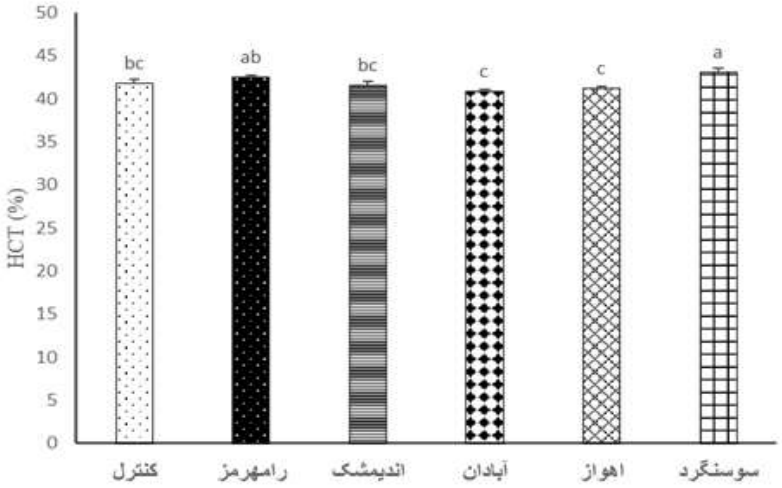
نمودار ۲- (الف) میانگین تعداد پلاکت‌ها (Platelets)، (ب) توزیع اندازه پلاکت‌ها (PDW)، (پ) پلاکتوکریت (PCT) و (ت) متوسط حجم پلاکت (MPV) در گروه‌های کنترل و تحت تیمار (حروف ناهمسان نشان دهنده معنی‌داری تفاوت با گروه کنترل در سطح $p < ۰.۰۵$ می باشد)



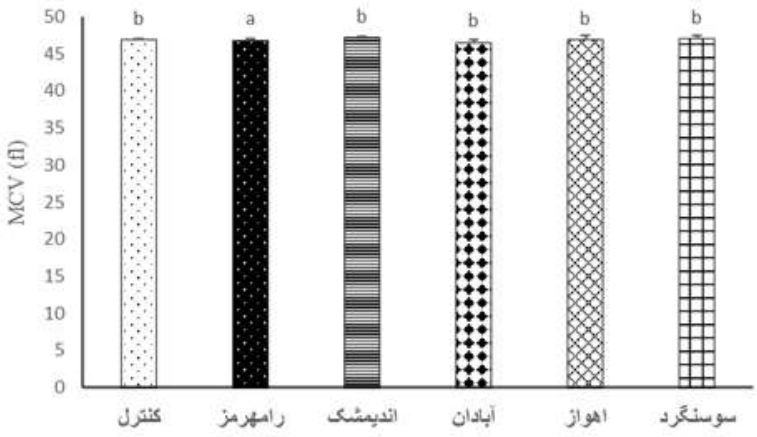
ب

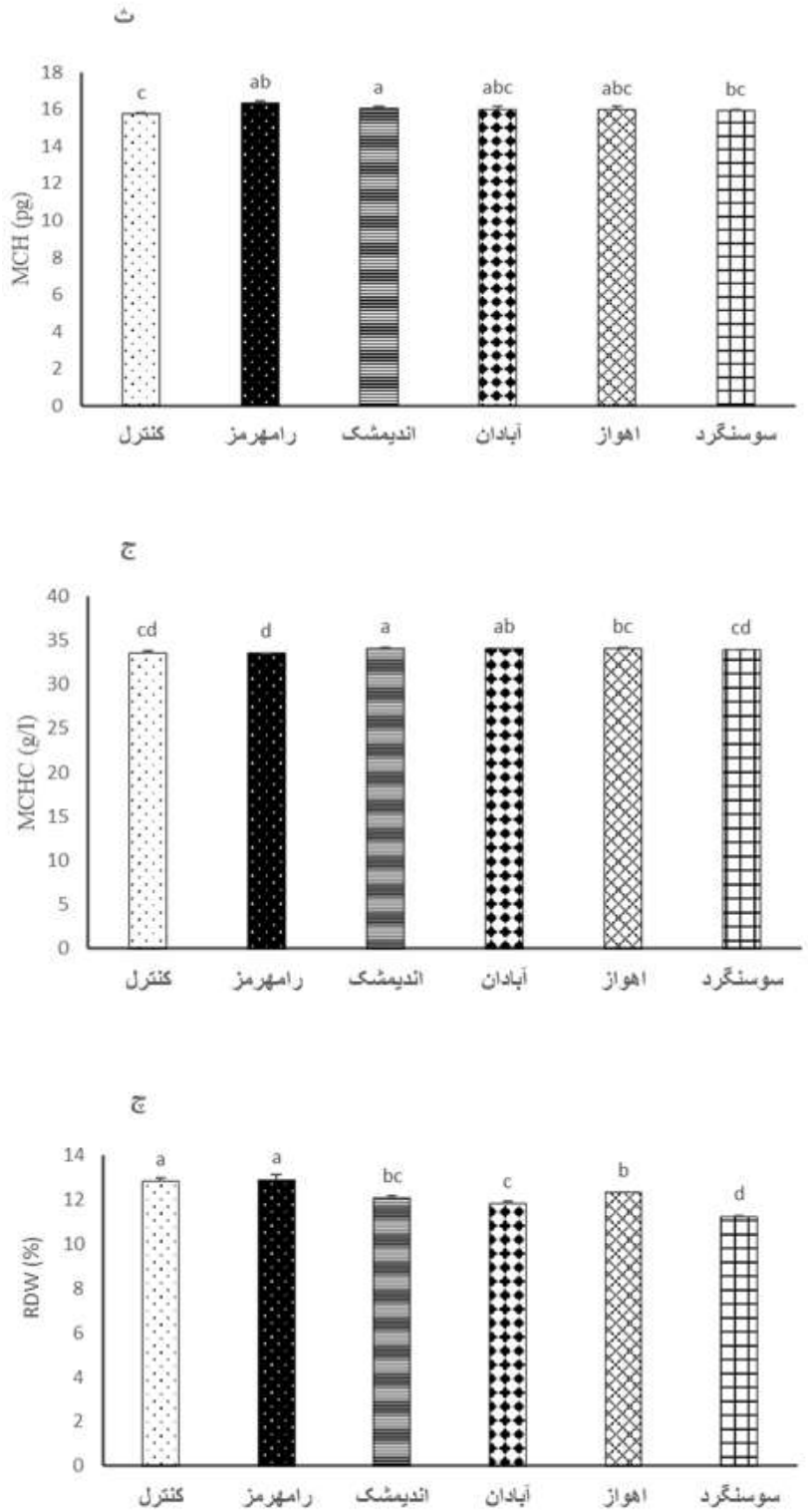

Hb (g/l)
16
14
12
10
8
6
4
2
0
b
ab
a
ab
ab
ab
کنترل
رامهرمز
اندیمشک
آبادان
اهواز
سوسنگرد

پ


HCT (%)
50
45
40
35
30
25
20
15
10
5
0
bc
ab
bc
c
c
a
کنترل
رامهرمز
اندیمشک
آبادان
اهواز
سوسنگرد

ت


MCV (fl)
50
45
40
35
30
25
20
15
10
5
0
b
a
b
b
b
b
کنترل
رامهرمز
اندیمشک
آبادان
اهواز
سوسنگرد



نمودار ۳- (الف) میانگین تعداد گلبول‌های قرمز (RBC)، (ب) میانگین غلظت هموگلوبین (Hb)، (پ) میانگین درصد هماتوکریت (HCT)، (ت) میانگین حجم گلبول های قرمز (MCV)، (ث) میانگین غلظت هموگلوبین (MCH)، (ج) میانگین غلظت هموگلوبین موجود در گلبول قرمز (MCHC) و (چ) میانگین توزیع اندازه گلبول‌های قرمز (RDW) در گروه‌های کنترل و تحت تیمار (حروف ناهمسان نشان دهنده معنی‌داری تفاوت با گروه کنترل در سطح ۰/۰۵ > p می‌باشد)

بحث

اثر سمی فلزات سنگین موجود در گردوغبار، تهدیدی جدی بر سلامت انسان‌ها محسوب می‌شود. جذب این عناصر در بدن، می‌تواند منجر به کاهش عملکرد عصبی، سطح انرژی و اختلال در بافت خون، ریه، کلیه‌ها، کبد و سایر ارگان‌های حیاتی بدن شود (٥). علاوه بر این، قرار گرفتن طولانی مدت در معرض این فلزات می‌تواند منجر به افزایش روند دژنراتیو (تخریب) جسمی، عضلانی و عصبی شود که از آن جمله می‌توان به بیماری‌های آلزایمر، پارکینسون، دیستروفی عضلانی، مولتیپل اسکلروزیس، گانگرن، دیابت قندی، فشار خون بالا و بیماری‌های قلبی عروقی اشاره کرد (٧).

بررسی نحوه توزیع عناصر در ریزگردها هنگام طوفان در استان خوزستان و تاثیر آنها بر ارگانیسم‌های بدن از اهداف این مطالعه است. از آن جائی که شهرهای اهواز و آبادان از جمله شهرهای صنعتی محسوب می‌شوند، در نمونه‌های اهواز میزان مس، روی و سرب نسبت به سایر عناصر بالاترین مقدار را نشان می‌دهد (جدول ١) و این خود می‌تواند دلیل بر آلودگی شیمیایی وصنعتی این شهر باشد. از طرف دیگر در شهرهای رامهرمز، اندیمشک و سوسنگرد که جزء شهرهای غیر صنعتی هستند به ترتیب باریم، سلنیوم و کروم بالاترین مقدار را داشته است. این عناصر بدلیل وزن مخصوص بالا، احتمال ماندگاری بالا در گرد و غبار ندارند، لذا احتمالا ناشی از فعالیت‌های اقتصادی–صنعتی نواحی مجاور می‌باشند.

با توجه به نمودارهای شکل ٢، تعداد گلبول‌های سفید در گروه اهواز در مقایسه با گروه کنترل افزایش معنی داری یافته و این در حالی است که سایر گروه‌ها غیر از رامهرمز که کاهش نشان می‌دهد، تغییر محسوسی نداشتند. همچنین میزان لنفوسیت‌ها در گروه اهواز نسبت به گروه کنترل افزایش داشته که نشان دهنده حالت التهابی است. معمولا در موارد عفونت‌های ویروسی و باکتریایی، لنفوسیت‌ها افزایش می‌یابند. اغلب مواقع، افزایش موقتی تعداد لنفوسیت‌ها اثر طبیعی از عملکرد سیستم ایمنی بدن است که نتایج این پژوهش با مطالعات اوکدیران همخوانی دارد (١٤). سمیت با فلزات سنگین موجود در ریزگرد بستگی به شکل شیمیایی آن، غلظت و مدت زمان قرارگیری در معرض گرد و غبار دارد. یکی از راه‌های تاثیر آنها ورود به سیستم گردش خون است. ورود این عناصر به خون موجب تحریک گلبول‌های سفید خون (WBC) می‌شود. این سلول‌ها نقش سیستم ایمنی بدن را دارند و در برابر عوامل عفونی و مهاجم‌های خارجی دخیل هستند. تمام سلول‌های سفید خون حاصل سلول‌های چندتایی در مغز استخوان به نام سلول‌های بنیادی خون‌ساز می‌باشند (١٤).

مونوسیت‌ها در گروه‌های آبادان، اندیمشک و رامهرمز نسبت به گروه کنترل کاهش معنی‌دار داشته‌اند در حالی که لنفوسیت‌ها غیر از اهواز در سایر گروه‌ها کاهش نشان دادند. کاهش مونوسیت‌ها در خون (مونوسیتوپنی) تحت تاثیر هر چیزی که باعث کاهش تعداد گلبول‌های سفید خون شود، مانند عفونت جریان خون یا اختلال در مغز استخوان ایجاد می‌شود. لنفوسیت می‌تواند در بدن به دلایل مختلفی کاهش یابد از جمله لنفوسیت کافی توسط سلول‌ها تولید نشود، لنفوسیت‌ها بدلیل وجود عوامل خارجی از بین بروند یا لنفوسیت ها در طحال یا غدد لنفاوی به دام افتند (١٥). علاوه براین کاهش تعداد لنفوسیت‌ها و مونوسیت‌ها در مواجهه با فلزات سنگین و سمی می‌تواند بدلیل کاهش مقاومت این پارامترها در مقابل این عناصر باشد. با توجه به مطالعات سها و همکاران (١٤) سمیت فلزات متفاوت می‌باشد از این نظر بسته به این که پارامترهای گلبول‌های سفید در مقابله با

کدام نوع از این فلزات قرار گیرند تغییرات متفاوتی را نشان می‌دهند هرچه این سمیت افزایش یا کاهش یابد این پارامترها تغییر می‌کنند (۱۸).

تاثیر گرد و غبار بر روی پارامتر MPV بعنوان شاخص میزان متوسط اندازه پلاکت نیز بررسی گردید. این عامل در همه‌ی گروه های تیمار نسبت به گروه کنترل کاهش معنی‌داری داشته است که با مطالعه‌ی بارمان و همکاران همخوانی دارد (۱). تغییرات شاخص‌های پلاکت می‌تواند به دلیل اثر این عناصر ازجمله سرب بر هومئوستازی Ca^{+2} درون سلولی باشد که می‌تواند باعث تداخل در عملکردهای سلولی وابسته به Ca^{+2} ازجمله فعال سازی پروتئین کیناز C41 شود در نتیجه باعث آسیب بافت اندوتلیال، کاهش سطح نیتریک اکسید و فعال کننده پلاسمینوژن بافتی و افزایش سطح مهارکننده‌ی فعال کننده‌ی پلاسمینوژن می‌شود (۱). احتمال دیگر دلیل این کاهش، وجود مواد سمی در ریزگردهاست که منجر به تولید ناکافی پلاکت‌ها در مغز استخوان و کوچک شدن پلاکت‌های آزاد شده می‌شود و به صورت MPV پایین منعکس می‌شود. هرچند مطالعات بیشتری برای بررسی اثرات دقیق فلزات سنگین بر سیستم خونی لازم است (۵).

اثرات عناصر گرد و غبار بر روی گلبول قرمز نیز بررسی شد. تغییرات توزیع گلبول‌های قرمز (RDW) در بعضی از گروه‌ها کاهش یافته است که این کاهش معنی‌دار بود ولی به دلیل اینکه مقدار آن کمتر از ۱۰/۲ است لذا موجب بروز کم خونی ماکروسیتیک نمی-گردد. طبق یافته‌های گلالی پور و وانگ و همکاران، افزایشRDW به اختلالات هماتولوژیکال مانند آنمی و کمبود آهن نسبت داده می‌شود که با نتایج این پژوهش مغایرت دارد (۸، ۲۱). دلیل این مغایرت‌ها می‌تواند در روش آزمایشگاهی و دوز مصرفی باشد. نتایج مطالعه گلالی پور بر پایه سمیت سرب با دوز متفاوت بصورت خوراکی بر نمونه آزمایشگاهی رت بوده است. مطالعه وانگ و همکاران نیز در زمینه مصرف مستقیم دوز بالای هشت عنصر سنگین بر روی رت بصورت خوراکی بوده است. اختلال در عملکرد خون، تغییراتی را در اندازه گلبول‌های قرمز ایجاد می‌کند که می‌تواند دلیلی بر افزایش RDW باشد. طبق نتایج این تحقیق با توجه به تصاویر٤ مقدار MCHC و MCH غیر از گروه رامهرمز در سایر گروه-های تیمار افزایش معنی‌داری نسبت به گروه کنترل نشان داد. طبق مطالعات هنان و همکاران، کاهش و افزایش نسبی در شاخص‌های خونی اثرات سمی فلزات سنگین را که بر فعالیت‌های متابولیک و خونریزی در حیوان تأثیر می‌گذارد، اثبات کرده است (۹). علاوه براین، افزایش ایجاده شده در این پارامترها می‌تواند ناشی از آسیب غشای گلبول‌های قرمز در نتیجه‌ی استرس، هیپوکسی و عدم تعادل اسمزی باشد. عدم تعادل اسمزی باعث ایجاد محیط اسیدی یا قلیایی در پلاسما می‌شود که می‌تواند ناشی از تداخل فلزات سنگین با پمپ سدیم و پتاسیم باشد (١٦، ١٧). باتوجه به شکل٤، هماتوکریت در گروه‌های اهواز و آبادان کاهش معنی داری را نشان می‌دهد که این نتایج با مطالعات رینا همخوانی دارد (١٦). با توجه به جدول۱ مقدار سرب در گروه‌های اهواز و بعد از آن آبادان بیشترین مقدار را نشان می‌دهد. از آن جایی که سرب باعث مهار آنزیم‌های سنتز کننده خون می‌شود، بنابراین موجب شکنندگی غشای سلولی و کاهش سنتز هموگلوبین گشته و در نهایت طول عمر گلبول های قرمز خون را کاهش می‌دهد (۲۱).

بعضی از عناصر مانند مس، روی، کروم و نیکل معمولا فقط در یک یا چند اندام متمرکز می‌شوند در مقابل بعضی از فلزات سنگین مانند کادمیوم و جیوه تقریبا در تمام اندام‌های بدن نفوذ می‌کنند. دلیل این پدیده ممکن است این باشد که اندام‌های بدن توانایی لازم برای تنظیم میزان جذب و دفع این عناصر را

برای حفظ هموستازی داخلی بدن دارند. به عنوان مثال کلیه با عمل دفع این فلزات باعث کاهش تاثیرات منفی آن‌ها در بدن می‌شود (۲۲).

نتیجه‌گیری

مطالعه اثرات ریزگردهای موجود در طوفان‌های گرد و غبار در استان خوزستان بر روی موش صحرایی نر آشکار نمود که ترکیب فلزات سنگین در ریزگردها متفاوت بوده بسته به مقدار و مدت مواجهه با آن و همچنین مقاومت سیستم ایمنی، اثرات متفاوتی را به دنبال دارند. اکثر مطالعاتی که تاکنون انجام شده است، بر تاثیر یک یا چند نوع فلز سنگین روی سیستم‌های کشت سلولی یا مدل حیوانی متمرکز بوده است. در حالی که بررسی حاضر تاثیر نمونه واقعی از ریزگردها را شامل می‌شود که طیف گسترده‌ای از عناصر را در بر دارد و این به درستی مشخص نیست که آیا عناصر مختلف ممکن است در مدل حیوانی بر روی هم اثر خنثی سازی داشته باشند یا خیر؟ به طور طبیعی مدل حیوانی از طریق روش‌های مختلف سم‌زدایی، مقدار نامشخصی از عناصر مورد نظر در نمونه گرد و غبار را دریافت می‌نماید که به احتمال قوی در کوتاه مدت این دوز از ریزگردها نتوانسته است ارگان‌های زنده را چندان دستخوش تاثیر خود قرار دهد. این از یک سو می‌تواند نتیجه خوبی تلقی شود، چه در غیر این صورت موجودات زنده و به خصوص انسان دچار آسیب‌های جبران‌ناپذیری می‌شدند. اما برخی از سمیت فلزات سنگین می‌تواند حاد باشد که بعد از مواجهه طولانی مدت منجر به بیماری‌های مزمن و صدمه به ارگان‌های مختلف بدن از جمله مغز، ریه ها، کبد و سیستم کلیوی شود. قرار گرفتن در معرض فلزات سنگین در انسان اشکال متنوعی را شامل می‌شود که این مواد می‌توانند از طریق مصرف مواد غذایی و آب، استنشاق هوای آلوده، تماس با پوست وارد بدن انسان شوند. مکانیسم اصلی سمیت فلزات سنگین شامل تولید رادیکال‌های آزاد است که باعث ایجاد استرس اکسیداتیو، آسیب ماکرومولکول‌ها مانند آنزیم‌ها، پروتئین‌ها، لیپیدها و اسیدهای نوکلئیک می‌شود. بنابراین آثار برخی از فلزات سنگین موجود در ریزگردها بر فعالیت‌های فیزیولوژیکی در بدن جبران ناپذیر است.

تشکر و قدردانی

مولفین بر خود لازم می‌دانند از همکاری بخش‌های پژوهشی دانشگاه‌های دامغان و شهید چمران به واسطه مساعدت‌های مالی و معنوی و نیز از داوران محترمی که نقطه نظراتشان در بهبود کیفیت مقاله نقش مهمی داشته است تشکر و قدردانی به عمل آورند.

منابع

1. Barman T., Kalahasthi R., Rajmohan H., 2014. Effects of lead exposure on the status of platelet indices in workers involved in a lead-acid battery manufacturing plant. *Journal of Exposure Science and Environmental Epidemiology*, 24: 629-633.

2. Broomandi P., Dabir B., Bonakdarpour B., Rashidi Y., 2017. Identification of dust storm origin in South–West of Iran. *Journal of Environmental Health Science and Engineering*, 15: 1-14.

3. Du Y., Xu X., Chu M., Guo Y., Wang J., 2016. Air particulate matter and cardiovascular disease: the epidemiological, biomedical and clinical evidence. *Journal of Thoracic Disease*, 8: 8-19.

4. Faghihzadeh F., Adibi P., Rafiei R., Hekmatdoost A., 2014. Resveratrol supplementation improves inflammatory biomarkers in patients with nonalcoholic fatty liver disease. *Nutrition Research*, 34: 837-843.

5. Fiati Kenston S.S., Su H., Li Z., Kong L., Wang Y., Song X., 2018. The systemic

toxicity of heavy metal mixtures in rats. *Toxicology Research*, 7: 396-407.

6. Gaber H.S., El-Kasheif M.A., Ibrahim S.A., Authman M., 2013. Effect of water pollution in El-Rahawy drainage canal on hematology and organs of freshwater fish. *World Applied Science Journal*, 21: 329-341.

7. Geravandi S., Goudarzi G., Mohammadi M.J., Taghavirad S.S., Salmanzadeh S., 2015. Sulfur and Nitrogen Dioxide Exposure and the Incidence of Health Endpoints in Ahvaz, Iran. *Health Scope*, 4: 1-6.

8. Golalipour M.J., Roshandel D., Roshandel G., Ghafari S., Kalavi M., Kalavi K., 2007. Effect of lead intoxication and D-penicillamine treatment on hematological indices in rats. *International Journal of Morphology*, 25: 717-722.

9. Han X., Lu X., Wu Y., 2017. Health risks and contamination levels of heavy metals in dusts from parks and squares of an industrial city in semi-arid area of china. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 14: 1-12.

10. Kim J.W., Park S., Lim C.W., Lee K., Kim B., 2014. The role of air pollutants in initiating liver disease. *Toxicological Research*, 30: 65-70.

11. Li N., Xia T., Nel A.E., 2008. The role of oxidative stress in ambient particulate matter-induced lung diseases and its implications in the toxicity of engineered nanoparticles. *Free Radical Biology and Medicine*, 44: 1689-1699.

12. Manisalidis I., Stavropoulou E., Stavropoulos A., Bezirtzoglou E., 2020. Environmental and health impacts of air pollution: A review. *Frontiers in public health*, 8: 1-13.

13. Nikinmaa M., Huestis W.H., 1984. Adrenergic swelling of nucleated erythrocytes: cellular mechanisms in a bird, domestic goose, and two teleosts, striped bass and rainbow trout. *Journal of Experimental Biology*, 113: 215-224.

14. Okediran B., Biobaku K., Olaifa F., Atata A., 2017. Haematological and antioxidant enzyme response to Lead toxicity in male Wistar rats. *Ceylon Journal of Science*, 46: 31-37.

15. Poursafa P., Kelishadi R., Amini A., Amini A., Amin M.M., Lahijanzadeh M., 2011. Association of air pollution and hematologic parameters in children and adolescents. *Journal de Pediatria*, 87: 350-356.

16. Ray R.R., 2016. editor Haemotoxic effect of lead: A review. *Proceedings of the Zoological Society*, 161-172.

17. Seaton A., Soutar A., Crawford V., Elton R, McNerlan S, Cherrie J, et al.,1999. Particulate air pollution and the blood. *Thorax*, 54: 1027-1032.

18. Shah S.L., Altindağ A., 2005. Alterations in the immunological parameters of Tench (*Tinca tinca* L. 1758) after acute and chronic exposure to lethal and sublethal treatments with mercury, cadmium and lead. *Turkish Journal of Veterinary and Animal Sciences*, 29: 1163-1165.

19. Singh S., Kaur S., Singh D., 2017. Food toxicology-past, present, and the future (the Indian perspective). Food Safety in the 21st Century: Elsevier, pp: 91-110.

20. Soleimani Z., Parhizgari N., Rad H.D., Akhoond M.R., Kermani M., Marzouni M.B., 2015. Normal and dusty days' comparison of culturable indoor airborne bacteria in Ahvaz, Iran. *Aerobiologia*, 31: 127-141.

21. Wang Y., Tang Y., Li Z., Hua Q., Wang L., Song X., 2020. Joint toxicity of a multi-heavy metal mixture and chemoprevention in sprague dawley rats. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 17: 1-15.

22. Zahir F., Rizwi S.J., Haq S.K., Khan R.H., .2005. Low dose mercury toxicity and human health. *Environmental Toxicology and Pharmacology*, 20: 351-360.