# تأثیر تمرین هوازی در هوای آلوده به ذرات کربن سیاه بر بیان ژن‌های . .. . و β .. .. در بافت قلب موش‌های صحرایی نر

بهزاد پاک‌راد[۱]، حمید آقاعلی‌نژاد[۲]، علیرضا زمانی[۳]، محمد فشی[۴]، بتول رضایی سراجی[۵]، زهرا رجبی[۶]

۱. دانشجوی دکتری فیزیولوژی ورزشی، دانشگاه تربیت‌مدرس
۲. دانشیار فیزیولوژی ورزشی، دانشگاه تربیت‌مدرس *
۳. استاد ایمونولوژی، دانشگاه علوم پزشکی همدان
۴. استادیار فیزیولوژی ورزشی، دانشگاه شهید بهشتی .
۵. دانشجوی دکتری فیزیولوژی ورزشی، دانشگاه تربیت‌مدرس
۶. کارشناس ارشد فیزیولوژی ورزشی، دانشگاه تربیت‌مدرس

تاریخ دریافت:۱۳۹۴/۰۶/۰۸ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۴/۰۷/۲۹

## چکیده

**پژوهش حاضر اثرات تمرین هوازی بر فاکتورهای التهابی قلب موش‌های درمعرض ذرات کربن سیاه را موردبررسی قرار داده است. در این پژوهش، ۲۴ سر موش نر بالغ نژاد ویستار ۱۰ هفته‌ای با میانگین وزنی ۲۶/۹۷±۲۷۹/۲۹ گرم به چهار گروه شش‌تایی تقسیم شدند که عبارت هستند از: گروه کنترل (بدون تمرین هوازی و قرارگیری درمعرض .. ..)، گروه تمرین هوازی (پنج جلسه در هفته و به‌مدت چهار هفته)، گروه قرارگیری درمعرض .. .. کربن سیاه (پنج میلی‌گرم در متر مکعب) و گروه تمرین هوازی همراه با قرارگیری درمعرض .. .. کربن سیاه. شایان‌ذکر است که بیان ژن‌های . ... و β .. .. در بافت قلب با استفاده از روش .. .. . . ..... .. سنجیده شد. همچنین، جهت تعیین اختلاف معنادار بین گروه‌ها از آزمون تحلیل واریانس دوسویه و آزمون تعقیبی . .. با سطح معناداری ... .≤ . استفاده گردید. یافته‌ها نشان می‌دهد که تمرین هوازی توانسته است افزایش بیان ژن β .. .. ناشی از .. .. را در بافت قلب مهار کند، اما درمقایسه با گروه کنترل، بیان ژن β .. .. تنها در گروه آلودگی به‌شکل معناداری بالاتر می‌باشد ( . . .. . ..). نتایج به‌دست‌آمده حاکی از آن است که چهار هفته قرارگیری درمعرض .. .. کربن سیاه، به‌شکل معناداری بیان ژن β .. .. را در بافت قلب افزایش می‌دهد و این وضعیت با انجام تمرینات هوازی وخیم‌تر نمی‌گردد. .**

**واژگان کلیدی:** ورزش هوازی، .. ... التهاب، بافت قلب .

* نویسنده مسئول

## مقدمه

ارزش حیاتی هوای تنفسی در انسان بر هیچ‌کس پوشیده نیست و حتی از نیاز انسان به غذا و آب نیز بالاتر می‌باشد و اهمیت زیادی که دارد باعث شده است نگرانی زیادی درمورد آلودگی آن به‌وجود آید (۱). ازسوی‌دیگر، انجام فعالیت بدنی به‌صورت مرتب، مزایا و اثرات مثبت بسیار زیادی بر سلامت افراد در سنین مختلف دارد، اما باید توجه نمود که هرچه فعالیت بدنی فرد بیشتر باشد، میزان تنفس نیز بالاتر بوده و به‌تبع آن، میزان هوای دریافتی فرد نیز بالاتر می‌رود و این توجیهی است برای خطر بالاتر آلودگی هوا در ورزشکاران. علاوه‌براین، عنوان شده است که حین فعالیت ورزشی، ظرفیت انتشار ریوی افزایش می‌یابد و برهمین‌اساس، چنین فرض شده است که فعالیت ورزشی موجب افزایش انتشار و جذب آلاینده‌ها می‌گردد (۲). در تأیید این نظر باید بیان کرد افرادی که به فعالیت بدنی می‌پردازند نسبت به افراد بی‌تحرک، ۱۰ تا ۱۵ برابر بیشتر تنفس می‌کنند. قابل‌ذکر است که افراد بی‌تحرک عادی حدود ۶۰۰ لیتر هوا را در هر ساعت استنشاق می‌کنند؛ درحالی‌که این رقم حین فعالیت شدید به ۷۰۰۰ لیتر می‌رسد (۵ـ۳).

در میان آلاینده‌های هوا، منشا بیشتر اثرات منفی و بیماری‌ها در انسان ذرات معلق [1]( ..) می‌باشد (۶). .. اصطلاحی است که برای اشاره به ذرات بسیار ریز (مخلوطی از مواد جامد و مایع) موجود در هوای آلوده استفاده می‌شود. درحقیقت، ذرات جامد از هسته‌ای کربنی تشکیل شده‌اند و شامل: نیترات‌ها و سولفات‌ها، فلزها، هیدروکربن‌های آروماتیک چندحلقه‌ای، آلکان‌ها و اسیدهای آلکانوئیک و ترکیبات بیولوژیکی (اندوتوکسین، گرده، هاگ‌های قارچی، ویروس‌ها و باکتری‌ها) می‌باشند (۷-۹). مطالعاتی که از مدل حیوانی استفاده کرده‌اند و یا پژوهش‌هایی که در ارتباط با انسان‌هایی که درمعرض آلودگی هوا قرار داشته‌اند انجام شده‌اند نشان می‌دهند که ..، دستگاه‌های قلبی ـ عروقی، تنفسی و عصبی را تحت‌تأثیر قرار می‌دهد (۷،۹،۱۰). اگرچه، این‌گونه به‌نظر می‌رسد که .. خطرات مرتبط با سلامتی را بیشتر در ریه‌ها ایجاد کند، اما مستندات نشان می‌دهند که عمدهٔ اثرات مضر ناشی از ..، بر سیستم قلبی ـ عروقی اعمال می‌گردد (۶،۱۱،۱۲). همچنین، این‌گونه آشکار شده است که آلاینده-های هوا به‌ویژه .. موجب تحریک سلول‌ها در تولید سایتوکاین‌های پیش‌التهابی و کموکاین‌ها می-گردند (۷-۹،۱۳،۱۴). سیستم ایمنی ذاتی به‌ویژه مسیرهایی که از طریق گیرنده‌های شبهه گذرگاهی [2]( . . .) دنبال می‌شوند، اولین خط دفاعی دربرابر پاتوژن‌های میکروبی و آلاینده‌های مهاجم می‌باشند. این گیرنده‌ها نقشی اساسی را در ایمنی ذاتی و ایمنی اکتسابی ایفا می‌کنند (۱۸ـ۱۵) و تحریک آن‌ها

1... .. .... ..... .. .... .
2... . ..... .. . .. .. .. .. ..... . .

از طریق مسیرهای سیگنالینگ درون‌سلولی خاصی منجر به فعال‌شدن فاکتورهای نسخه‌برداری پایین-دست مختلفی شده و درنهایت، سبب تولید سایتوکاین‌های التهابی در سلول‌های ایمنی بدن میزبان می‌گردد (۱۵). مطالعات حیوانی اشاره به این موضوع دارند که این گیرنده‌ها در شرایط پاتولوژیک، تاحدودی مسئول عدم عملکرد صحیح قلبی می‌باشند (۱۵). یکی از مهم‌ترین سایتوکاین‌های پیش-التهابی حاصل از مسیر ذکرشده در بافت قلبی، اینترلوکین-۱ می‌باشد. عملکرد اصلی .. .. همانند .. . این است که به‌عنوان یک واسطهٔ پاسخ التهابی میزبان دربرابر عفونت‌ها و سایر محرک‌ها عمل کند. .. .. به‌همراه .. . در ایمنی ذاتی و التهابی شرکت می‌کند (۱۹) و ممکن است در بیماری ترومبوتیک شریانی نقش داشته باشد. این نقش می‌تواند از طریق افزایش تشکیل آسیب‌های آترومایی، افزایش التهاب عروقی و شروع بی‌ثباتی پلاک اعمال گردد (۲۲ـ۲۰). همچنین، .. .. پاسخ‌های التهابی را تنظیم کرده و در توسعهٔ رمودلینگ مضر از طریق افزایش بیان متالوپروتئیناز ماتریکس دخیل می‌باشد. علاوه‌براین، پیام‌رسانی آن می‌تواند میانجی‌گر اصلی در پاتوژنز نارسایی قلبی (از طریق سرکوب قابلیت انقباض‌پذیری قلبی)، هیپرتروفی قلبی و آپوپتوز کاردیومایوسیت‌ها باشد (۲۰،۲۳،۲۴). به‌نظر می‌رسد که تمرینات ورزشی، بیان گیرنده‌های . . . را در سطح مونوسیت‌ها و سلول کاهش می‌دهد. همچنین، نشان داده شده است که . . ، در پاسخ به آلودگی هوا، نقش‌های التهابی (از جمله در آلرژی) را ایفا می‌کند (۲۵). بکر[1] و همکاران نشان دادند که ذرات آلودگی هوا، . . . . و . . . . را تحریک می‌کند و درادامه، با تولید سایتوکاین‌های پیش‌التهابی همراه می‌شود (۲۶). یکی از اجزای ذرات معلق که اهمیت بسیاری دارد، کربن سیاه می‌باشد. کربن سیاه ناشی از احتراق ناقص هیدروکربن‌های مایع و گازی است و امروزه به‌دلیل استفاده در سوخت گازوئیل و موتورهای دیزلی، از آن به‌عنوان آلایندهٔ موتورهای دیزلی یاد می‌شود. مطالعات نشان داده است که بین قرارگرفتن درمعرض ذرات کربن سیاه و التهاب و خطر برخی بیماری‌ها رابطه وجود دارد (۲۷). جکسون[2] و همکاران (۲۰۱۲) در پژوهشی در ارتباط با موش‌های باردار نشان دادند که قرارگرفتن درمعرض ذرات کربن سیاه با افزایش التهاب و آسیب . .. همراه می‌شود (۲۸). افزایش استفاده از کربن سیاه در سوخت‌های دیزلی، صنعت تایر ماشین، پلاستیک و موارد دیگر، نگرانی‌های روزافزونی را در این‌باره به‌همراه داشته است.

علی‌رغم این که انجام تمرینات ورزشی در هوای آلوده با چالش‌های بسیاری روبه‌رو می‌باشد، پژوهش-های اندکی به‌صورت عمقی به بررسی آن پرداخته‌اند (۲۹). پاره‌ای از پژوهش‌ها انجام تمرینات ورزشی

.....

1... .. . .. .

2... .. . . . .

.

.

در هوای آلوده را مضر دانسته‌اند (۳۶ـ۳۰) و این درحالی است که پژوهش‌های دیگر آن را رویکرد مناسبی برای تعدیل تأثیرات مضر آلودگی هوا می‌دانند (۲۹،۳۷،۳۸).

پژوهش‌هایی که تأثیر قرارگرفتن درمعرض آلودگی هوا حین تمرینات ورزشی را موردبررسی قرار داده‌اند بیان کرده‌اند افرادی که در هوای آلوده ورزش می‌کنند، درمعرض افزایش خطر بیماری‌های قلبی ـ عروقی قرار دارند؛ زیرا همان‌گونه که گفته شد، تمرینات ورزشی، میزان تنفس، تبادلات ریوی و تنفس آلاینده‌های سمی را افزایش می‌دهد (۳۵ـ۳۰). بااین‌وجود، این مطالعات سازوکارهای اثر تمرینات هوازی را که می‌تواند عوامل پیش‌التهابی ناشی از آلودگی هوا را تعدیل کند به‌صورت عمقی و مولکولی و در سطح گیرنده موردبررسی قرار نداده‌اند و تعداد این مطالعات نیز بسیار اندک می‌باشد. به‌طورکلی، با توجه به اثرات مضر آلودگی هوا بر سلامتی و به‌ویژه بر سیستم ایمنی و این که زندگی شهری در کشورهای درحال‌توسعه، قرارگرفتن دربرابر این آلاینده‌ها را ایجاب می‌کند و نیز با توجه اثرات مفید و مؤثر تمرینات هوازی مزمن بر سلامتی بدن و فاکتورهای سیستم ایمنی، این سؤال مطرح می‌شود که آیا انجام چهار هفته تمرینات هوازی می‌تواند اثرات مفیدی بر . . . . و عوامل التهابی در بافت قلب موش‌های درمعرض هوای آلوده به ذرات کربن سیاه با قطر کمتر از ۱۰ میکرون ( .. ..) داشته باشد؟

.

## روش پژوهش

حیوانات به‌کارگرفته‌شده در این پژوهش عبارت بودند از: ۲۴ سر موش صحرایی نر نژاد ویستار ۱۰ هفته‌ای با میانگین وزنی ۲۶/۹۷±۲۷۹/۲۹ گرم که در گروه‌های سه‌تایی در قفس‌های مخصوص نگهداری می‌شدند. دمای اتاق آزمایشگاه ۳/۶±۲۲ درجهٔ سانتی‌گراد بود و چرخهٔ ۱۲ ساعت خواب و ۱۲ ساعت بیداری با دسترسی آزاد به آب و غذا رعایت گردید. شایان‌ذکر است که تمام آزمایش‌های صورت‌گرفته براساس دستورالعمل کار با حیوانات دانشگاه تربیت‌مدرس انجام گرفت. پیش از گروه-بندی و اجرای پروتکل تمرینی، موش‌ها به‌مدت دو هفته در محیط آزمایشگاه نگهداری شدند و درادامه، به‌مدت یک هفته با تردمیل و نوع تمرین آشنا شدند. سپس، به‌صورت تصادفی به چهار گروه بدون تمرین و بدون قرارگرفتن درمعرض هوای آلوده به ذرات کربن سیاه، بدون تمرین و با قرارگرفتن درمعرض هوای آلوده به ذرات کربن سیاه، تمرین هوازی و بدون قرارگرفتن درمعرض هوای آلوده به ذرات کربن سیاه و تمرین هوازی همراه با قرارگرفتن درمعرض هوای آلوده به ذرات کربن سیاه تقسیم شدند. .

به‌منظور تزریق ذرات کربن سیاه در هوای تنفسی موش‌ها از دستگاه و اتاقک (فالونک) استفاده گردید. دستگاه تزریق و اتاقک به‌گونه‌ای بود که در هر دقیقه یک‌بار هوای اتاقک به‌صورت کامل عوض شده

و با ایجاد یک فشار منفی در اتاقک، از خروج ذرات به فضای آزمایشگاه جلوگیری می‌شد. ذرات آلاینده با غلظت حدود پنج میلی‌گرم در هر متر مکعب، دما برابر با ۲۲ درجهٔ سانتی‌گراد و رطوبت[۱] معادل ۲۹ درصد شبیه‌سازی گردید (۲۹). علاوه‌براین، موش‌های گروه "ب" و "د" طی چهار هفته، به‌شکل پنج روز در هفته و به‌مدت دو ساعت در روز درمعرض هوای آلوده به ذرات کربن سیاه قرار گرفتند. ذرهٔ آلایندهٔ به‌کاررفته در این پژوهش، کربن سیاه ( ... .) با قطر کمتر از ۱۰ میکرون بود که از شرکت دودهٔ کربن ایران تهیه گردید. شکل و قطر ذرات به‌ترتیب با روش تصویربرداری و با استفاده از میکروسکوپ نوری[۲] و داست کانتر[۳] بررسی و تأیید گشت.

در مرحلهٔ آشناسازی، موش‌ها به‌مدت یک هفته به‌صورت سه روز در هفته، ۱۵ دقیقه در روز و با سرعت ۲۰ متر بر دقیقه تمرین کردند. سپس، به‌منظور تعیین بار کار بیشینه، آزمونی فزاینده به قرار زیر انجام گرفت:

آزمون با سرعت شش متر بر دقیقه شروع گشته و پس از گذشت هر سه دقیقه، سه متر بر دقیقه به سرعت دستگاه اضافه می‌گردید. این کار تا آن‌جا ادامه می‌یافت که حیوان دیگر قادر به دویدن نباشد (سه مرتبه جاماندن حیوان از تردمیل و افتادن). در این نقطه، بار کار بیشینه برای هر حیوان مشخص می‌گردید (سرعت نهایی دستگاه در لحظهٔ واماندن حیوان). همچنین، جهت تعیین شدت تمرین هر گروه، میانگین بار کار بیشینهٔ هر گروه مورداستفاده قرار گرفت. پروتکل اصلی تمرین پس از گرم‌کردن (۱۰ دقیقه با سرعت شش متر بر دقیقه) به قرار زیر بود: دویدن با ۵۰ درصد میانگین بار کار بیشینهٔ هر گروه، ۶۰ دقیقه در روز، پنج روز در هفته و به‌مدت چهار هفته (۲۹،۳۹).

۲۴ ساعت پس از آخرین جلسهٔ تمرین و قرارگرفتن درمعرض هوای آلوده به ذرات، حیوانات با تزریق زیرصفاقی ترکیبی از کتامین (۳۰ تا ۵۰ میلی‌گرم در کیلوگرم) و زایلازین (سه تا پنج میلی‌گرم در کیلوگرم) بیهوش شدند و بافت قلبی آن‌ها بلافاصله جدا گشت و در مایع نیتروژن منجمد گردید. نمونه‌های بافتی تا زمان اندازه‌گیری در فریزر با دمای ۸۰- درجهٔ سانتی‌گراد نگهداری شدند. در مرحله استخراج . . . و سنتز . .. .، حدود ۵۰ میلی‌گرم بافت قلب به‌صورت جداگانه و به‌منظور استخراج .. . .... .. به نسبت یک به ۱۰ در کوآزول[۴] هموژن گردید. همچنین، جهت برداشتن اجزای پروتئینی، محصول به‌دست‌آمده در دمای چهار درجهٔ سانتی‌گراد به‌مدت ۱۰ دقیقه با سرعت ۱۲۰۰۰

.....

۱. بادسنج هات وایر دیتا لاگر مدل ..... . . . ساخت کشور تایوان

2... .. .. ... . . ... .. . ... . .. .... . .. ... . . . . .

3.... .. . .. .. . . ... .. . . .. . . . . .. . . .. .. . .... ... . ..... .. -. . . . . .. .. ... . ..... . .. . ).

4.... . .. ... . ... .. .. . . . .

.

.

( .) سانتریفوژ گردید. سپس، به نسبت یک به ۰/۵ با کلروفرم مخلوط گشت و به‌مدت ۱۵ ثانیه به‌شدت تکان داده شد. درادامه، در دمای چهار درجهٔ سانتی‌گراد به‌مدت ۱۵ دقیقه با سرعت ۱۲۰۰۰ ( .) سانتریفوژ شد و بخش معدنی و آبی از هم جدا گشت. بخش حاوی . . . با نسبت یک به ۰/۵ با ایزوپروپانول مخلوط گشت و به‌مدت ۱۰ دقیقه در دمای اتاق رها شد. سپس، در دمای چهار درجهٔ سانتی‌گراد به‌مدت ۱۰ دقیقه با سرعت ۱۲۰۰۰ ( .) سانتریفوژ گردید. ..... حاوی . . . در اتانول شستشو داده شد و در .. .. آب . ..... حل گردید. علاوه‌براین، غلظت . . . موردسنجش قرار گرفت (اپندورف آلمان). نسبت ۲۶۰ به ۲۸۰ بین ۱/۸ تا دو به‌عنوان تخلیص مطلوب تعریف گردید. سنتز .... نیز با استفاده از . ...از . . . و توسط پرایمر هگزامر رندوم و آنزیم ترانس-کریپتاز معکوس[1] انجام گرفت.

به‌منظور اندازه‌گیری سطوح بیان ژن‌ها، روش نیمه‌کمی . . . . .. .. . با استفاده از پرامیکس سایبر ژن دو[2] به‌کار رفت (ساخت آمریکا). مخلوط واکنش در حجم نهایی .. .. انجام شد و هر واکنش دوبار صورت گرفت. طراحی پرایمرها نیز براساس اطلاعات ژن‌های . . . ، β .. .. و .. . . . در بانک ژنی ان،بی،سی،آی[3] انجام شد و سنتز آن‌ها توسط شرکت ماکرو ژن (ساخت کره جنوبی) صورت گرفت. توالی پرایمرهای مورداستفاده در جدول شماره یک نشان داده شده است. شایان ذکر است که از .. . .. به‌عنوان ژن کنترل استفاده شد. برنامهٔ دمایی مورداستفاده در . . .. .. ... .. . . . شامل: ۹۵ درجه سانتیگراد به‌مدت ۱۰ دقیقه، ۹۵ درجه سانتیگراد به‌مدت ۱۵ ثانیه و ۶۰ درجه سانتیگراد به‌مدت یک دقیقه (تکرار ۴۰ سیکل) بود. میزان بیان ژن‌های موردنظر نیز با روش $^{-\Delta\Delta}$. اندازه‌گیری گردید.

**جدول ۱ــ توالی پرایمرهای مورداستفاده در پژوهش حاضر .**

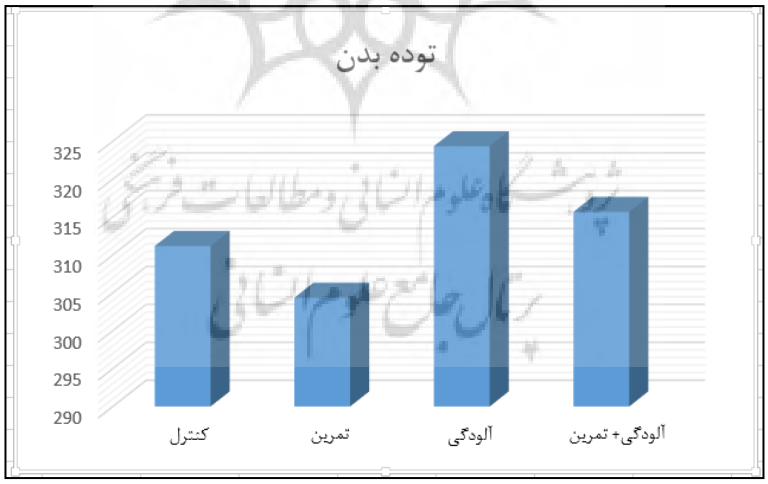
| . . ... . | . ..... .. ..... ... |
|---|---|
| . . . . . | .. .... ... . . . . . .. . . . . .. . . . . . .. . . . . .. . ... . |
| . | . .. ... . . . . . ... . . . . ... . .. . . .. ... . |
| .. .. β. | .. .... ... . . . . .. . . . . .... ... .. .. ... . . .. ... .. . . . . .. . . . . . .. . ... .. . ... . |
| .. . .. . | .. .... ... . . . . . .. . . .... ..... .. . . .. ... . . . . . .. . . .. . . . . . .. . ... . |

1... .. .. .. . ... ... .. ....
2... ... .. .. . . .. .. ... . ....
3.... . .

تمامی داده‌ها براساس میانگین ± انحراف استاندارد توصیف شده‌اند. از آزمون تحلیل واریانس دوطرفه برای بررسی وجود تفاوت معنادار پس از مداخله در وزن بدن موش‌ها استفاده گردید. همچنین، جهت تعیین معناداربودن تفاوت بین گروه‌ها و نیز تعیین معناداربودن اثر تعاملی دو متغیر تمرین و آلودگی هوا، تحلیل واریانس دوطرفه و تست تعقیبی .. . مورد استفاده قرار گرفت. سطح معناداری نیز .. .≤ . در نظر گرفته شد. علاوه‌براین، کلیهٔ بررسی‌های آماری با استفاده از نرم‌افزار اس. پی. اس. اس[1] نسخهٔ ۲۰ انجام گرفت.

## نتایج

یافته‌ها نشان می‌دهند که تمام موش‌ها در کلیهٔ گروه‌ها توانسته‌اند پروتکل چهار هفته‌ای تمرین هوازی و قرارگرفتن درمعرض هوای آلوده به ذرات را بدون هیچ مشکلی به اتمام برسانند. نتایج آزمون تحلیل واریانس دوطرفه در رابطه با تودهٔ بدنی موش‌ها نیز بیانگر این است که تفاوت معناداری بین گروه‌های موردپژوهش وجود ندارد ( .... =. .)، اما اثر تعامل دو متغیر آلودگی و تمرین در این زمینه معنادار می‌باشد ( .... =. .) (شکل شماره یک). .




**شکل ۱ـ تغییرات تودهٔ بدن حیوانات گروه‌های پژوهش پس از مداخله .**

.

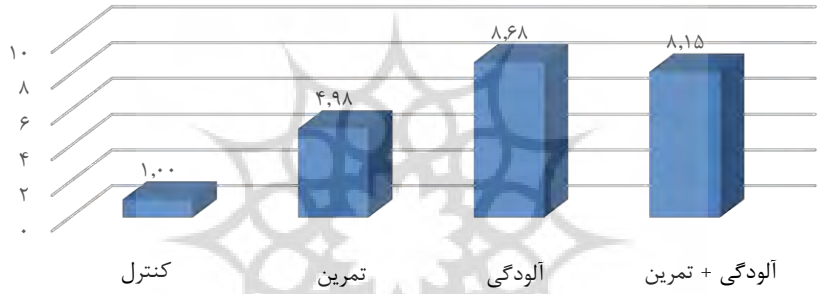
.....

1.... ..

.

.

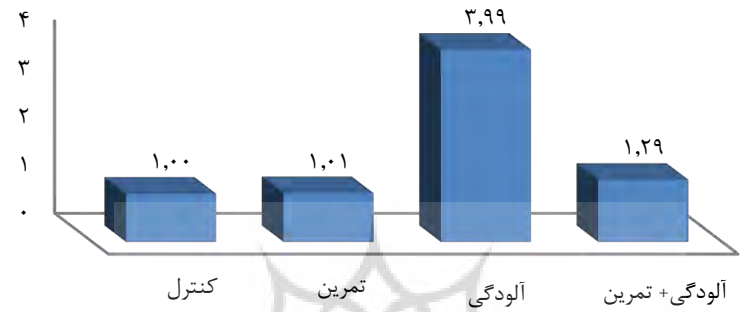
در رابطه با مقادیر .. . . .، نتایج آزمون تحلیل واریانس دوطرفه نشان می‌دهد که هیچ تفاوت معناداری در مقادیر این گیرنده بین گروه‌ها وجود ندارد (جدول شماره دو). در شکل شماره دو که مربوط به . . . . می‌باشد، محور . میزان بیان ژن را درمقایسه با گروه کنترلی که یک فرض شده است، نشان می‌دهد. .




. .

**شکل ۲ـ میانگین ارزش‌های بیان ژن . ... در گروه‌های موردمطالعه**

علاوه‌براین، در ارتباط با β .. ..، نتایج آزمون تحلیل واریانس دوطرفه همراه با آزمون تعقیبی .. . افزایش معناداری را در گروه آلودگی نسبت به گروه کنترل نشان می‌دهد ( .... .= .). قابل‌ذکر است که در ارتباط با بیان β .. ..، تفاوت معناداری بین سایر گروه‌های موردبررسی مشاهده نمی‌شود (جدول شماره دو). باوجوداین، بیان این سایتوکاین در گروه آلودگی، بیشترین افزایش را داشته است و در گروه تمرین، کمترین افزایش را نشان می‌دهد (شکل شماره سه).




**شکل ۳ـ میانگین ارزش‌های بیان ژن β .. .. در گروه‌های موردمطالعه**

درپایان، شایان‌ذکر است که اثر تعاملی دو متغیر تمرین و آلودگی موجب تغییر معنادار در هیچ‌یک از متغیرهای .. . . . و β .. .. نگردیده است (جدول شماره دو).

**جدول ۲-ارزش‌های مقادیر . در آزمون تحلیل واریانس دوطرفه بین گروه‌های موردمطالعه**

| گروه‌ها | .. . . . | .1β .. . |
|---|---|---|
| کنترل ـ تمرین | ۰/۶۴۳ | ۰/۱۶۸ |
| کنترل ـ آلودگی | ۰/۳۹۷ | ۰/۰۴۶ |
| کنترل ـ آلودگی+ تمرین | ۰/۴۰۸ | ۰/۱۵۴ |
| تمرین * آلودگی | ۰/۷۱۷ | ۰/۳۹۴ |

## بحث و نتیجه‌گیری

در پژوهش حاضـر، اثر چهار هفته تمرین هوازی سـبک در هوای آلوده به ذرات کربن سـیاه بر بیان ژن‌های . . . . و β .. .. در بافت قلب موش‌های صحرایی نر موردبرر سی قرار گرفت. یافته‌ها ن شان داد که چهار هفته تمرین هوازی سبک منجر به تعدیل عوامل التهابی β .. .. در هوای آلوده به ذرات کربن سیاه می‌شود.

مطالعات بسیاری با استفاده از مدل‌های حیوانی و نیز پژوهش‌های صورت‌گرفته بر روی انسان چنین گزارش کرده‌اند که قرارگرفتن درمعرض آلودگی‌های هوای تنفســـی، با ابتلا به بیماری‌های قلبی در ارتباطی تنگاتنگ می‌باشــد (۴۴-۶،۴۰). دراین‌میان، بیماری‌های التهابی بافت قلب، بســیار برجســته بوده و افزایش میزان β .. .. در این زمینه نقشی کلیدی دارد (۲۰،۲۱،۲۳،۲۴). بکر و همکاران نشان دادند ذرات آلودگی هوا، تحریک . . . . و . . . . را در پی دارد و درنهایت، با تولید ســایتوکاین‌های پیش‌التهابی همراه می‌باشــد (۲۶). در پژوهش حاضــر نیز قرارگرفتن درمعرض هوای آلوده به ذرات کربن ســیاه، با افزایش بیان ژن‌های . . . . و β .. .. همراه بود که از این لحاظ، با مطالعات یادشــده هم‌خوانی دارد.

باید گفت مطالعاتی که به بررسی اثر تمرینات ورزشی در هوای آلوده بر پاسخ‌های دستگاه ایمنی پرداخته باشند بسیار اندک هستند و تنوع پاسخ‌های ایمنی، نتیجه‌گیری قاطع دراین‌زمینه را بسیار سخت کرده است. پژوهش‌های بسیاری تمرینات ورزشی را به‌عنوان عاملی ضدالتهابی معرفی کرده‌اند. سازوکارهای پیشنهادی این اثرات ضدالتهابی عبارت هستند از: کاهش فشار اکسایشی، کاهش تودهٔ چربی احشایی، افزایش سایتوکاین‌های ضدالتهابی و کاهش بیان گیرنده‌های شبه‌گذرگاهی (۲۹، ۱۹). در این پژوهش نیز تمرین سبک هوازی به‌مدت چهار هفته، با کاهش نشانگرهای التهاب ( . . . . و β .. ..) در بافت قلب موش‌های درمعرض هوای آلوده به ذرات کربن سیاه همراه بود.

همچنین، الیویرا[1] و همکاران در پژوهشی که روی نه دوچرخه‌سوار مرد تمرین‌کرده انجام دادند، کاهش معناداری را در . . . . و . . . . پس از یک ساعت‌ونیم دوچرخه‌سواری با شدت ۷۵ درصد حداکثر اکسیژن مصرفی گذارش کردند و این امر را تاحدودی مسئول سرکوب ایمنی پس از ورزش در این ورزشکاران دانستند. در پژوهش حاضر، تمرین ورزشی منجر به افزایش . . . . گردید که با یافته‌های پژوهش فوق در تناقض می‌باشد. از جمله دلایل این مغایرت را می‌توان به محیط و شدت فعالیت نسبت داد؛ زیرا در پژوهش حاضر، شدت فعالیت سبک‌تر می‌باشد.

شرمن[2] و همکاران نیز در مطالعهٔ خود (۲۰۰۴) این‌گونه نتیجه گرفتند که پرداختن به فعالیت ورزشی در هوای آلوده منجر به افزایش التهاب در بافت قلب می‌گردد که با پژوهش حاضر درتناقض می‌باشد (۳۴). از دلایل این تناقض می‌توان به زمان و شدت فعالیت ورزشی اشاره کرد. در پژوهش شرمن و همکاران، فعالیت ورزشی هم‌زمان با قرارگرفتن درمعرض هوای آلوده انجام شده بود؛ درحالی‌که در مطالعهٔ حاضر، تمرین هوازی ۱۵ دقیقه پس از قرارگرفتن حیوانات دربرابر آلودگی اجرا گردید.

1..... ... . .
2.... .. . . .

درحقیقت، اختلاف بین این دو مطالعه، شبیه به ورزش‌کردن در محیط آزاد و خارج از ورزشگاه مانند دوچرخه‌سواری در اتوبان‌های شلوغ و ورزش در محیط سرپوشیده با هوای سالم می‌باشد.

علاوه‌براین، در پژوهش حاضر، افزایش معناداری در تودهٔ بدنی موش‌های درمعرض هوای آلوده به ذرات کربن سیاه مشاهده شد که هم‌سو با نتایج مطالعهٔ زو[1] و همکاران (۲۰۱۰) می‌باشد. آن‌ها بالابودن ذرات آلاینده را عامل خطری برای توسعهٔ مقاومت انسولین، چاقی و التهاب دانستند (۴۵). همچنین، بیان کردند که بین افزایش وزن و چاقی و افزایش عوامل التهابی ارتباط وجود دارد و این درحالی است که کاهش وزن می‌تواند حتی مستقل از ورزش، منجر به کاهش نشانگرهای التهابی شود (۴۶). پاره‌ای از مطالعات نیز اثر اصلی ورزش بر کاهش عوامل التهابی و القای فاکتورهای ضدالتهابی را به کاهش وزن ناشی از ورزش نسبت داده‌اند (۴۷،۴۸)؛ بنابراین، به‌نظر می‌رسد افزایش بیان . . . . و β .. .. در گروه آلودگی را می‌توان تاحدودی به افزایش وزن بدن حیوانات که ناشی از ذرات کربن سیاه می‌باشد نسبت داد و این درحالی است که این افزایش وزن در گروه آلودگی + تمرین کمتر می‌باشد.

به‌طورکلی، این یافته‌ها نشان می‌دهند که چهار هفته تمرین هوازی در هوای آلوده به ذرات کربن سیاه منجر به تعدیل عوامل التهابی . . . . و β .. .. و وزن بدن می‌شود. بااین‌وجود، پژوهش‌های بیشتری به‌منظور آشکارشدن سازوکارهای دقیق این مداخلات موردنیاز می‌باشد. .

**پیام مقاله:** با توجه به داده‌های حاصل از این پژوهش، هوای آلوده منجر به افزایش عوامل التهابی در بافت قلب می‌گردد؛ لذا، افراد مستعد عوارض قلبی در مواجهه با چنین شرایطی نیاز به مراقبت بیشتری دارند. البته، شایان‌ذکر است که انجام فعالیت هوازی در هوای آلوده منجر به وخیم‌ترشدن عوامل التهابی نمی‌گردد.

## منابع

۱. رجبی حمید. بررسی تأثیر تمرینات هوازی کوتاه‌مدت در محیط آلوده به . . . و مقدار لیپیدها و لیپوپروتئین‌های سرم و زمان اجرا در موش‌های آزمایشگاهی. نشریهٔ پژوهش در علوم ورزشی، ۱۳۸۱، ۱. (۳): ۲۵ـ۱.

.. .. .. ... . ... .. . .. . . .. ..... .. . . . .. . . . .. . ... .. ... . . ... ... . .. . ..... . . . . . ... . .. . . . ... .. .. .... .. .. . . . ... . . ..... .... .

.. ... .... .. . . .. ... .... . ... .. ... ... . ... ... . . ... ... . . . . .. . .... . .. .. .. . .. .. . . . . .... . . .. . . . .. ... .. .. .. .. .. . .. .. .... ... . ... ... . . ... .. ..... .... .

.....

1.... .

.

.

BB(nuaaaar faooor

**.شیوه استناد دهی**

پاک‌راد بهزاد، آقاعلی‌نژاد حمید، زمانی علیرضا، فشی محمد، رضایی سراجی بتول، رجبی زهرا. تأثیر تمرین هوازی در هوای آلوده به ذرات کربن سیاه بر بیان ژن های . . . . و β .. .. در بافت قلب موش های صحرایی نر. فیزیولوژی ورزشی. پاییز ۱۳۹۵؛ ۸(۳۱): ۹۲-۷۷. .

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

**.1β .**

**ats'..**

.. .1β ee re .

.1.. But

.1β .

.. .1β nn .

*.