

## تأثیر ۱۲ هفته تمرین هوازی با و بدون مصرف مولتی ویتامین- مینرال در هوای آلوده بر برخی عوامل ایمنولوژیک مردان سالم

صابر رضانزاد<sup>۱</sup>، مهدی کارگرفرد<sup>۲</sup>، عفت بمبئی چی<sup>۳</sup>، رویا کلیشادی<sup>۴</sup>

۱. دانشجوی دکتری بیوشیمی و متابولیسم ورزشی، دانشگاه اصفهان، اصفهان، ایران

۲. استاد فیزیولوژی ورزشی، دانشگاه اصفهان، اصفهان، ایران\*

۳. دانشیار فیزیولوژی ورزشی، دانشگاه اصفهان، اصفهان، ایران

۴. استاد دانشکده پزشکی، مرکز تحقیقات رشد و نمو کودکان، دانشگاه علوم پزشکی اصفهان

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۸/۰۲/۲۵

تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۱۲/۱۵

### چکیده

هدف از انجام این مطالعه، بررسی تأثیر ۱۲ هفته تمرین هوازی با و بدون مصرف مولتی ویتامین- مینرال در هوای آلوده بر برخی عوامل ایمنولوژیک مردان سالم بود. تعداد ۴۶ مرد سالم (سن:  $25 \pm 2/1$  سال؛ شاخص توده بدنی:  $23/83 \pm 0/98$  کیلوگرم بر مترمربع) به طور تصادفی در چهار گروه تمرین هوازی همراه با مکمل (۱۱ نفر)، تمرین هوازی به تنهایی (۱۱ نفر)، مکمل به تنهایی (۱۲ نفر) و کنترل (۱۲ نفر) در هوای آلوده با میانگین شاخص هوای ناسالم قرار گرفتند. برنامه تمرین شامل ۹۰ دقیقه تمرین هوازی، سه جلسه در هفته با شدت ۶۰-۸۵ درصد ضربان قلب ذخیره بیشینه به مدت ۱۲ هفته بود. علاوه بر این، از شرکت کنندگان گروه تمرین همراه با مکمل خواسته شد که ۵۰۰ میلی گرم مولتی ویتامین- مینرال به مدت ۱۲ هفته مصرف کنند. تعداد گلبول‌های سفید، نوتروفیل‌ها، لنفوسیت‌ها، مونوسیت‌ها، ائوزینوفیل‌ها و بازوفیل‌ها، سطوح کورتیزول و ایمونوگلوبین A بزاقی به ترتیب با روش‌های سل کانتر، الیزا و ایمونودیفیوزیون در حالت پایه و در پایان ۱۲ هفته مداخله اندازه گیری شدند. داده‌ها با استفاده از تحلیل واریانس با اندازه‌گیری تکراری تجزیه و تحلیل شدند. پس از مداخله، افزایش معناداری در سلول‌های ایمنی و سطوح کورتیزول ( $P = 0.047$ ) در گروه تمرین ( $P = 0.01$ )، و کاهش معناداری در لنفوسیت‌ها ( $P = 0.001$ )، مونوسیت‌ها ( $P = 0.01$ ) و بازوفیل‌ها ( $P = 0.041$ ) در گروه مکمل وجود داشت. همچنین، سطوح ایمونوگلوبین بزاقی آ در گروه تمرین همراه با مصرف مکمل، به طور معناداری افزایش یافتند ( $P = 0.01$ )؛ در حالی که در دیگر گروه‌ها بدون تغییر ماندند. نتایج نشان داد که تمرین هوازی همراه با مصرف مکمل موجب بهبودی در برخی عوامل ایمنی در هوای آلوده می‌شود؛ با این حال، برای دستیابی به نتایج قطعی‌تر به بررسی‌های بیشتری نیاز است.

**واژگان کلیدی:** تمرین هوازی، مولتی ویتامین مینرال، ایمنی، ایمونوگلوبین آ، کورتیزول، هوای آلوده

**مقدمه**

در سال‌های اخیر، آلودگی هوا در کلان‌شهرها به نگرانی بهداشتی عمده‌ای برای شهروندان تبدیل شده است. به‌همین دلیل، قرارگرفتن در معرض هوای آلوده اثرهای مخرب زیادی بر سلامت انسان دارد و به مرگ زودرس، بیماری‌های قلبی و عروقی، برونشیت، اختلالات تنفسی و سرطان منجر می‌شود. هوای آلوده شامل موادی است که از طریق بینی، دهان، پوست و دستگاه گوارش وارد جریان خون می‌شود؛ با این حال، آلودگی هوا نه تنها موجب به‌خطرافتادن سلامتی و افزایش مرگ‌ومیر بیماران می‌شود، بلکه بر کارایی ورزشکاران نیز تأثیر می‌گذارد. براساس پژوهش‌ها، اثرهای منفی آلاینده‌های هوا با افزایش فعالیت جسمانی افزایش می‌یابند و درحین فعالیت‌های بدنی نیز بر کارایی افراد فعال و ورزشکاران تأثیر منفی دارند (۱). بسیاری از ورزشکاران و هواداران ورزش در شهرهای بزرگ و پرجمعیت زندگی می‌کنند؛ جایی که آن‌ها به‌طور فزاینده‌ای با آلودگی هوایی که با ترافیک وسایل نقلیه و صنعت به‌وجود آمده است، دست‌وپنجه نرم می‌کنند. برخی از اثرهای مضر و حاد آلودگی شدید هوا بر اجراهای ورزشی درحین تمرین و مسابقه تأثیر می‌گذارد (۲). این اثرها در فعالیت‌ها و مسابقات ورزشی بنابر افزایش نیازهای متابولیک، مقدار هوایی که وارد سیستم تنفس می‌شود، چندین برابر می‌گردند و ممکن است حتی از ۲۰ برابر نیز بیشتر شود. از طرف دیگر، هنگام فعالیت‌های بدنی، تنفس از هر دو راه بینی و دهان صورت می‌گیرد و دفع آلاینده‌ها در مسیرهای فوقانی تنفسی کمتر می‌شود (۳).

در مواجهه با هوای آلوده کلان‌شهرها، سیستم ایمنی بدن نیز مانند سایر دستگاه‌های بدن تحت تأثیر زیان‌های آلودگی هوا قرار می‌گیرد. سیستم ایمنی اغلب توانایی سازگاری با هوای آلوده را ندارد و با گسترش آلاینده‌های هوا، آسیب‌های ناشی از سیستم ایمنی نیز بیشتر می‌شود. این آسیب‌ها با سرکوب یا تغییر در تنظیم ایمنی آغاز می‌شوند و با حمله به بدن و به‌دنبال آن، با بیماری‌هایی مانند بیماری‌های آلرژیک یا سرطان پایان می‌یابند. دلایل چنین پاسخ‌هایی از سوی سیستم ایمنی هنوز مورد بررسی و پژوهش است. به‌همین دلیل، مطالعات اپیدمیولوژیک، بالینی و سم‌شناسی روی انسان‌ها و حیوانات با هدف بررسی اثرهای آلاینده‌ها بر سلامت و سیستم ایمنی از مسائل ضروری پژوهشی محسوب می‌شوند (۴). بسیاری از اجزای سیستم ایمنی اعم از ایمنی ذاتی و اکتسابی در ایجاد انواع بیماری‌های تنفسی حاصل از آلودگی هوا نقش دارند. التهاب مزمن در ریه‌ها، افزایش فشار شریان ریوی، انواع بیماری‌های خودایمن و سرطان از جمله بیماری‌هایی هستند که با آلودگی هوا و تغییر در تعادل سیستم ایمنی همراه هستند (۵، ۶).

در ورزش قهرمانی، کاهش اندک کارایی ورزشکار بر میزان موفقیت وی تأثیر قابل‌ملاحظه‌ای دارد؛ از این‌رو، از اثرهای آلودگی هوا بر کارایی ورزشکاران در سطوح بالای ورزش نباید غفلت کرد. به‌هرحال، در زمینه تأثیرات درازمدت آلودگی هوا بر کارایی افراد فعال هنوز پژوهش‌های کاملی انجام نشده‌اند و

مطالعات بیشتر بر اثرهای حاد آلودگی هوا تأکید داشته‌اند (۱). از طرف دیگر، با توجه به اهمیت فعالیت بدنی و نقش آن در تندرستی عموم و فراگیر شدن ورزش در میان اقشار مردم، همواره این سؤال برای آنان مطرح بوده است که در چه شرایطی باید ورزش کنند تا کمتر تحت تأثیر اثرهای سوء آلاینده‌های هوا قرار گیرند؟ (۷). برای کاهش اثرهای زیان‌آور هوای آلوده، پژوهشگران توصیه‌های زیادی کرده‌اند که از آن جمله می‌توان به رژیم غذایی مناسب و رعایت توصیه‌های تغذیه‌ای و استفاده از مکمل‌های آنتی‌اکسیدانی در شرایط آلودگی هوا اشاره کرد (۸). با توجه به نقش احتمالی ویتامین‌ها و آنتی‌اکسیدان‌ها به خصوص ویتامین‌های C، D، E و A در انواع مواد غذایی یا مکمل‌ها در کم کردن اثرهای سوء آلاینده‌ها بر بدن، باید به کامل و صحیح بودن رژیم غذایی ورزشکاران توجه داشت (۹). مکانیسم اصلی اثرهای بیولوژیک آلاینده‌های هوا، استرس اکسیداتیو است که می‌تواند با ایجاد رادیکال‌های آزاد و ایجاد التهاب به سلول‌ها آسیب برساند (۱۰)؛ بر همین اساس، در پژوهش حاضر، اثر مصرف مکمل مولتی‌ویتامین-مینرال همراه با انجام تمرین‌های هوازی در هوای آلوده شهری بر برخی فاکتورهای ایمونولوژیک، تغییرات در تعداد سلول‌های ایمنی خون مانند تعداد گلبول‌های سفید، مونوسیت‌ها، نوتروفیل‌ها، لنفوسیت‌ها، مقادیر ایمونوگلوبین آ و کورتیزول بزاقی مردان سالم مطالعه شده است.

### روش پژوهش

این پژوهش از نوع نیمه‌تجربی است. تعداد ۴۶ مرد سالم با دامنه سنی ۲۰ تا ۳۰ سال که به صورت نامنظم حداقل هفته‌ای یک جلسه به ورزشگاه مهر فلاورجان مراجعه می‌کردند، با رضایت کامل و آگاهانه و داوطلبانه در این پژوهش شرکت کردند. قبل از انجام پژوهش، از شورای اخلاق دانشگاه علوم پزشکی اصفهان و معاونت پژوهشی دانشگاه علوم پزشکی اصفهان مجوز دریافت شد (IR.U.I.REC.1396.018). همه آزمودنی‌ها قبل از ورود به مطالعه با هدف و خطرهای احتمالی پژوهش آشنا شدند و پرسش‌نامه رضایت شرکت در پژوهش، فعالیت بدنی و تاریخچه پزشکی را تکمیل کردند. آزمودنی‌هایی که سابقه هرگونه بیماری قلبی و تنفسی، اختلالات عصبی و عضلانی و غیره داشتند، از مطالعه خارج شدند. سپس، آزمودنی‌ها به صورت تصادفی در چهار گروه قرار گرفتند: مصرف‌کننده مکمل همراه با انجام تمرین‌های هوازی (۱۱ نفر با میانگین سنی  $1/52 \pm 24/63$  سال و شاخص توده بدنی  $1/08 \pm 23/85$  کیلوگرم بر مترمربع)، تمرین‌های هوازی به تنهایی (۱۱ نفر با میانگین سنی  $1/43 \pm 25/45$  سال و شاخص توده بدنی  $1/26 \pm 23/91$  کیلوگرم بر مترمربع)، مصرف‌کننده مکمل به تنهایی (۱۲ نفر با میانگین سنی  $2/42 \pm 25/33$  سال و شاخص توده بدنی  $0/84 \pm 23/82$  کیلوگرم بر مترمربع) و گروه کنترل (۱۲ نفر با میانگین سنی  $1/66 \pm 25/21$  سال

و شاخص توده بدنی  $23/77 \pm 0/75$  کیلوگرم بر مترمربع). تمام گروه‌ها در فضای باز پیست دوومیدانی مجموعه ورزشی مهر فلاورجان که هوای آلوده با شاخص استاندارد ناسالم برای گروه‌های خاص داشت، حضور داشتند.

پس از تعیین آزمودنی‌ها و تقسیم تصادفی آن‌ها در گروه‌های موردنظر و همچنین، اندازه‌گیری ویژگی‌های بدنی، ترکیب بدنی و دریافت نمونه خون و بزاق از آن‌ها قبل از شروع کار، از آزمودنی‌های گروه ترکیبی (مکمل + تمرین هوازی) خواسته شد که علاوه بر شرکت در تمرین هوازی زیرنظر پژوهشگر، هر جلسه یک کپسول مولتی‌ویتامین - مینرال ۵۰۰ میلی‌گرم (با ترکیبات شامل انواع ویتامین‌ها و املاح طبق جدول شماره یک) تولید شرکت ایران دارو، براساس توصیه متخصص تغذیه به مدت ۱۲ هفته همراه با یک لیوان آب (۲۰۰ میلی‌لیتر) مصرف کنند. از آزمودنی‌های گروه تمرین هوازی نیز خواسته شد فقط در تمرین‌های هوازی که به مدت ۱۲ هفته، سه روز در هفته و با شدت ۶۰ تا ۸۵ درصد ضربان قلب ذخیره بیشینه زیرنظر پژوهشگر در محل ورزشگاه انجام می‌شد، شرکت کنند و هر جلسه یک عدد کپسول دارونما حاوی MCT<sup>۱</sup> شرکت سام‌آب<sup>۲</sup> استرالیا که از نظر ظاهری شبیه مکمل مولتی‌ویتامین - مینرال بود، مصرف کنند. همچنین، آزمودنی‌های گروه مکمل در هر جلسه حضور در محل تمرین‌ها، یک عدد کپسول مکمل مولتی‌ویتامین - مینرال مصرف کردند. گروه کنترل نیز در این مدت بدون اعمال متغیری فقط در محل اجرای آزمون حاضر می‌شدند و هر بار یک عدد کپسول دارونما استفاده می‌کردند. از همه آزمودنی‌های گروه‌ها خواسته شد که علاوه بر پیگیری مداخله‌های موردنظر، فعالیت‌های ورزشی نامنظم خود را در مدت انجام پژوهش انجام دهند و رژیم غذایی معمولی خود را ادامه دهند.

جدول ۱- ترکیبات مکمل مولتی‌ویتامین - مینرال استفاده‌شده

ویتامین A: ۵۰۰۰ IU	ویتامین B12: ۶ میلی‌گرم	کلسیم: ۱۲۵ میلی‌گرم
ویتامین C: ۶۰ میلی‌گرم	ویتامین E: ۳۰ IU	آهن: ۵ میلی‌گرم
ویتامین D3: ۴۰۰ IU	ویتامین K: ۳۰ میکروگرم	منیزیم: ۱۰۰ میلی‌گرم
ویتامین B: ۱/۵ میلی‌گرم	بتاکاروتن: ۱/۲ میلی‌گرم	فسفر: ۱۲۵ میلی‌گرم
ویتامین B2: ۱/۷ میلی‌گرم	پتاسیم: ۴۰ میلی‌گرم	منگنز: ۲ میلی‌گرم
ویتامین B6: ۲ میلی‌گرم	ید: ۰/۱۵ میلی‌گرم	روی: ۵ میلی‌گرم

تمامی گروه‌ها به مدت ۱۲ هفته (هر هفته سه جلسه بین ساعت ۱۶ تا ۱۸ عصر) در محل ورزشگاه مهر فلاورجان (موقعیت: شش کیلومتری غرب شهر اصفهان، پنج کیلومتری غرب کارخانه سیمان سپاهان، هشت کیلومتری کارخانه ذوب‌آهن اصفهان و چهار کیلومتری شمال غرب معدن سرب

1. Mrdium-Chain Triglycerides
2. Sumabe Company

گوشفیل) حاضر شدند و گروه‌های ترکیبی (مکمل + تمرین هوازی) و گروه تمرین، زیر نظر پژوهشگر به انجام تمرین‌های هوازی با پروتکل تمرینی یکسان و فزاینده که توسط متخصص تربیت‌بدنی طراحی شده بود، مشغول شدند (۲). این تمرین‌ها شامل این موارد بودند: هفته اول، ۱۲ دقیقه دویدن با ۶۰ درصد ضربان قلب ذخیره تا هفته ۱۲ به تدریج به ۳۰ دقیقه دویدن با ۸۵ درصد ضربان قلب ذخیره‌ای رسید، ۱۵ دقیقه گرم کردن با دویدن‌های نرم و حرکات کششی در شروع تمرین‌ها و ۱۰ دقیقه سرد کردن در پایان هر جلسه تمرین (جدول شماره دو).

جدول ۲- پروتکل تمرین‌های هوازی

هفته	تعداد جلسه در هفته	گرم کردن (دقیقه)	حجم تمرین (دقیقه)	شدت تمرین (درصد ضربان قلب ذخیره‌ای)	سرد کردن (دقیقه)
اول	سه جلسه	۱۵	۱۵	۶۰	۱۰
دوم	سه جلسه	۱۵	۱۵	۶۰	۱۰
سوم	سه جلسه	۱۵	۱۵	۶۵	۱۰
چهارم	سه جلسه	۱۵	۲۰	۶۵	۱۰
پنجم	سه جلسه	۱۵	۲۰	۷۰	۱۰
ششم	سه جلسه	۱۵	۲۰	۷۰	۱۰
هفتم	سه جلسه	۱۵	۲۵	۷۵	۱۰
هشتم	سه جلسه	۱۵	۲۵	۷۵	۱۰
نهم	سه جلسه	۱۵	۲۵	۸۰	۱۰
دهم	سه جلسه	۱۵	۳۰	۸۰	۱۰
یازدهم	سه جلسه	۱۵	۳۰	۸۵	۱۰
دوازدهم	سه جلسه	۱۵	۳۰	۸۵	۱۰

تمام اندازه‌گیری‌ها برای همه افراد شرکت‌کننده، به‌طور هم‌زمان و در شرایط یکسان انجام شدند؛ به‌طوری‌که متغیرهای مورد نظر یک بار ۲۴ ساعت قبل از شروع پژوهش در جلسه اول و یک بار ۴۸ ساعت بعد از پایان ۱۲ هفته انجام فعالیت بدنی هوازی در هوای آلوده شهری، در تمامی گروه‌ها سنجیده شدند. مقادیر آلودگی هوا به‌صورت شاخص استاندارد آلودگی<sup>۱</sup> از میانگین کل ۳۶ جلسه فعالیت طی ۱۲ هفته مواجهه با محیط آلوده، طبق گزارش‌های دریافتی از سازمان محیط‌زیست و اداره هواشناسی استان اصفهان و همچنین، داده‌های به‌دست‌آمده از دستگاه سنجش آلاینده‌ها مدل تی. اس. آی. -داست<sup>۲</sup> ساخت کشور آلمان با همکاری شرکت پایش فرایند اصفهان برآورد شدند. نتایج

1. Pollutant Standard Index  
2. TSI-Dust Trak 8520

نشان داد که در بیشتر جلسات تمرین، شاخص آلاینده‌ها در وضعیتی ناسالم برای گروه‌های حساس بود.

خون‌گیری در دو مرحله (پیش‌آزمون و پس‌آزمون) با شرایط کاملاً مشابه اجرا شد. پس از رعایت شرایط پژوهش، دست‌کم به مدت ۴۸ ساعت قبل از خون‌گیری و پس از ۱۲ تا ۱۴ ساعت ناشتایی شبانه، از هر آزمودنی سه میلی‌لیتر خون از ورید بازویی سمت چپ در حالت نشسته گرفته شد. سپس، نمونه‌های خونی جمع‌آوری شده در لوله‌های آزمایش حاوی ای. دی. تی. ای.<sup>۱</sup> در دمای منفی ۷۰ درجه نگهداری شدند و برای شمارش سلول‌های ایمنی خون آزمودنی‌ها (از قبیل تعداد گلبول‌های سفید خون، تعداد نوتروفیل‌ها، بازوفیل‌ها، ائوزینوفیل‌ها و مونوسیت‌ها) پس از گذراندن مراحل تجزیه و تحلیل بیوشیمیایی توسط دستگاه هماتولوژی آمریکایی ای. سی. سی.<sup>۲</sup> با روش عبور دادن سلول‌های خون از مقابل نور و بررسی تعداد گلبول‌ها، پارامترهای مختلف اندازه‌گیری شدند. نمونه‌های بزاق قبل و بعد از انجام پژوهش بدین‌صورت انجام گرفتند که هر آزمودنی ابتدا دهان خود را شست و برای جلوگیری از کم‌آبی و خشکی دهان، در حدود ۲۰۰ میلی‌لیتر آب نوشید. بعد از دو دقیقه، با استفاده از پنبه‌های گلوله‌شده که هر آزمودنی زیر زبان می‌گذاشت و در چند مرحله، بزاق جمع‌شده در پنبه‌ها در لوله‌های مخصوص آزمایشگاهی به مقدار سه سی‌سی جمع‌آوری شد. نمونه‌های جمع‌آوری شده بلافاصله به آزمایشگاه تخصصی ارسال شدند. غلظت کوتیزول بزاقی با استفاده از روش الیزا<sup>۳</sup> و کیت دمدوتک<sup>۴</sup> ساخت کشور آلمان برحسب ng/ml و حساسیت ۰/۰۵ نانوگرم بر میلی‌لیتر و غلظت ایمونوگلوبین A با استفاده از روش ایمونودیفریون و کیت کمیکون ساخت کشور آلمان برحسب میلی‌گرم در لیتر تعیین شد. برای جلوگیری از تأثیر عوامل محیطی (زمان، مکان و آزمایشگر)، نمونه‌ها در شرایط یکسان آزمایش شدند. از طرف دیگر، روش و کیت مورد استفاده برای آزمایش تمامی نمونه‌ها یکسان بود. نمونه‌های جمع‌آوری شده به آزمایشگاه منتقل شدند و سانتریفیوژ و سایر عملیات آزمایشگاهی مورد نیاز توسط متخصصان آزمایشگاهی انجام شدند.

از تکنیک‌های آمار توصیفی برای استخراج و طبقه‌بندی داده‌ها، تعیین میانگین و انحراف داده‌ها، از آزمون شاپیرو-ویلک<sup>۵</sup> برای تعیین توزیع طبیعی داده‌ها، از آمار استنباطی، آزمون تی وابسته برای مقایسه درون‌گروهی متغیرهای مورد بررسی و از آزمون‌های تحلیل واریانس با اندازه‌گیری‌های مکرر نیز برای مقایسه بین‌گروهی استفاده شد. از آزمون تعقیبی بونفرونی<sup>۶</sup> نیز برای مقایسه زوج گروه‌ها

- 
1. EDTA
  2. Homolog 3
  3. Elisa
  4. Demedutec
  5. Shapiro-Wilk Test
  6. Bonferoni

## نتایج

میانگین و انحراف معیار کیفیت هوای محل برگزاری تمرین‌ها و آزمون، براساس شاخص استاندارد آلودگی، در جدول شماره سه نشان داده شده است.

جدول ۳- میانگین و انحراف معیار کیفیت هوای محل برگزاری تمرین‌ها و آزمون طی ۳۶ جلسه

طبقه‌بندی کیفیت هوا	محدوده	تعداد روزها	شاخص PSI	PSI کل
هوای پاک	۵۰-۰	-	-	
هوای سالم	۱۰۰-۵۰	۸	۸۸/۴±۲۵/۱۲	
ناسالم برای گروه‌های خاص	۱۵۰-۱۰۰	۲۲	۱۳۲/۳±۴۷/۴۶	۱۲۷/۲±۵۸/۸۵
ناسالم برای عموم	۲۰۰-۱۵۰	۶	۱۶۲/۲±۱۸/۲۸	
بسیار ناسالم	۳۰۰-۲۰۰	-	-	
خطرناک	بالتر از ۳۰۰	-	-	

تغییرات سلول‌های ایمنی: جدول شماره پنج همراه با شکل‌های یک تا شش، تغییرات مقادیر شمارش سلولی سیستم ایمنی افراد را بعد از ۱۲ هفته فعالیت بدنی هوازی و مصرف مکمل مولتی‌ویتامین - مینرال شامل گلبول‌های سفید، نوتروفیل‌ها، بازوفیل‌ها، ائوزینوفیل‌ها، لنفوسیت‌ها و مونوسیت‌ها نشان می‌دهد. نتایج نشان داد که مقادیر عوامل اندازه‌گیری شده مربوط به تعداد گلبول‌های سفید، در گروه تمرین هوازی افزایش معنادار ( $P = 0.000$ ) داشتند. تعداد نوتروفیل‌ها در گروه تمرین هوازی افزایش معنادار ( $P = 0.007$ ) داشتند. مقادیر لنفوسیت‌ها در گروه تمرین هوازی افزایش معناداری ( $P = 0.001$ ) و در گروه مکمل کاهش معنادار ( $P = 0.001$ ) داشتند. مقادیر مونوسیت‌ها در گروه تمرین هوازی افزایش معنادار ( $P = 0.002$ ) و در گروه مکمل کاهش معنادار ( $P = 0.018$ ) داشتند. مقادیر ائوزینوفیل‌ها در گروه تمرین هوازی افزایش معنادار ( $P = 0.017$ ) داشتند. مقادیر بازوفیل‌ها در گروه تمرین هوازی افزایش معنادار ( $P = 0.021$ ) و در گروه مکمل کاهش معنادار ( $P = 0.041$ )، پس از ۱۲ هفته مداخله در مقایسه با قبل از مطالعه نشان داد.

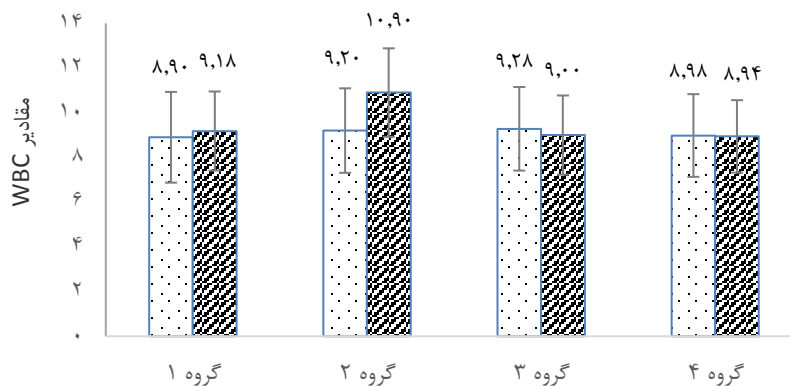
1. SPSS Software  
2. Excel Software

جدول ۵- میانگین و انحراف معیار مقادیر سلول های ایمنی خون قبل و بعد از ۱۲ هفته در چهار گروه پژوهش و نتایج تغییرات درون و برون گروهی با استفاده از آزمون تحلیل واریانس با اندازه گیری های تکراری

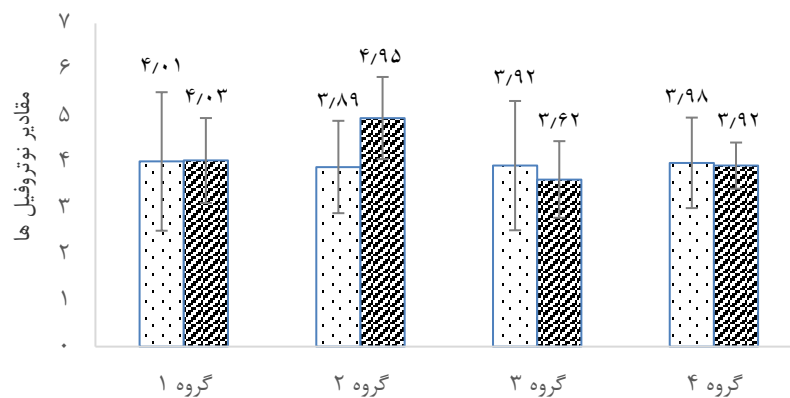
متغیر	گروه	مراحل اندازه گیری			
		قبل	بعد	F	اثر اصلی
WBC ( $\times 10^3$ )	تمرین + مکمل	۸/۹۰±۱/۷۷	۹/۱۸±۱/۷۷	۹/۲۰±۱/۰۳	
	تمرین*	۹/۲۰±۱/۸۹	۱۰/۰۹±۱/۹۸	۹/۱۴۷	۰/۰۰۴
	مکمل	۹/۲۸±۱/۸۷	۹/۰۰±۱/۷۷		
	کنترل	۸/۹۸±۱/۸۵	۸/۹۴±۱/۶۲		
نوتروفیل ها ( $\times 10^3$ )	تمرین + مکمل	۴/۰۳±۰/۹۲	۴/۰۱±۱/۵۰		
	تمرین*	۴/۹۵±۰/۸۹	۳/۸۹±۱/۰۰		
	مکمل	۳/۶۲±۰/۸۳	۳/۹۲±۱/۴۰	۱/۲۰۴	۰/۳۷۹
	کنترل	۳/۹۲±۰/۵۰	۳/۹۸±۰/۹۸		
لنفوسیت ها ( $\times 10^3$ )	تمرین + مکمل	۳/۸۰±۱/۰۹	۳/۷۰±۱/۱۵		
	تمرین*	۴/۸۹±۰/۸۰	۳/۷۲±۱/۰۴		
	مکمل	۳/۱۰±۰/۷۵	۳/۷۸±۰/۸۶	۱/۹۷۰	۰/۱۶۸
	کنترل	۳/۶۱±۰/۶۴	۳/۷۰±۰/۷۸		
مونوسیت ها ( $\times 10^3$ )	تمرین + مکمل	۰/۵۹۰±۰/۱۶۳	۰/۵۴۷±۰/۱۲۵		
	تمرین*	۰/۶۶۴±۰/۰۹	۰/۵۲۰±۰/۱۲۵		
	مکمل	۰/۴۷۰±۰/۰۵۸	۰/۵۴۹±۰/۰۹۵	۳/۹۲۴	۰/۰۵۴
	کنترل	۰/۵۲۶±۰/۱۲۹	۰/۵۳۱±۰/۱۳۲		
اتوزینوفیل ها ( $\times 10^3$ )	تمرین + مکمل	۰/۱۵۱±۰/۰۳۶	۰/۱۴۸±۰/۰۳۲		
	تمرین*	۰/۱۸۰±۰/۰۱۵	۰/۱۴۷±۰/۰۳۱		
	مکمل	۰/۱۲۰±۰/۰۳۴	۰/۱۴۲±۰/۰۴۵	۰/۱۰۴	۰/۷۴۸
	کنترل	۰/۱۴۱±۰/۰۵۵	۰/۱۴۵±۰/۰۵۴		
بازوفیل ها ( $\times 10^3$ )	تمرین + مکمل	۰/۰۴۸±۰/۰۱۷	۰/۰۵۷±۰/۰۲۳		
	تمرین*	۰/۰۸۱±۰/۰۳۰	۰/۰۵۶±۰/۰۲۵		
	مکمل	۰/۰۴۱±۰/۰۱۷	۰/۰۵۸±۰/۰۳۱	۰/۰۰۶	۰/۹۴۰
	کنترل	۰/۰۶۰±۰/۰۲۲	۰/۰۵۹±۰/۰۲۲		

\* سطح معناداری  $\alpha \leq 0.05$  است.

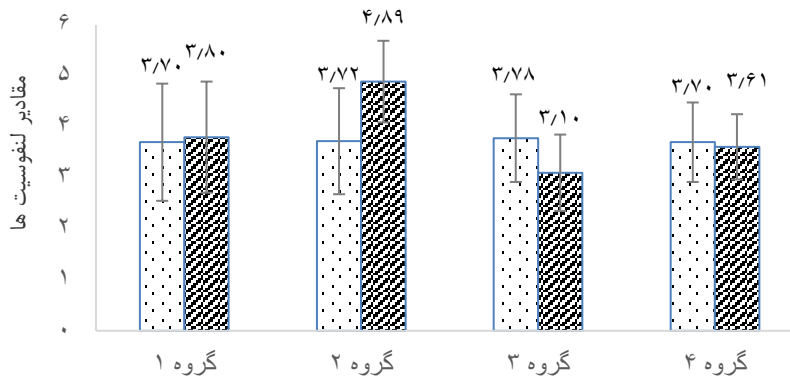




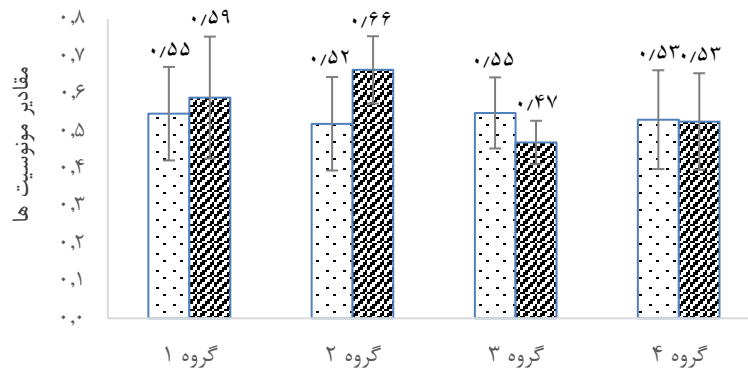
شکل ۱- تغییرات مقادیر WBC (x10<sup>3</sup>/μl) قبل و بعد



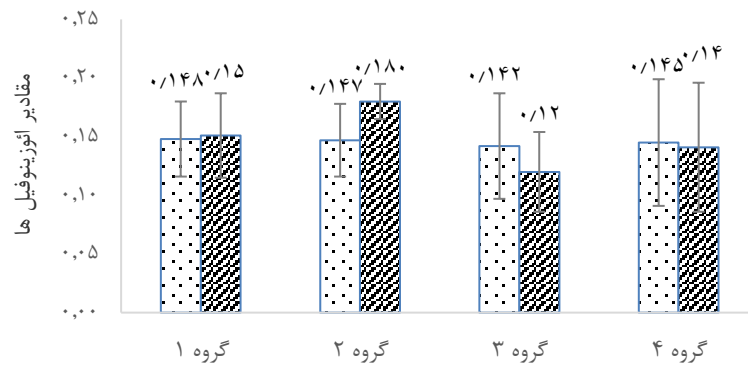
شکل ۲- تغییرات مقادیر نوتروفیل ها (x10<sup>3</sup>/μl) قبل و بعد



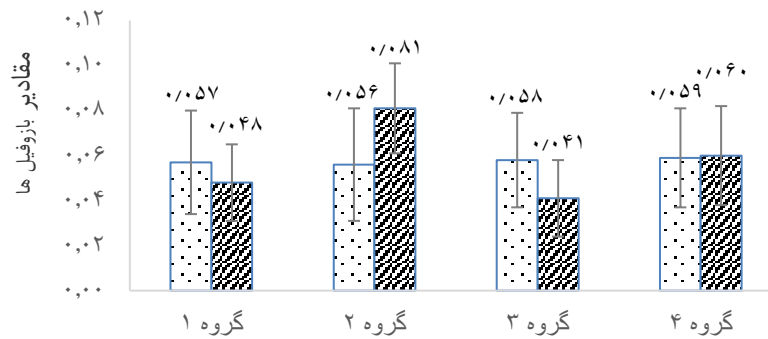
شکل ۳- تغییرات مقادیر لنفوسیت ها (x10<sup>3</sup>/μl) قبل و بعد



شکل ۴- تغییرات مقادیر مونوسیت ها (×۱۱/۱۰۳۱) قبل و بعد



شکل ۵- تغییرات مقادیر اتوزینوفیل ها (×۱۱/۱۰۳۱) قبل و بعد



شکل ۶- تغییرات مقادیر بازوفیل ها (×۱۱/۱۰۳۱) قبل و بعد

با استفاده از روش تحلیل واریانس اندازه‌گیری‌های مکرر بین تغییرات درون‌گروهی و برون‌گروهی در مقادیر شمارش سلولی عوامل سیستم ایمنی (گلبول‌های سفید، نوتروفیل‌ها، بازوفیل‌ها، ائوزینوفیل‌ها، لنفوسیت‌ها و مونوسیت‌ها) تفاوت معنادار مشاهده شد (جدول شماره پنج). نتایج با استفاده از آزمون تعقیبی بونفرونی نشان داد که تفاوت بین گروه‌های تمرین و مکمل در مقادیر بازوفیل‌ها و ائوزینوفیل‌ها معنادار است.

تغییرات ایمونوگلوبین آ بزاقی: جدول شماره شش و شکل شماره هفت تغییرات مقادیر S-IgA بزاقی سیستم ایمنی افراد را بعد از ۱۲ هفته فعالیت بدنی هوازی و مصرف مکمل مولتی‌ویتامین - مینرال نشان می‌دهند که مقادیر عوامل اندازه‌گیری‌شده مربوط به سیستم ایمنی پس از ۱۲ هفته مداخله، در گروه‌های ترکیبی، تمرین و مکمل در مقایسه با قبل از مطالعه افزایش داشتند که این افزایش فقط در گروه ترکیبی معنادار بود ( $P = 0.047$ ). با استفاده از روش تحلیل واریانس اندازه‌گیری‌های مکرر، بین تغییرات درون‌گروهی در مقادیر S-IgA تفاوت معنادار مشاهده شد ( $P = 0.028$ )؛ ولی بین تغییرات برون‌گروهی تفاوت‌ها معنادار نبودند.

جدول ۶- میانگین و انحراف معیار مقادیر S-IgA (micro g/dl) قبل و بعد از ۱۲ هفته در چهار گروه پژوهش

S-IgA (micg/dl)	تمرین + مکمل*	تمرین	مکمل	کنترل
قبل	۵۵/۱۰±۱۸/۵۴	۵۴/۶±۲۷/۶۹	۵۳/۷±۸۳/۹۰	۵۴/۷±۱۶/۱۴
بعد	۶۳/۴±۱۸/۹۹	۵۶/۹±۷۲/۱۵	۵۷/۸±۱۶/۲۸	۵۴/۶±۹۱/۰۲
اثر اصلی*	F=۵/۲۰۷			P=۰/۰۲۸
تعامل گروه و دوره	F=۰/۹۳۲			P=۰/۴۳۴
اثر بین گروهی	F=۱/۵۲۴			P=۰/۲۲۲

\* سطح معناداری  $\alpha \leq 0.05$  است.

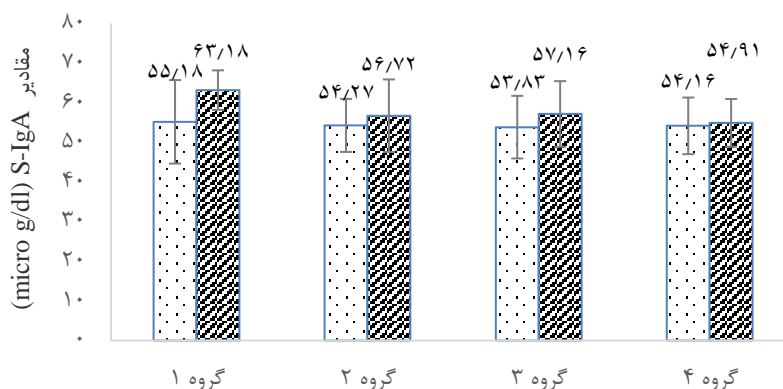
تغییرات هورمون کورتیزول: جدول شماره هفت و شکل شماره هشت تغییرات مقادیر کورتیزول بزاقی افراد را بعد از ۱۲ هفته فعالیت بدنی هوازی و مصرف مکمل مولتی - ویتامین مینرال نشان می‌دهند. نتایج نشان داد که مقادیر عوامل اندازه‌گیری‌شده پس از ۱۲ هفته مداخله، در گروه مکمل کاهش معنادار داشتند و گروه‌های تمرین و ترکیبی در مقایسه با قبل از مطالعه افزایش نشان دادند که این افزایش فقط در گروه تمرین معنادار بود ( $P = 0.004$ ). با استفاده از روش تحلیل واریانس اندازه‌گیری‌های مکرر، بین تغییرات درون‌گروهی و برون‌گروهی در مقادیر کورتیزول بزاقی تفاوت معنادار مشاهده شد (جدول شماره هفت). نتایج نشان داد که بین گروه‌های تمرین و مکمل و همچنین، بین گروه‌های تمرین و کنترل با استفاده از آزمون بونفرونی تفاوت معناداری وجود داشت.

جدول ۶- میانگین و انحراف معیار مقادیر S-IgA (micro g/dl) قبل و بعد از ۱۲ هفته در چهار گروه

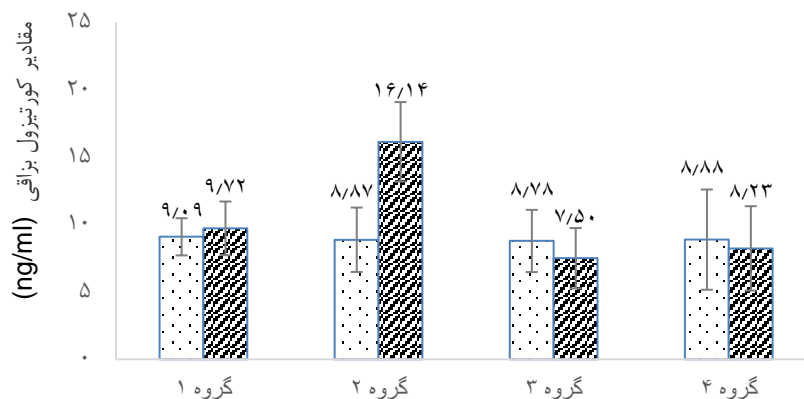
پژوهش

کنترل	مکمل	تمرین*	تمرین + مکمل	کورتیزول (ng/ml)
۸/۳±۸۸/۷۲	۸/۲±۷۸/۳۱	۸/۲±۸۷/۳۹	۹/۱±۰۹/۳۸	قبل
۸/۳±۲۳/۱۳	۷/۲±۵۰/۲۴	۱۶/۲±۱۴/۹۵	۹/۱±۷۲/۹۹	بعد
P=۰/۰۱۵		F=۶/۳۶۹		اثر اصلی*
P=۰/۰۰۰		F=۱۱/۴۹۵		تعامل گروه و دوره*
P=۰/۰۰۰		F=۵/۹۷۸		اثر بین گروهی*

\* سطح معناداری  $\alpha \leq 0.05$  است.



شکل ۷- تغییرات مقادیر S-IgA (micro g/dl) قبل و بعد



شکل ۸- تغییرات مقادیر کورتیزول بزاقی (ng/ml) قبل و بعد

## بحث و نتیجه‌گیری

نتایج این پژوهش، افزایش تعداد سلول‌های ایمنی خون از قبیل نوتروفیل‌ها، بازوفیل‌ها، ائوزینوفیل‌ها، مونوسیت‌ها و لنفوسیت‌ها را در گروه تمرین‌کرده، نبود تغییر در گروه‌های ترکیبی و کنترل و کاهش معناداری را در گروه مصرف‌کننده مکمل نشان داد که احتمالاً به دلیل تخریب بافتی، افزایش عفونت ریوی و افزایش تولید آنتی‌بادی در اثر مواجهه شدید با هوای آلوده است و در پژوهش‌های قبل نیز به صورت افزایش تعداد گلبول‌های سفید و همچنین، افزایش حجم آن‌ها مشاهده شده است (۱۲)، (۱۱). در برخی گزارش‌ها آمده است که در معرض ازن قرار گرفتن می‌تواند به التهاب منجر گردد؛ یعنی بدن در مقابل آسیب، ماده محرک و یا عفونت واکنش نشان می‌دهد. در حالت استراحت، در معرض ازن قرار گرفتن به تغییرات بیوشیمیایی منجر می‌شود که باعث تولید نوتروفیل و میانجی‌های التهاب در حفره بینی و مجاری فوقانی تنفسی می‌شود؛ زیرا، بیش از ۴۰ درصد ز ازن استنشاق شده به‌هنگام تنفس آرام از بینی در نواحی یادشده جمع می‌شود. به‌هنگام ورزش، التهاب ممکن است در نواحی عمیق‌تر ریه‌ها نیز روی دهد (۱۳). مطالعه دیگری در زمینه در معرض ازن قرار گرفتن، افزایش نوتروفیل‌های مایعات ریوی و کاهش فعالیت بیگانه‌خواری سلول‌های ماکروفاژ کیسه‌های هوایی را نشان داد که جملگی حاکی از واکنش‌های التهابی و سیستم ایمنی آشکار نسبت به ازن در ریه‌ها هستند. این‌ها شرایطی هستند که در بیشتر شهرهای آلوده وجود دارند. به‌نظر می‌رسد که افزایش تعداد گلبول‌های سفید خون برای تقویت سیستم ایمنی بدن در جهت مقابله با ذرات آلاینده ضروری باشد (۱۴).

پژوهش‌ها نشان داده‌اند که تغییر برخی عوامل ایمنی در هنگام فعالیت‌های ورزشی احتمالاً باعث ایجاد یک دوره به اصطلاح «پنجره باز» می‌شود که عوامل بیماری‌زا می‌توانند از این طریق در بدن میزبان جایگاهی به دست آورند و احتمال ابتلا به عفونت را پس از فعالیت بدنی افزایش دهند؛ به طوری که بررسی‌های اخیر نشان داده‌اند، ورزشکاران در زمان تمرین‌های شدید و مسابقات حساس و مهم، در برابر بیماری‌های خاص مانند عفونت‌های مجاری تنفسی فوقانی مستعدترند (۶). تعداد لکوسیت‌های در گردش و غلظت ایمونوگلوبولین‌ها به عنوان عوامل مهم سیستم ایمنی بدن، ممکن است تحت تأثیر فعالیت‌های ورزشی شدید قرار گیرند. مقاومت در برابر عفونت‌ها به شدت تحت تأثیر کارایی دستگاه ایمنی بدن در محافظت میزبان از میکروارگانیسم‌های بیماری‌زا است. عملکرد ایمنی نیز تحت تأثیر ژنتیک و عوامل محیطی است. عواملی همچون سن، جنس، استرس‌های روحی و روانی، تغذیه، بیماری‌های التهابی و خودایمنی، محیط زندگی، ورزش و غیره، در مقاومت به عفونت و عملکرد ایمنی اثرگذار هستند (۱۱). در پژوهش حاضر، کاهش معنادار مقادیر سلول‌های ایمنی در گروه مصرف‌کننده مکمل و نبود تغییر در گروه‌های ترکیبی و کنترل، احتمالاً به دلیل مصرف مکمل بوده‌اند و عامل تمرین،

علت اصلی افزایش تعداد سلول‌های ایمنی در دو گروه ترکیبی و تمرینی بوده است. به نظر می‌رسد که احتمالاً مصرف مکمل مولتی‌ویتامین-مینرال در گروه ترکیبی سبب تعدیل اثرهای آلاینده‌های هوا و به تبع آن، کاهش تعداد دفعه‌های ابتلا به علائم عفونت‌های تنفسی و کاهش مدت زمان ابتلا به برخی از علائم همچون سرفه، آبریزش، سرماخوردگی و غیره شده است (۱۵). مطالعات نشان داده‌اند که ویتامین‌ها و املاح ضروری می‌توانند به‌طور مستقیم بر سلول‌های ایمنی درون موکوسی و در تعدیل ایمنی و تقویت دستگاه ایمنی نقش داشته باشند و مهم‌تر از همه اینکه، ویتامین‌ها این اثرهای مثبت را بر دستگاه ایمنی، بدون ایجاد پاسخ التهابی مضر اعمال می‌کنند؛ بنابراین، به نظر می‌رسد که در دسترس بودن ویتامین‌ها به‌عنوان یک روش طبیعی و سالم می‌تواند مقاومت میزبان را به‌هنگام رویارویی با آسیب و استرس و پدیده پنجره باز که معمولاً به‌هنگام انجام فعالیت‌های بدنی روی می‌دهد، افزایش دهد (۱۶)؛ بنابراین، در مطالعه حاضر، احتمالاً مدت زمان مصرف مکمل فرصت لازم را برای ایجاد تغییر در تعداد سلول‌های ایمنی فراهم کرده است. گلیسون<sup>۱</sup> در مطالعات خود اظهار کرده است که عوامل دخیل در ایمنی شامل جنس، سن، نژاد، استعمال سیگار، شرایط تمرینی و مدت و شدت فعالیت بدنی، مصرف الکل، چاقی، عوامل هورمونی، نوع تغذیه هر فرد و عوامل محیطی هستند. وی در بیشتر پژوهش‌های خود افزایش تولید و میزان فعالیت سلول‌های ایمنی بدن را از طریق سازگاری‌های شناخته‌شده نسبت به تمرین‌های ورزشی هوازی با شدت کم تا متوسط نشان داده است (۱۷، ۱۸). این افزایش با نتایج برخی پژوهش‌ها در این زمینه همسو است و با برخی دیگر از پژوهش‌ها هم‌خوانی ندارد. نتایج پژوهش با برخی مطالعات که تغییر معنادار نکردن IgA بزاقی را پس از فعالیت گزارش کرده‌اند، هم‌خوانی دارد (۱۹) و با نتایج برخی مطالعات دیگر که شاهد کاهش این فاکتور سیستم ایمنی بوده‌اند (۲۰) و افزایش این عامل ایمنی مخاطی را گزارش کرده‌اند، متضاد است (۲۱). مطالعات متعددی کاهش S-IgA را متعاقب فعالیت بدنی تا سرحد و اماندگی گزارش کرده‌اند (۲۲)؛ البته این کاهش تابعی از شدت تمرین است؛ به‌گونه‌ای که در برخی از مطالعات با شدت متوسط تأثیری در غلظت S-IgA مشاهده نشده است (۲۳). مکانیسم فیزیولوژیک تغییرات S-IgA متعاقب فعالیت بدنی شدید یا متوسط دقیقاً معلوم نیست؛ اما مکانیسم‌های احتمالی برای توجیه این تغییرات گزارش شده‌اند. یکی از اولین عوامل احتمالی، تغییر در انتقال مولکول S-IgA از عرض اپی‌تلیوم مخاطی است؛ بدین صورت که سیستم عصبی سمپاتیک هنگام فعالیت‌های بدنی فعال می‌شود و موجب انقباض عروقی در ناحیه زیرمخاطی حفره دهانی می‌شود و این پدیده احتمالاً مهاجرت S-IgA تولیدشده به داخل حفره دهانی را دچار اختلال می‌کند (۲۴). در اثر انجام تمرین‌های ورزشی، سیستم عصبی سمپاتیک فعال می‌شود و از طریق انقباض شریان‌هایی که به غدد بزاقی خون‌رسانی می‌کنند، موجب کاهش

برون‌ده بزاقی می‌شود (۲۴، ۲۳). مکانیسم احتمالی دیگری که در این راستا محتمل است، این است که هنگام ورزش به دلیل افزایش نیاز به اکسیژن تهویه افزایش می‌یابد. افزایش تهویه ریوی موجب تغییراتی در سطح مخاط دهان می‌شود که این پدیده سرکوب ترشح S-IgA و قطعاً ترشحات را از عرض اپی‌تلیوم مخاطی به همراه خواهد داشت (۲۵). در پژوهش حاضر، تمرین‌ها به‌طور منظم و پیش‌رونده و کمتر از حد بیشینه دنبال شده بودند که به نظر می‌رسد، شدت متوسط تمرین‌ها یکی از عوامل افزایش مقادیر S-IgA در گروه‌های تمرینی بوده است. پژوهشگران سازوکارهای متفاوتی را به‌عنوان عامل اثرگذار بر غلظت ایمونوگلوبولین‌ها پیشنهاد کرده‌اند که می‌توان به افزایش هورمون‌های سرکوبگر سیستم ایمنی مانند کورتیزول، فعالیت سیستم عصبی سمپاتیک و کاهش جریان بزاق اشاره کرد (۲۶). کورتیزول یکی از هورمون‌های استرسی است که نقش مؤثری در عملکرد برخی سلول‌های سیستم ایمنی، به‌ویژه لنفوسیت‌ها و ایمونوگلوبولین‌ها در اثر فعالیت‌های ورزشی دارد؛ البته افزایش مقادیر کورتیزول بزاقی در گروه‌های تمرینی این پژوهش (در ادامه بحث) این موضوع را نشان می‌دهد (۲۶).

در مجموع، پژوهشگران در پژوهش‌های متنوع، سازوکارهای احتمالی مؤثر در غلظت ایمونوگلوبولین‌ها را معرفی کرده‌اند؛ از جمله، تغییرات سطح مخاط به دلیل تنفس شدید، تغییر در عوامل مؤثر در انتقال مولکول IgA در عرض اپی‌تلیوم مخاط، مهار قطعاً ترشحاتی IgA که مسئول انتقال آنتی‌بادی به مخاط دهان است و تغییر در لانه‌گزینی سلول‌های ترشح‌کننده IgA در مناطق زیرمخاطی دهان که بر میزان غلظت IgA مؤثرند (۲۵). از طرف دیگر، برخی پژوهش‌ها به نتایجی متفاوت با یافته‌های مطالعه حاضر دست یافته‌اند (۲۲). تناقض یافته‌های پژوهش حاضر با سایر مطالعات ممکن است به علت تفاوت در سطح تمرین‌ها، سطح آمادگی آزمودنی‌ها، عوامل ژنتیکی و غیره آزمودنی‌ها و گروه‌های مورد بررسی باشد. بیشتر مطالعات اثر فعالیت‌های ورزشی مختلف بر تغییرات غلظت S-IgA را بررسی کرده‌اند و فشار جسمی و روانی آن‌ها متفاوت از رقابت‌های رسمی است از جمله مطالعه حاضر است؛ بنابراین، این عامل ممکن است از دلایل احتمالی تفاوت نتایج برخی مطالعات با این پژوهش باشد. مطالعات نشان داده‌اند که در افراد ورزشکار دارای تمرین‌های طولانی‌مدت و شدید، آشفستگی در ترشح ایمونوگلوبولین A، افزایش درجه حرارت و اختلال در ایمنی موکوسی موجب کاهش در عملکرد می‌شوند (۲۴، ۲۲). از طرفی، استفاده از مکمل‌های تغذیه‌ای می‌تواند به‌طور مستقیم بر سلول‌های ایمنی درون موکوسی و در تعدیل ایمنی و تقویت دستگاه ایمنی نقش داشته باشد و مهم‌تر از همه اینکه، مکمل‌ها این اثرهای مثبت را بر دستگاه ایمنی بدون ایجاد پاسخ التهابی مضر اعمال می‌کنند (۲۷). در پژوهش حاضر نیز مصرف مکمل در گروه‌های ترکیبی و گروه مصرف‌کننده مکمل موجب افزایش مقادیر S-IgA شده است که این افزایش در گروه ترکیبی که هم‌زمان با مصرف مکمل مولتی‌ویتامین تمرین‌های هوازی را انجام می‌دادند، بیشتر نمایان شده است و این تغییرات معنادار دیده می‌شوند؛

بنابراین، به نظر می‌رسد که مکمل‌ها به‌عنوان یک روش مفید می‌توانند مقاومت میزبان را به‌هنگام رویارویی با آسیب و استرس افزایش دهند (۲۸).

در نهایت، نتایج این پژوهش نشان داد که مقادیر کورتیزول بزاقی در گروه‌های ترکیبی (مکمل + مکمل) و تمرین کرده افزایش داشته‌اند که این افزایش فقط در گروه تمرین کرده معنادار بوده است. همچنین، مقادیر کورتیزول بزاقی در گروه مصرف‌کننده مکمل اندکی کاهش داشته‌اند و در گروه کنترل بدون تغییر باقی مانده‌اند. این تغییرات با نتایج برخی مطالعات در این زمینه همسو (۲۹) و با برخی دیگر هم‌خوانی ندارند (۳۰). برخی مطالعات تفاوت چشمگیری را در مقدار کورتیزول پس از تمرین مشاهده نکرده‌اند (۳۲، ۳۱). با وجود این، برخی مطالعات تغییر در مقدار کورتیزول را پس از تمرین‌های ترکیبی مشاهده کرده‌اند (۳۲) و برخی نیز کاهش در مقدار کورتیزول را مشاهده کرده‌اند (۳۳)؛ برعکس، بعضی مطالعات دیگر افزایش کورتیزول را پس از تمرین مشاهده کرده‌اند (۳۱). کورتیزول تحت تأثیر شدت و مدت فعالیت بدنی، شرایط فعالیت مانند رقابت یا ارائه محرک روان‌شناسی و چرخه‌های روزانه قرار می‌گیرد. شدت، عامل مهمی در پاسخ کورتیزول به فعالیت بدنی است؛ برای مثال، در پاسخ به فعالیت با شدت متوسط ۶۰ تا ۷۰ درصد  $VO_{2max}$  میزان کورتیزول افزایش نیافته است (۳۴). به عبارت دیگر، تمرین با شدت‌های بالاتر می‌تواند به افزایش چشمگیری در کورتیزول منجر شود. به‌طور کلی، طبق بیشتر پژوهش‌ها، پاسخ کورتیزول به تمرین به شدت، مدت، حجم تمرین و دوره‌های استراحت بستگی دارد. هرچه شدت، مدت و حجم تمرین زیاد و دوره‌های استراحت کوتاه باشد، پاسخ کورتیزول به تمرین بیشتر است (۲۰).

در باره تغییرات غلظت کورتیزول پس از فعالیت‌های ورزشی دلایل متفاوتی ارائه شده‌اند که عبارت‌اند از: تحریک محور هیپوتالاموس-هیپوفیز-آدرنال<sup>۱</sup>، ترشح هورمون آدرنوکورتیکوتروپین، تغییر دمای مرکزی بدن، تغییرات PH، تحریک سیستم عصبی سمپاتیک، هیپوکسی، تجمع لاکتات و استرس و غیره (۲۲). بیشتر پژوهشگران پیشنهاد کرده‌اند که افزایش دمای مرکزی بدن و افزایش فشار گرمایی ناشی از اجرای تمرین‌ها یا فعالیت‌های ورزشی موجب تحریک محور هیپوفیزی-کلیوی می‌شوند و این مسئله با افزایش ترشح کورتیزول و رهایش آن از پروتئین‌های حامل ارتباط دارد (۳۴). به‌نظر می‌رسد که افزایش مقادیر کورتیزول در گروه‌های ترکیبی و تمرین کرده که تمرین‌های منظم هوازی و پیش‌رونده داشته‌اند، به‌دلیل عوامل ذکر شده باشد. براساس یافته‌های مطالعه‌ی حاضر می‌توان چنین نتیجه‌گیری کرد که ترکیب عوامل استرس‌زای فیزیولوژیک و روان‌شناختی که از طریق تمرین‌ها در یک دوره زمانی به آزمودنی‌ها تحمیل شده‌اند، عامل اصلی ایجادکننده چنین پاسخ‌هایی است (۳۵). پژوهش‌های متنوعی نشان داده‌اند که ترشح هورمون کورتیزول در شرایط استرس‌زا (تأثیرات محیطی،



فشار هیجانی، فعالیت ورزشی و غیره) تغییر می‌کند. مطالعات انجام‌شده در زمینه پاسخ هورمون کورتیزول به تمرین‌ها نتایج متناقضی را نشان داده‌اند. در پژوهشی، کورتیزول در بازیکنان حرفه‌ای فوتبال بعد از مسابقه بررسی شده است که نتایج کاهش ۳۰ درصدی کورتیزول را نشان داد (۳۲). در پژوهشی که در مردان کوهنورد انجام شده است، سطح کورتیزول سرم افزایش یافته بود (۳۶). بررسی پژوهش‌های انجام‌گرفته با نتایج متناقض در زمینه پاسخ هورمون کورتیزول به تمرین‌ها نشان می‌دهد که این تناقض‌ها به دلیل تفاوت در شدت، حجم، مدت، زمان استراحت، سن و سطح آمادگی جسمانی آزمودنی‌ها بوده‌اند (۳۶). در مطالعه‌ای که در واکنش هورمون کورتیزول به تمرین‌های قدرتی با شدت متوسط و زیاد، انجام شده بود، پژوهشگران به این نتیجه رسیدند که مقادیر هورمون کورتیزول افزایش معناداری را بعد از تمرین با شدت زیاد نسبت به تمرین با شدت متوسط نشان دادند (۳۷). در پژوهشی نشان داده شده است که یک جلسه تمرین قدرتی شدید دوساعتی در سطح کورتیزول تغییر معناداری به وجود نمی‌آورد (۳۱). ناهم‌خوانی این یافته‌ها ممکن است به دلیل تفاوت در نوع، شدت تمرین و نوع آزمودنی‌ها باشد.

در این پژوهش، مقادیر کورتیزول در گروه‌های مصرف‌کننده مکمل نشان دادند که مصرف مکمل مولتی‌ویتامین-مینرال موجب تعدیل و کاهش در مقادیر کورتیزول شده است که این موضوع نشان داد که وجود برخی ویتامین‌ها و املاح ضروری در مکمل مولتی‌ویتامین، احتمالاً توانسته است مقادیر کورتیزول افزایش‌یافته به‌خاطر تمرین‌های هوازی را تا حدودی تعدیل کند؛ البته مصرف مکمل به‌تنهایی در گروه سوم پژوهش به‌اندازه‌ای نبود که تغییرات کورتیزول را از لحاظ آماری معنادار نشان دهد. پژوهش‌ها نشان داده‌اند که دریافت ویتامین C تأثیر مثبتی بر مقادیر کورتیزول دارد و به‌تبع آن، تقویت سیستم ایمنی به دلیل خواص آنتی‌اکسیدانی آن است؛ البته پژوهشگران نتایج ضدونقیضی را در این زمینه گزارش کرده‌اند؛ به‌طوری‌که برخی پژوهشگران ویتامین C را همراه با کاهش علائم عفونت مجاری فوقانی تنفس و کاهش رادیکال‌های آزاد گزارش کرده‌اند (۲۷). در مطالعه‌ای پژوهشگران نشان دادند که مصرف ویتامین C موجب ایجاد تغییراتی در جنبه‌های ایمنی از جمله مقادیر کورتیزول می‌شود (۳۸). همچنین، برخی پژوهش‌ها نشان داده‌اند که مصرف مکمل ویتامین D با تأثیر بر مقادیر هورمون‌های استرسی از جمله کورتیزول می‌تواند بر نوروپاتی‌های هدف در دیانسفالون و چندین هسته ساقه مغز باعث ایجاد آرامش، کاهش اضطراب و کاهش دردهای عضلانی گردد (۳۸). همچنین، کاهش مقادیر ویتامین D در بدن به افزایش مقادیر کورتیزول منجر می‌شود که این افزایش باعث تغییرات متعددی در انسان می‌شود و از آن جمله می‌توان به اختلال در عملکرد شناختی و تغییر در آستانه حافظه، هوش و تمرکز مغزی، اختلال در عملکرد غده تیروئید، فقدان تعادل در میزان قندخون، کاهش تراکم استخوان، کاهش بافت عضلانی، افزایش فشارخون، تضعیف سیستم دفاعی و واکنش‌های تحریکی بدن، کاهش سنتز پروتئین به دلیل افزایش گلوکوکورتیکوئید و کاهش تولید

لنفوسیت‌ها و آنتی‌بادی‌ها اشاره کرد (۳۲). مطالعات نشان داده‌اند که مصرف مکمل ویتامین C به برقراری حالت تعادل و تقویت سیستم ایمنی از طریق تأثیر بر هورمون‌های سرکوبگر ایمنی از جمله هورمون کورتیزول منجر می‌شود (۳۸). به‌طور کلی، نتایج پژوهش‌های انجام‌گرفته در این زمینه نشان می‌دهد که بین پاسخ‌های ایمنی و هورمونی ارتباط وجود دارد و یکی از این عوامل، ایمنی مقادیر IgA و کورتیزول بزاقی است (۳۴، ۲۹). پژوهش‌های زیادی گزارش کرده‌اند که کورتیزول می‌تواند فرمان‌روای قدرتمند پاسخ‌های ایمنی باشد؛ به‌طوری‌که کورتیزول توانایی کاهش سریع تظاهرات التهابی را دارد. علت این پدیده تأثیر زیاد و چشمگیر بر کاهش التهاب، ارتشاح و تجمع تعداد زیادی از گلبول‌های سفید در بافت‌های بدن است و به افزایش نوتروفیل‌ها به‌دلیل افزایش آزادسازی از مغز قرمز استخوان به داخل خون و کاهش مهاجرت نوتروفیل‌ها از جریان خون به داخل بافت‌ها منجر می‌شود (۲۶).

**پیام مقاله:** هنگام فعالیت‌های بدنی حجم هوای بیشتری نسبت به حالت‌های عادی وارد ریه‌ها می‌شود و زمانی که هوا آلوده است، ورود این حجم هوای آلوده می‌تواند خطرناک شود. رعایت توصیه‌های تغذیه‌ای در شرایط آلودگی هوا بسیار اهمیت دارد که یکی از این توصیه‌ها، مصرف مواد غذایی سرشار از انواع ویتامین‌ها و مواد معدنی و مصرف مکمل‌های غذایی است؛ زیرا، مواد موجود در آن‌ها از جذب آلاینده‌ها و فلزات سنگین موجود در هوای آلوده جلوگیری می‌کنند.

## منابع

1. Kargarfard M, Poursafa P, Rezanejad S, Mousavinasab F. Effects of exercise in polluted air on the aerobic power, serum lactate level and cell blood count of active Individuals. *Int J Prev Med.* 2011;2:145-50.
2. Kargarfard M, Shariat A, Brandon S, Shaw ISH, Eddie TCL, Kheiri A, et al. Effects of polluted air on cardiovascular and hematological parameters after progressive maximal aerobic exercise. *Lung.* 2015;193:275-81.
3. Ashley MJ, Dodds L, Arbuckle T, Levy A, Platt R, Marshall J. Umbilical cord blood levels and predictors of Interleukin-33, Thymic Lymphopoietin and Immunoglobulin E. *Pediatr Allergy Immunol.* 2015;26:161-7.
4. Mackinnon LT. Immunology and sport. 2nd ed. Trans Mousavi T, Abdollahi M. Tehran: Imam Hossein University; 2012;120-5.
5. Gleeson M. Performance of the immune system in exercise. Trans Mohebbi H. Tehran: Publishing The World of Movement; 2008;34-9.
6. Jeremy P. Beneficial cardiovascular effects of reducing exposure to particulate air pollution with a simple facemask. *Particle and Fiber Toxicology* 2009; 8: 186-93.
7. Gref A, Rautiainen S, Gruzieva O, Håkansson N, Kull I, Pershagen G. Dietary total antioxidant capacity in early school age and subsequent allergic disease. *Clin Exp Allergy.* 2017;47:751-9.

8. Li XY, Hao L, Liu YH, Chen CY, Pai VJ, Kang JX. Protection against fine particle-induced pulmonary and systemic inflammation by omega-3 polyunsaturated fatty acids. *Biochim Biophys Acta*. 2017;1861:577-84.
9. Bakhtiar T, Zeinali F. Investigation the response of inflammatory, immune and hormonal indices to increasing physical activity in healthy children. *Jour of Health and Care*. 2016;17:154-65. (In Persian).
10. Rahmani H, Ahmadizad S, Rohani H, Nouri Habashi A, Mohammadi Dehcheshmeh M. Acute effects of continuous or high intensity interval exercise on plasma levels of E-selectin and WBC indices in CHD Pptients. *JEP*. 2017;35:35-48. (In Persian).
11. Mirdar Sh, Naiestany F, Hamidian Gh, Hedayati M. Increment of alveolar macrophages and pulmonary surfactant of young male rats after six weeks interval training. *JEP*. 2018;36:59-72. (In Persian).
12. Giahi O, Dervishi A, Sorai M, Shahsavari M. Investigation the relationship between exposure to inhaling pollutants and pulmonary function capacity in steel industry. *Journal of Kurdistan University of Medical Sciences*. 2016;19:135-45.
13. Ambroza A, Vikova V, Rossner P, Rossnerova A, Svecova V. Impact of air pollution on oxidative DNA damage and lipid peroxidation in mothers and their newborns. *Inter Jour of Hygiene and Environ Health*. 2016;219:545-56.
14. Gahani G, Abkar A, Heydari H. The effect of high-intensity intermittent Training and consumption of probiotic supplement on immune cells, reactive protein C, and immunoglobulin A in young soccer players. *Jour of Qom Uni of Med Sci*. 2017;10:36-46. (In Persian).
15. Cheng Sh, William D, Tang J, Brown K, Renwick S, Gleeson M. The effect of 14 weeks of vitamin D3 supplementation on antimicrobial peptides and proteins in athletes. *Jour of Sports Sci*. 2015; 34(1):136-46.
16. Gleeson M. Immune system adaptation in elite athletes. *Current opinion in Clinical Nutrition and Metabolic car*. 2006;9:659-65.
17. Gleeson M. Immune function in sport and exercise. *J Appl Physiol*. 2007;103:693-9.
18. Sattari Fard S, Gaini AA, Choobineh S, Shafiei L, Azami A, Adibzadeh H. Salivary immunoglobulin A changes in athletes after an exercise session in warm, cold, and natural temperatures. *Hormoz Med Jour*. 2014;3:239-29. (In Persian).
19. Azerbaijani MA, Nick Bakht H, Rezai MJ. The effect of continuous and periodic exercises on resting levels and rapid response of immunoglobulin A and total salivary protein in male basketball players. *Jour of Kurd Med Sci*. 2009;12:1-12. (In Persian).
20. Novas AM, Rowbottom DG, Jenkins DG. URTI and salivary IgA. *Int J Sports Med*. 2010;24:24-31.
21. Talebi K, Hejazi SM, Mottaghi MR. Investigation the effect of intense training on the concentration of immunoglobulin A and salivary cortisol swimmers. *Jour of Gon of Med Sci*. 2014;18:191-6. (In Persian).
22. Ebrahimi H, Nick Ravesh M. Investigation of a vigorous exhausting activity on immune globulin and salivary changes in adolescent athletic professional and recreational activities. *M Q*. 2006;29:147-56. (In Persian).
23. Tabarestani M, Fathi M, Attarzadeh SR, Tabarstani M. Effect of a session of aerobic exhaustion on changes in immunoglobulin A and total salivary protein in recreational athlete adolescents. *Jour of Sport and Bio Sci*. 2014;4:64-70. (In Persian).

24. Neville V, Gleeson M, Folland JP. Saliva IgA as a risk factor for upper respiratory infections in elite professional athletes. *J Med Sci Sport Exerc.* 2008; 40(7):1228-36.
25. Moreira A, Arsati F, Bosco Y, Lima AO, Franchini E, Cava AV. Effect of a kickboxing match on salivary cortisol and immunoglobulin A. *Percep and Moto Skil.* 2010; 111(4):158-66.
26. Shoaie T, Heidari M, Ghasemi Tehrani H, feizi A. Effects of probiotic supplementation on pancreatic  $\beta$ -cell function and C-reactive protein in women with polycystic ovary syndrome: A randomized double-blind placebo-controlled clinical trial. *Int Jour of Pre Med.* 2015;6:102-18. (In Persian).
27. Thurston GD, Jiyoung A, Kevin R. Ambient particulate matter air pollution exposure and mortality in the NIH-AARP diet and health cohort. *Environ Health Pers.* 2015;123:537-43.
28. Rahimi R, Ghaderi M, Mirzaei B, Ghaeni S, Faraji H, Sheikholeslami VD. Effect of very short rest periods on Immunoglobulin A and cortisol responses to resistance exercise in men. *J Hum Sport Exerc.* 2010;5:146-57. (In Persian).
29. Tavakoli Z, Sari Sarraf V, Amir Sasan S. The effect of exercise activity per day on acute immunoglobulin a response, cortisol,  $\alpha$  amylase and salivary total protein in swim girls. *J Met Sport.* 2013;2:101-12. (In Persian).
30. Nourian J, Abed Natanzai H, Nikbakht HA. The effect of sport competition on the level of immunoglobulin A and salivary cortisol in adolescent karate. *J Ilam Med Sci.* 2016;23:121-8. (In Persian).
31. Safai M, Mojtahedi H, Gorbani F, Garadaghi N. Effect of 8 weeks of periodic aerobic exercise on levels of plasma A, G and M immunoglobins in obese and normal men. *Sport Sci.* 2017;8:221-30. (In Persian).
32. Chiodo S, Tessitore A, Cortis C, Cibelli G, Lupo C, Ammend SM. Stress related hormonal and psychological changes to official youth Taekwondo competitions. *Scandinavian J Med Sci Sport.* 2009; 15:1-33.
33. Limoei Ch, Hemmat Fard A, Ghofrani M, Nouri P. Comparison of the effects of exhausting exercises on serum testosterone and cortisol at two times in the morning and evening in female athletes. *Sport Sci.* 2012;9:33-47. (In Persian).
34. Daly W, Seeqers CA, Rubin DA, Hackney A. Relationship between stress hormones and testosterone with prolonged endurance exercise. *Eur J Appl Physiol.* 2005;93:375-80.
35. Handziski Z, Maleska V, Petrovska S, Nikolik S. The ACTH, cortisol, testosterone and testosterone cortisol ratio in professional soccer players during a competition half-season. *Bratisl lek lisky.* 2006;107:256-63.
36. Pourvaghar MJ, Gaeini AA, Ravasi AA, Kordi MR, Shaykh Aleslam D. The effects of training time on serum immunoglobulin alterations and cortisol testosterone responses in male athlete students. *World J of Sport Sci.* 2008;1:12-6. (In Persian).
37. Zorana JA, Audrey N, Michelle AM. A study of the combined effects of physical activity and air pollution on mortality in elderly urban residents: The danish diet, cancer, and health cohort. *Environ Health Pers.* 2015;123:557-63.
38. Razavi Majd Z, Nazar Ali P, Hanachi P, Kordi MR. The effect of aerobic training course and vitamin D supplementation on respiratory indices in patients with asthma. *J Qom University Med Sci.* 2013;6:74-80. (In Persian).

## ارجاع دهی

رضانژاد صابر، کارگرفرد مهدی، بمبئی چی عفت، رویا کلیشادی. تأثیر ۱۲ هفته تمرین هوازی با و بدون مصرف مولتی ویتامین-مینرال در هوای آلوده بر برخی عوامل ایمنولوژیک مردان سالم. فیزیولوژی ورزشی. تابستان ۱۳۹۸؛ ۱۱(۴۲): ۵۴-۱۳۳. شناسه دیجیتال: 10.22089/spj.2019.7181.1885

Rezanejad S, Kargarfard M, Bambaiechi A, Kelishadi R. The Effect of 12 Weeks Aerobic Training with and without Consumption Multivitamin Minerals Supplementation in Polluted Air on Some immunological Factors in Healthy Men. Summer 2019; 11(42): 133-54. (In Persian). DOI: 10.22089/spj.2019.7181.1885

## **The Effect of 12 Weeks Aerobic Training with and without Consumption Multivitamin Minerals Supplementation in Polluted Air on Some Immunological Factors in Healthy Men**

**S. Rezanejad<sup>1</sup>, M. Kargarfard<sup>2</sup>, E. Bambaiechi<sup>3</sup>, R. Kelishadi<sup>4</sup>**

1. Ph.D. Student of Exercise Physiology, University of Isfahan, Isfahan, Iran
2. Professor of Exercise Physiology, University of Isfahan, Isfahan, Iran\*
3. Associate Professor of Exercise Physiology, University of Isfahan, Isfahan, Iran
4. Professor of Child Growth and Development Research Center, Research Institute for Primordial Prevention of Non-Communicable Disease, Isfahan University of Medical Sciences, Isfahan, Iran

**Received: 2019/03/06**

**Accepted: 2019/05/15**

---

### **Abstract**

The purpose of this study was to examine the effects of 12 weeks of aerobic training with and without consumption multivitamin minerals supplementation in polluted air on some immunological factors in healthy men. 46 healthy men (age:  $25 \pm 2.2$ ; BMI:  $23.83 \pm 0.98$  kg/m<sup>2</sup>), were randomly assigned into 4 groups: aerobic training with multivitamin minerals supplement (AT+MS, n=11); aerobic training only (AT, n=11); multivitamin minerals supplement only (MS, n=12) and control (C, n=12) in polluted air with an average unhealthy index. The exercise program consisted 90 min aerobic training, 3 times weekly on non-consecutive days at 60-85% of heart rate reserve (HRR) for 12 weeks. Participants in the AT+MS group were additionally asked to consume 500 mg multivitamin-mineral supplement daily for 12 weeks. White blood cells, neutrophils, lymphocytes, monocytes, eosinophils and basophils, cortisol levels, and salivary immunoglobulin A were measured by cell Counter, ELISA and immunodiffusion techniques in baseline and at the end of 12 weeks of intervention. The data were analyzed using repeated-measures analysis of variance. After intervention, there was significant increase in the number of all immune cells ( $P=0.01$ ) cortisol levels ( $P=0.047$ ) in the AT group and a significant decrease in the number of lymphocytes ( $P=0.001$ ), monocytes ( $P=0.01$ ) and basophile ( $P=0.041$ ) in the MS group. Also, the s-IgA levels increased significantly ( $P=0.047$ ) in the AT+SM group, but remained unchanged in the other groups. The results of the study showed that aerobic training combined with multivitamin minerals supplementation causes improvement in some of the immunological factors in the polluted air. However, to achieve more conclusive results, further investigation is needed.

**Keywords:** Aerobic Training, Multivitamin Mineral, Immunity, Immunoglobulin A, Cortisol, Polluted Air

---

\* Corresponding Author

Email: m.kargarfard@spr.ui.ac.ir