دکتر شهرام محقق ۱ *

دکتر مریم حاجیان ۲

۱- استادیار گروه پزشکی ورزشی، دانشگاه علوم پزشکی شهید بهشتی

۲- دستیار پزشکی اجتماعی، دانشگاه علوم پزشکی شهید بهشتی

* **نشانی نویسنده مسؤول:** تهران- خیابان کارگر جنوبی- بیمارستان لقمان حکیم

تلفن: ۰۹۱۲۳۰۴۰۹۶۵

۰۲۱-۵۵۴۱۹۰۰۵

نشانی الکترونیکی: sh.mohaghegh@sbmu.ac.ir

مجله علمی سازمان نظام پزشکی جمهوری اسلامی ایران، دوره ۳۱، شماره ۳، پاییز ۱۳۹۲: ۲۳۷-۲۴۹

- **مقاله مروری کد مقاله: ۲۵**

بعد از مطالعه این مقاله خوانندگان محترم قادر خواهند بود:

- با آلاینده‌های هوا آشنا شوند
- با اثرات ورزش در جلوگیری از اثرات آلاینده‌ها آگاهی یابند

ورزش و آلودگی هوا

چکیده

با توجه به گسترش شهرها و افزایش جمعیت آنها در کشورمان و اهمیت انجام ورزش و فعالیت بدنی در ارتقاء سلامت ساکنین شهرهای بزرگ و صنعتی که درگیر معضل آلودگی هوا هستند، اطلاع اجمالی پزشکان از آلودگی هوا و اثرات آن بر سلامت ورزشکاران و بیماران و ارایه راهنمایی‌های لازم به آنها در هنگام بروز آلودگی هوا ضروری است. در این مقاله مروری ضمن تعریف آلاینده‌های اصلی هوا و اثرات هر یک از آنها بر سلامتی ورزشکاران و گروه‌های پر خطر شامل بیماران قلبی، ریوی، کودکان و سالمندان، توصیه‌های انجام ورزش در وضعیت‌های مختلف کیفیت هوا به تفکیک نوع آلاینده ارایه شده است.

واژگان کلیدی: ورزش، آلودگی هوا، شاخص کیفیت هوا

تاریخ دریافت مقاله: ۹۱/۲/۱۶ تاریخ اصلاح نهایی: ۹۱/۱۲/۱۴ تاریخ پذیرش مقاله: ۹۱/۱۲/۱

مقدمه

آلودگی هوا در حال حاضر به مشکل روز بسیاری از کشورها از جمله ایران بدل شده است. تقریباً تمام کلانشهرهای کشور ایران به نحوی با این مشکل مواجه هستند. آلودگی هوا نه تنها موجب به خطر افتادن سلامتی و افزایش مرگ‌ومیر بیماران شده، بر کارکرد ورزشی ورزشکاران نیز تأثیر سوء دارد. مطالعات متعددی نشان داده‌اند که اثرات سوء آلاینده‌های هوا بر انسان با افزایش فعالیت فیزیکی افزایش یافته و مواجه با آلاینده‌های هوا در حین ورزش بر کارکرد ریوی و کارایی

[Downloaded from jmciri.ir on 2025-12-18]

ورزشکاران تأثیر منفی دارد [۱]. به دلیل شدت آلودگی در بعضی مناطق، برگزارکنندگان مسابقات ورزشی همواره با مشکل تعیین زمان مناسب برای انجام مسابقات در این مناطق مواجه بوده‌اند. برای نمونه می‌توان به تجربه برگزاری مسابقات المپیک ۲۰۰۸ در شهر پکن اشاره کرد که یکی از آلوده‌ترین کلانشهرهای دنیا به حساب می‌آید و غلظت آلاینده‌های هوای آن شامل مونوکسید کربن، اکسیدهای نیتروژن و گوگرد، ازن و ذرات معلق در برخی از ساعات از مرز استانداردهای نرمال فراتر می‌رود [۲]. از آنجایی که در ورزش قهرمانی کاهش اندکی از کارایی ورزشکار بر میزان موفقیت وی در کسب مدال تأثیر قابل ملاحظه‌ای دارد، از اثرات آلودگی هوا بر کارایی ورزشکاران در سطوح بالای ورزش نباید غفلت کرد [۳].با این وجود در خصوص تأثیرات درازمدت آلودگی هوا بر کارایی ورزشکاران هنوز تحقیقی صورت نگرفته است و مطالعات صورت گرفته صرفاً بر اثرات حاد آلودگی هوا بر کارایی ورزشکاران تأکید دارد [۴]. از طرف دیگر با توجه به اهمیت فعالیت فیزیکی و نقش آن در تندرستی عموم افراد جامعه و فراگیر شدن ورزش در میان اقشار مختلف مردم و بیماران ساکن در شهرهای بزرگ همواره این سؤال برای آنان مطرح بوده که در چه ساعتی از شبانه‌روز به انجام ورزش بپردازند تا کمتر تحت تأثیر اثرات سوء آلاینده‌های هوا قرار گیرند. همچنین در ورزش‌ها و تمرینات داخل سالن آلودگی هوای داخل سالن به آلودگی هوای بیرونی می‌تواند چشمگیر باشد. در فضاهای سربسته آلودگی هوا می‌تواند ناشی از آلاینده‌های داخلی نظیر آلودگی ناشی از نوع مصالح به کار رفته، افراد حاضر در محل و فعالیت‌های انجام شده باشد [۵]. غلظت بسیاری از آلاینده‌ها (ذرات معلق، SO_2، O_3، فلزات و بنزن) معمولاً در داخل منازل کمتر از فضاهای بیرونی هستند [۱۱-۶]. بر عکس، برخی آلاینده‌ها شامل CO، NO_2، برخی هیدروکربن‌های آروماتیک و بسیاری از ترکیبات آلی فرار (برای مثال تولوئن، گزیلن‌ها، فرمالدئید و متان‌های کلرینه) تمایل به افزایش غلظت در فضاهای سربسته در مقایسه با فضای بیرونی دارند [۱۴-۱۱و۹]. علاوه بر این برخی مطالعات گویای آنست که سطوح برخی آلاینده‌ها در منازل مجهز به دستگاه تهویه هوا می‌تواند کمتر از منازلی باشد که فاقد این تجهیزات هستند [۱۶و۱۵]. با توجه به اینکه بسیاری از آلاینده‌ها (نظیر O_3 و $PM_{2.5}$) فاقد غلظت آستانه‌ای هستند که در زیر آن بدون تأثیر سوء بر سلامتی باشند [۱۷] دانستن روند غلظتی آلاینده‌ها در ساعات مختلف شبانه‌روز کمک شایانی به برنامه ریزی جهت انجام ورزش و فعالیت بدنی در افراد سالم و بیمار در شهرهای آلوده خواهد کرد.

تعریف

آلاینده‌های هوا که تعداد آنها به بیش از ۱۸۰ می‌رسد، ممکن است طبیعی یا ساخته دست بشر بوده و به اشکال مختلف مانند ذرات جامد، قطرات مایع و یا گاز وجود داشته باشد [۱۸]. دو گروه عمده از آلاینده‌ها عبارتند از آلاینده‌های اولیه و ثانویه. آلاینده‌های اولیه آلاینده‌هایی هستند که مستقیماً نشات گرفته از منابع آلودگی هستند نظیر مونوکسیدکربن، دی اکسید گوگرد، اکسیدهای نیتروژن، هیدرو کربن‌ها و ذرات معلق (دوده، گرد و غبار و مه دود). آلاینده‌های ثانویه در اثر بر هم کنش عوامل محیطی (نور خورشید، رطوبت و سایر آلاینده‌ها) با آلاینده‌های اولیه ایجاد شده و شامل آلاینده‌های ازن، آلدئیدها، اسید سولفوریک و پراکسی استیل نیترات (PAN) می‌باشد. آلودگی هوای شهرها معمولاً شامل هر دو آلاینده‌های اولیه و ثانویه است [۵].

سازمان حفاظت محیط زیست آمریکا (EPA) منابع مصنوعی آلاینده‌های هوا را در ۵ گروه مهم تقسیم‌بندی کرده است که شامل فرایندهای صنعتی (کارخانجات پتروشیمی، فولاد و ...)، احتراق سوخت در منابع ثابت (نیروگاه‌ها و ...)، حمل و نقل (اتومبیل، هواپیما و ...)، دفع مواد زائد (نظیر سوزاندن زباله‌ها در هوای آزاد، استفاده نامناسب از زباله‌سوزها) و فرایندهای متفرقه نظیر فعالیت‌های خانگی است [۱۹].

اثرات آلاینده‌ها بر انسان و موجودات زنده بخشی ناشی از میزان نفوذ آلاینده‌ها به داخل بدن جاندار است. این دوز از آلودگی با مدت زمان مواجهه، غلظت آلاینده در هوای تنفس شده، میزان و حجم تهویه، دما و رطوبت هوای تنفس شده و راه تنفس (بینی یا دهان) مرتبط بوده و تعیین می‌شود. آلاینده‌ها عمدتاً دستگاه تنفسی را آلوده می‌سازند که به دلیل سطح مواجهه گسترده دستگاه تنفسی با آلاینده‌ها است. غشاهای مخاطی بینی، ذرات بزرگ و گازهای با حلالیت بالا (برای مثال ۹۹/۹ درصد SO_2 استنشاق شده) را برداشت می‌کنند و مانع از آسیب مجاری هوایی عمقی‌تر و بافت ریه می‌شوند. با این حال، ذرات کوچک‌تر و آلاینده های با حلالیت پایین به راحتی از این سد عبور می‌کنند. در حین ورزش در وضعیتی که تنفس دهانی نقش عمده‌ای در تهویه فرد بازی می‌کند، این مکانیسم دفاعی کمتر مؤثر بوده و آلاینده‌های بیشتری به ریه‌ها رسیده و با گذر از مخاط تنفسی وارد خون و بافت‌های بدن می‌شوند. علاوه بر این، افزایش تهویه ریوی و سرعت جریان هوا در حین ورزش در رساندن آلاینده‌ها به بخش‌های عمقی‌تر دستگاه تنفسی نقش دارند [۵]. همچنین نشان داده شده است که ظرفیت انتشاری ریه با ورزش افزایش می‌یابد که ممکن است باعث افزایش انتشار گازهای آلاینده از طریق ریه در حین ورزش شود [۲۳-۲۰]. در دوندگان مسافت‌های طولانی بعد از چندین روز ورزش شدید در هوای آلوده، میزان پاکسازی موکوسی مژکی (mucociliarry clearance) بینی مختل بود [۲۴] که احتمالاً ناشی از مواجه با آلاینده‌های هوا در حین ورزش بوده است [۲۵]. چنین اختلالی در سیستم پاکسازی بینی می‌تواند ورزشکار را بیش از پیش در برابر آلاینده‌های هوا آسیب‌پذیرتر کند چرا که آلاینده‌هایی که بیشتر توسط مخاط بینی جذب می‌شدند اینک راه به مجاری هوایی عمقی‌تر می‌یابند [۲۶]. در چندین مطالعه کنترل شده در انسان نشان داده شده است که اثرات برونکو اسپاسم غلظت یکسانی از آلاینده‌های ازن و دی اکسید گوگرد به طور قابل ملاحظه‌ای در حین ورزش بیشتر از

[Downloaded from jmciri.ir on 2025-12-18]

وضعیت در حال استراحت است [۳]. به دلیل تغییرات فیزیولوژیکی که در حین ورزش استقامتی رخ می‌دهد و مواجهه طولانی‌تر، تصور بر این است که ورزشکاران استقامتی نسبت به تأثیرات سوء آلاینده‌های هوا آسیب‌پذیرتر باشند [۲۶]. تأثیر آلاینده‌های مونوکسید کربن و ازن بر کاهش کارایی ورزشکاران اثبات شده است. افزایش تجمع سرب در خون ورزشکاران در حین ورزش در هوای آلوده به ذرات معلق نشانگر تشدید اثرات توکسیک این مواد بر بدن ورزشکاران است. در حین ورزش، دی اکسید گوگرد معمولاً فقط در بیماران آسمی ایجاد مشکل می‌کند [۲۶].

توزیع جغرافیایی آلودگی هوا قویاً مرتبط با تراکم جمعیت و محل استقرار صنایع است. خودروهای سبک و سنگین، هواپیماها، صنایع و احتراق سوخت‌های فسیلی منابع عمده تولید گازهای مونوکسید کربن، اکسیدهای گوگرد و نیتروژن، هیدروکربن‌ها و ذرات معلق به شمار می‌روند. مطالعات نشان می‌دهد که غلظت آلاینده های CO و ۲NO در مناطق با ترافیک پایین کمتر از مناطق پر ترافیک است [۱]. دمای بالا و رطوبت محیط برانگیزاننده واکنش‌های ایجاد مه دود فتو شیمیایی هستند که همراه با سطح بالایی از غلظت آلاینده ازن است [۵].

پرهیز از مواجه روش اصلی پیشگیری از اثرات سوء کوتاه مدت و دراز مدت آلودگی هوا است. انتخاب زمان و مکان مناسب برای ورزش و تنظیم شدت و مدت ورزش از عناصر کلیدی پیشگیری به شمار می‌روند [۲۷]. اطلاع از الگوهای روزانه و فصلی و نوسانات غلظت آلاینده‌ها در هنگام برنامه‌ریزی برای تمرینات با شدت بالا و برگزاری مسابقات برتر حائز اهمیت است. تغییرات غلظت آلاینده‌ها نه تنها متأثر از منابع ثابت و متحرک آلاینده‌های هوا در محل انجام ورزش است، بلکه عوامل آب و هوایی نظیر سرعت وزش باد، دما، نور خورشید و همچنین عوامل اکولوژیک و جغرافیایی نظیر وجود ارتفاعات و پستی بلندی‌های منطقه بر آن مؤثر است.

پرهیز از از انجام ورزش در مکان‌هایی با تراکم بالای خودروها می‌تواند مواجه با گاز مونوکسید کربن را به حداقل رساند. بعد از ظهرهای تابستان و اوایل پاییز به دلیل مواجهه با غلظت بالای ۳O زمان مناسبی برای ورزش در شهرهای بزرگ به حساب نمی‌آید [۵]. چنین الگویی برای آلاینده ازن در شهر تهران نیز دیده شده است [۲۸].

استفاده از اطلاعات و مدل‌های موجود، برای ورزشکاران سطوح بالا و قهرمانی خالی از اشکال نیست چرا که چنین مدل‌هایی عمدتاً بر اساس سطوح بسیار پایین تر تهویه ریوی نسبت به تهویه ورزشکاران رده بالا و قهرمانی (Elite) تعریف می‌شود [۲۹].

در ذیل به تفکیک به معرفی آلاینده‌های عمده هوا و اثرات آنها بر انسان و ورزشکاران پرداخته می‌شود:

ذرات معلق

ذرات معلق که تحت عنوان dust یا ۱۰PM شناخته می‌شوند ترکیبی از ذرات جامد و قطرات مایع است که کمتر از ۱۰ میکرومتر قطر دارند و می‌توانند با عبور از سد مجاری هوایی فوقانی به داخل ریه‌ها نفوذ کرده و ایجاد مشکلات جدی برای سلامتی افراد کنند. منبع عمده این آلاینده همه انواع احتراق است که در خودروها، صنایع گوناگون، آتش‌سوزی‌ها، سوزاندن چوب و زباله و در برخی فرایندهای صنعتی رخ می‌دهد. ذرات معلق به دلیل اندازه کوچک خود می‌توانند برای ساعت‌ها یا روزها در هوا معلق بمانند. ذرات معلق با قطر کمتر از ۲/۵ میکرومتر (۲.۵PM) بخش عمده‌ای از ۱۰PM را تشکیل می‌دهند. احتمال راهیابی و نشست این ذرات در مجاری هوایی و حبابچه‌ها بیشتر است [۲۶].

ذرات معلق در جریان تشکیل مه دودها (smogs) به اوج غلظت خود می‌رسند. مه دودهای زمستانی ناشی از تجمع آلاینده‌های موضعی در هوای سرد و ایستا است و مه دودهای تابستانی ناشی از واکنش نور خورشید با آلاینده‌ها بوده که همراه با تجمع غلظت بالایی از آلاینده ازن است [۲۶]. تعامل هم افزا (synergistic interaction) ما بین۱۰PM، ۲SO و بخار آب وجود دارد. بخار آب و ۲SO جذب ذرات دوده شده و ذرات فلزی موجود در ۱۰PM نظیر و انادیوم به عنوان کاتالیزور تشکیل اسید سولفوریک عمل می‌کنند. با استنشاق فرد، ذرات معلق اسید سولفوریک را به قسمت‌های عمقی ریه برده و سبب آسیب غشاهای تنفسی و کاهش ظرفیت تبادل گازی ریوی می‌شود [۳۰]. چنین تعاملی ما بین ۲SO و ۱۰PM به قدری حائز اهمیت است که در تعیین غلظت مجاز آلاینده ۲SO باید به غلظت همزمان ۱۰PM نیز توجه داشت. برای مثال اتحادیه اروپا حداکثر استاندارد غلظت متوسط سالیانه ۲SO را در شرایطی که غلظت ذرات بیشتر از ۴۰ میکروگرم/متر مکعب باشد از ۱۲۰ میکروگرم/متر مکعب به ۸۰ میکروگرم/متر مکعب تقلیل می‌دهد [۳۱]. عوامل آب و هوایی تأثیر زیادی بر میزان مواجه با ۱۰PM دارند. برای مثال وزش باد و بارش باران سبب کاهش غلظت آن می‌شوند [۳۲].

اثر ورزش و فعالیت بدنی بر میزان نشست ذرات معلق در مجاری هوایی عمقی و حبابچه‌ها کاملاً شناخته نشده است. با افزایش تهویه ریوی و سرعت جریان هوای تنفسی در حین ورزش و کمرنگ شدن سد دفاعی مخاط بینی ناشی از افزایش تنفس دهانی ذرات معلق بیشتری توسط ورزشکار از طریق تنفسی به بدن وارد می‌شود. اما در خصوص افزایش میزان نشست این ذرات پس از رسیدن به مجاری هوایی تحتانی و یا خروج آنها با جریان هوای بازدمی هنوز پاسخ روشنی داده نشده است [۲۶]. در مطالعاتی که به بررسی مواجه ورزشکاران با ۱۰PM پرداخته‌اند، به وضوح نشان داده شده است که میزان مواجه ورزشکاران با ذرات

[Downloaded from jmciri.ir on 2025-12-18]

معلق در حاشیه جاده‌ها به طور قابل ملاحظه‌ای بیشتر از نواحی کم ترافیک و مناطق روستایی است [۳۳]. همچنین نشان داده شده است که سرب (از اجزاء ذرات معلق) در خون ورزشکاران شهرها بالاتر از ورزشکاران مناطق روستایی است [۳۴]. میزان تجمع سرب در خون ورزشکاران با مدت زمان ورزش و شدت آن ارتباط قابل ملاحظه‌ای دارد [۳۵].

مواجه با ذرات معلق چه به صورت کوتاه مدت (چند ساعت) و چه دراز مدت (سال‌ها) می‌تواند سبب پدید آمدن یا تشدید بیماری در افراد مواجه یافته شود و با افزایش مرگ‌ومیر بیماران قلبی و ریوی در ارتباط بوده است. بیماران حساس به این آلاینده شامل بیماران قلبی و ریوی (بیماران دچار نارسایی قلبی، بیماری‌های کرونری، آسم و سایر بیماری‌های انسدادی ریه)، سالمندان، و کودکان هستند [۳۶]. دستور العمل Environmental Protection Agency (EPA) در خصوص احتیاطات انجام ورزش در میزان‌های مختلف شاخص کیفیت هوای ذرات معلق مطابق با جدول ۱ است [۳۷]. شاخص کیفیت هوا (Air Quality Index) شاخصی برای فهم بهتر کیفیت هوا برای عموم مردم است. نحوه محاسبه آن بدین صورت است که غلظت هر یک از آلاینده‌های هوا بر اساس غلظت استاندارد آن آلاینده به عدد صحیحی بالاتر از صفر تبدیل می‌شود. هر چقدر میزان عددی این شاخص بالاتر باشد، کیفیت هوا از نظر آن آلاینده نامطلوب‌تر بوده و گویای تأثیرات سوء بیشتر آن بر انسان (در کوتاه مدت) است.

مونوکسید کربن

مونوکسید کربن گازی بی‌رنگ و بی‌بو بوده و ناشی از احتراق ناقص کربن است. منبع عمده آن دود اگزوز خودروها (تا ۹۵ درصد منبع آلودگی در شهرها) و فرایندهای صنعتی است. غلظت مونوکسید کربن معمولاً در فصول سرد سال بالاتر است که به دلیل احتراق ناقص کربن در این فصول و همچنین وجود پدیده وارونگی

(inversion) است که سبب تجمع آلاینده‌ها در نزدیکی سطح زمین می‌شود [۳۶].

مونوکسیدکربن با ورود به خون از طریق تنفس به هموگلوبین متصل شده و با تشکیل کربوکسی همو گلوبین مانع اکسیژن‌رسانی کافی به بافت‌های بدن می‌شود. تمایل هموگلوبین برای باند شدن به مونوکسید کربن و تشکیل کربوکسی هموگلوبین ۲۰۰ برابر بیشتر از تمایل این ماده برای اتصال به اکسیژن است. همچنین این آلاینده با شیفت منحنی انفکاک اکسیژن از هموگلوبین به سمت چپ و مهار عمل آنزیم‌های سیتو کروم اکسیداز سبب اشکال در اکسیژن‌گیری بافتی می‌شود [۲۶]. تصور می‌شود تغییراتی که که در میزان جذب آلاینده مونوکسید کربن در بین افراد مختلف وجود دارد ناشی از متغیرهای فیزیولوژیکی نظیر ظرفیت ریوی، ثابت انتشار ریه، و حجم فضای مرده باشد [۳۸]. همچنین میزان تهویه ریوی بر میزان جذب این آلاینده مؤثر است. در سال ۱۹۸۰ نشان داده شد که غلظت کربوکسی هموگلوبین در خون ساکنین شهرهای بزرگ تقریباً دو برابر افرادی است که در مناطق روستایی و بدون ترافیک زندگی می‌کنند (۳۸). ورزش شدید به مدت ۳۰ دقیقه در مجاورت ترافیک سنگین می‌تواند غلظت کربوکسی هموگلوبین را تا ۱۰ برابر افزایش دهد که معادل کشیدن ۱۰ نخ سیگار است [۳۹].

تردیدی وجود ندارد که آلاینده CO بر کارایی ورزشکاران تأثیر سوء داشته و شواهد بسیاری برای آن وجود دارد [۴۵-۳۹]. با وجود CO در جریان خون اکسیژن کمتری از هموگلوبین به میوگلوبین آزاد شده و لذا برای جبران آن قلب باید با شدت و تعداد بیشتری منقبض شود. حداکثر برون ده قلبی و حداکثر تفاوت غلظت گازی بین شریان و ورید کاسته شده و منجر به کاهش حداکثر میزان جذب اکسیژن (max ۲VO) و برون ده کاری می‌شود [۴۶]. تشکیل کربوکسی هموگلوبین برگشت‌پذیر بوده و مواجه با هوای پاک سبب حذف قسمت عمده گاز از بدن با نیمه عمری در حدود ۳ تا ۴ ساعت می‌شود [۲۶].

پیش‌بینی خطر مسمومیت با گاز CO در ورزشکاران دونده و دوچرخه سوار در مناطق با تراکم ترافیکی بالا دشوار است که به دلیل آنست که غلظت و حرکت این آلاینده بستگی به دمای و جریان باد محیط مجاور خود دارد. با این وجود در یک مطالعه غلظت کربوکسی هموگلوبین (COHb) در خون دوندگان و دوچرخه‌سواران داخل شهر ۴ تا ۶ درصد گزارش شد که قابل مقایسه با غلظت این ماده در خون استفاده‌کنندگان طولانی مدت از سیگار بوده [۴۰] و می‌تواند سبب کاهش کارایی ورزشی این ورزشکاران شود [۴۷]. نشانگرهای افزایش غلظت کربوکسی هموگلوبین بر افت کارایی ورزشی ورزشکاران شامل کاهش بارز max۲VO، آستانه بی‌هوازی و پالس اکسیژن (rate heart/۲VO) و افزایش قابل ملاحظه تعداد ضربان قلب و فشار پالس (pressure pulse) است [۴۲]. از شاخص سرعت تشکیل کربوکسی هموگلوبین در خون برای پیشگویی احتمال مسمومیت با CO در ورزشکاران مواجه یافته با این آلاینده استفاده شده و مدل استفاده شده به این منظورکه تحت عنوان معادله CFK شناخته می‌شود در آزمایشات انجام شده کارا و کمک‌کننده بوده است [۴۱].

سازمان بهداشت جهانی (WHO) ارتباط مابین غلظت آلاینده CO در محیط را با غلظت COHb در خون محاسبه کرده است (جدول۲). مقادیر این جدول برای کسانی است که با شدت کم ورزش می‌کنند. در فرد در حال استراحت این مقادیر تقسیم بر عدد دو و در فردی که با شدت بالا ورزش می‌کند بر عدد دو ضرب می‌شود. بنابراین انتظار بر این است که فردی که با شدت بالا به مدت یک‌ساعت در هوایی با غلظت CO معادل ۲۰ppm ورزش می‌کند دارای غلظت COHb ۱/۶ درصد در خون باشد. مقادیر COHb ۲/۷ درصد و بالاتر منجر به ایجاد اختلالات رفتاری می‌شود [۳۰].

[Downloaded from jmciri.ir on 2025-12-18]

افراد دارای بیماری‌های قلبی عروقی (شامل عروق مغز)، ریوی (بیماری‌های انسدادی ریه) وکم‌خونی و احتمالاً کودکان کم سن وسال و سالمندان در صورت مواجه با این آلاینده به خصوص در حین ورزش ممکن است دچار مشکل یا تشدید علائم شوند. دستورالعمل Environmental Protection Agency (EPA) در خصوص احتیاطات انجام ورزش در غلظت‌های بالای مونوکسید کربن مطابق جدول ۱ است [۳۶و۳۷].

ازن

ازن به عنوان یک آلاینده در نزدیکی سطح زمین در اثر واکنش شیمیایی بین آلاینده‌های آزاد شده از خودروها، صنایع، پالایشگاه‌ها، نیروگاه‌ها و سایر منابع آلودگی تحت تأثیر نور خورشید ایجاد می‌شود. غلظت ازن معمولاً در فصول گرم سال بالاتر است.همچنین غلظت این آلاینده معمولاً در ساعت‌های دارای حداکثر تشعشع خورشیدی (معمولاً حوالی ظهر) به حداکثر خود می‌رسد [۳۶]. با این وجود ازن یک آلاینده فرا مرزی شناخته شده و مسافت‌های قابل ملاحظه‌ای را می‌پیماید. لذا به همین دلیل و بر خلاف عقیده مرسوم می‌تواند یک آلاینده مناطق روستایی به حساب آید [۲۶].

ازن می‌تواند سبب تحریک و آزار دستگاه تنفسی، کاهش عملکرد ریوی، تشدید آسم و واکنش بیماران آسمی به آلرژن‌ها، التهاب و تخریب ریه و افزایش احتمال ابتلاء به عفونت‌های تنفسی شود. مواجه با ازن با غلظت در حد ۱۰۰ppb می‌تواند سبب کاهش قابل ملاحظه عملکرد ریوی (کاهش۱FEV، FVC و ۲۵FEF-۷۵) و افزایش مقاومت مجاری هوایی در ورزشکارانی شود که با تهویه ریوی در حد ۷۰ لیتر در دقیقه ورزش می کنند [۴۸]. با این وجود گزارش شده است که در حین ورزش مواجه با این آلاینده با غلظت‌های کمتر از این حد نیز سبب ایجاد تغییراتی در عملکرد ریوی می‌شود. البته این یافته هنوز اثبات نشده است [۵۰-۴۸].

مواجه با ازن با غلظت بیش از ۱۲۰ppb دارای تأثیرات سوء بر سلامتی انسان است. علائم شامل تحریک بینی و گلو، سرفه، خس‌خس سینه، کوتاهی نفس و ناتوانی در کشیدن نفس عمیق به دلیل احساس درد یا فشار در قفسه سینه، تهوع و سردرد می‌باشد.میزان اختلالات عملکرد ریوی معمولاً به موازات شدت علائم بیمار بوده و با انجام ورزش تسریع می‌شود [۴۸]. در ورزشکاران مواجه یافته کاهش پیوسته عملکرد ریوی با افزایش شدت ورزش گزارش شده است که همراه با افزایش مقاومت مجاری هوایی و حجم باقیمانده (RV) بوده است [۲۶]. نشان داده شده است که افزایش دمای هوا (۳۵ درجه) سبب تشدید اثرات منفی ازن بر عملکرد ریوی می‌شود [۴۹ و۵۱].

بر اساس شواهد موجود امکان تطابق با اثرات سوء آلاینده ازن (بر روی سلامت انسان و کارایی ورزشی) وجود داشته و کارایی ورزشکاران در مواجهات بعدی با این آلاینده بدرجاتی قابل بازیابی است. این تطابق با ازن در تمامی مطالعات انجام شده دیده نشده است و به نظر می‌رسد که وابسته به عوامل مختلفی شامل حساسیت اولیه فرد نسبت به ازن باشد [۳۶]. همچنین نشان داده شده است که استفاده از ویتامین E و مکمل‌های آنتی‌اکسیدان در مدل‌های حیوانی از طریق مقابله با مکانیسم اکسیداسیون این آلاینده تا حدی اثرات سوء این آلاینده را کاهش می‌دهند ولی در حال حاضر در خصوص اثرات این مکمل‌ها بر بهبود کارایی ورزشکاران نمی‌توان اظهار نظر قطعی کرد و نیازمند مطالعات بیشتر است [۳۶و۲۶].

مصرف ایبوپروفن و ایندومتاسین قبل از مواجه با ازن سبب کاهش شدت علائم ورزشکاران شده است [۵۳و۵۲]. در حالی که این تأثیر با مصرف سالبوتامول دیده نشده است [۵۴]. کاهش حجم جاری و افزایش تعداد تنفس در مواجه با ازن سبب افزایش تهویه ریوی نسبی می‌شود [۲۶].

کودکان و افراد با فعالیت فیزیکی بالا در محیط‌های سرباز، بیماران تنفسی (شامل بیماران آسمی) و برخی افراد سالم بنا به دلایل نامعلوم از جمله افراد حساس به ازن به شمار می‌آیند. اختلاف زیادی بین افراد در پیدایش علائم بالینی در مواجه با ازن وجود دارد که نشانگر آنست که عوامل متعددی در ایجاد این علائم نقش دارند. همچنین این احتمال وجود دارد که افراد عادی و ورزشکاران با این آلاینده تطابق یابند. دستورالعمل (EPA) Environmental Protection Agency در خصوص احتیاطات انجام ورزش در غلظت‌های بالای ازن مطابق جدول ۱ است [۳۶و۳۷].

دی اکسید گوگرد

دی اکسید گوگرد گازی بی‌رنگ و فعال است که از سوختن سوخت‌های حاوی گوگرد نظیر ذغال سنگ و روغن تولید می‌شود.منبع عمده تولید آن نیروگاه‌ها و دیگ‌های بخار در صنایع است.معمولاً بالاترین سطح دی اکسید گوگرد در نزدیکی مراکز صنعتی دیده می‌شود [۳۶].

دی اکسید گوگرد گازی سوزاننده است که معمولاً در گذر از بینی حذف می‌شود. برای ایجاد اثرات سوء بر سلامتی انسان لازم است تنفس دهانی وجود داشته باشد که در فعالیت‌های با شدت متوسط به طور غیر ارادی وجود دارد. در بالغین سالم حداقل غلظت لازم برای تأثیرگذاری بر عملکرد ریوی ppb ۱۰۰۰ تا ۲۰۰۰ است.بالاتر از این آستانه در افراد در حال استراحت برونکو اسپاسم ایجاد می‌شود. در حین ورزش به دلیل نفوذ بیشتر SO_2 به داخل دستگاه تنفسی و مجاری هوایی عمقی‌تر اثرات آن شدیدتر بارز می‌شود [۵۵].

[Downloaded from jmciri.ir on 2025-12-18]

بیماران آسمی نسبت به افراد غیر آسمی ۱۰ برابر نسبت به SO_2 به خصوص در حین ورزش حساس‌ترند. این احتمال وجود دارد که SO_2 یکی از محرک‌های ایجاد برونکواسپاسم ناشی از ورزش باشد. (با میزان بروز ۲۳ درصد در المپیک ورزش‌های زمستانی)[۵۶]. دی اکسید گوگرد در بیماران آسمی حتی با غلظت پایین و مواجه‌گذرا سبب تنگی مجاری هوایی و تشدید علایم بیماری می‌شود. معمولاً با قطع تماس با این آلاینده عملکرد ریوی در عرض یک ساعت به وضعیت اول خود باز می‌گردد. بیماران آسمی حتی پس از ۵ دقیقه ورزش در محیط با غلظت دی اکسید گوگرد معادل با ۵۰۰ppb دچار افزایش مقاومت مجاری هوایی (تا صد در صد افزایش) می‌شوند [۵۷].

در اکثر بیماران آسمی مواجه یافته با غلظت SO_2 در حد ۲۵۰ppb (در حین ورزش) کاهش ۵۰ تا ۶۰ درصدی FEV_1 و علائم خس‌خس سینه و تنگی نفس دیده می‌شود [۵۳]. خوشبختانه تمام علائم بیمار و کاهش عملکردهای ریوی وی با درمان با آگونیست‌های بتا دو آدرنرژیک نظیر سالبوتامول سریعاً بر طرف می‌شوند. از آنجایی که SO_2 سبب آزاد شدن هیستامین از ماست سل‌ها می‌شود، از کرومولین سدیم (مهارکننده آزادسازی هیستامین) و آگونیست‌های بتا به عنوان پروفیلاکسی استفاده شده است [۵۸]. علائم مواجه با SO_2 در هوای سرد و خشک سریع‌تر و شدیدتر از هوای گرم و مرطوب ظاهر می‌شوند [۵۹].

گر چه SO_2 آلاینده‌ای مهم برای بیماران آسمی به خصوص در حین ورزش محسوب می‌شود، معمولاً با غلظت‌های معمول در هوای شهرها در ورزشکاران سالم و با عملکرد ریوی نرمال مشکل‌ساز نمی‌باشد [۲۶].

در غلظت‌های بسیار بالا دی اکسید گوگرد ممکن است در افراد سالم بدون سابقه آسم ایجاد علائم بیماری آسم را نماید. در تماس طولانی مدت با این آلاینده در اثر تغییرات ایجاد شده در مکانیسمهای دفاعی ریه بیماری ریوی ایجاد شده و در صورت وجود بیماری قلبی عروقی قبلی تشدید می‌شود. به این اثرات دی اکسید گوگرد افراد دچار بیماری‌های قلبی عروقی و بیماری‌های مزمن ریه و کودکان وسالمندان حساسترند. دستورالعمل (EPA) Environmental Protection Agency در خصوص احتیاطات انجام ورزش در غلظت‌های بالای دی اکسید گوگرد مطابق جدول ۱ است [۳۶و۳۷].

دی اکسید نیتروژن

شایع‌ترین اکسیدهای نیتروژن عبارتند از دی اکسید نیتروژن (NO_2) و اکسید نیتریک (NO). هر دو آنها گازهای سمی هستند. این دو اغلب با هم تحت عنوان NOx خوانده می‌شوند، با اینکه دارای ویژگی‌های فیزیکی، شیمیایی و آلایندگی محیطی کاملاً متفاوتی هستند [۲۶]. NO_2 گازی شدیداً واکنش‌زا و اکسیدان و خورنده است. منابع تولیدکننده آنها فرایندهای احتراقی است نظیر احتراق در وسایل گرمازای بدون دودکش یا با دودکش معیوب، جوشکاری و استعمال تنباکو و موتور خودرها [۳۶]. NO_2 یکی از اجزاء گازهای اگزوز خودروهاست. NO_2 نظیر CO یکی از آلاینده‌های هوای داخل منزل محسوب می‌شود. منبع عمده تولیدکننده NOx تردد خودروها است. NO تحت تأثیر آلاینده ازن و تغییرات فتوشیمیایی به NO_2 اکسید می‌شود. NO_2 بسیار سمی‌تر از NO است. این گاز محلول در آب بوده و پس از تنفس، جذب مخاط بینی و حلق شده و در آنجا تبدیل به اسیدهای نیتریک و نیتروس می‌شود [۲۶].

این گاز با غلظت ppb ۱۰۰۰۰–۵۰۰۰ ایجاد تحریک حلق، سرفه و تنگی‌نفس می‌کند. با غلظت‌های کمتر از ppb ۵۰۰ کاهش مقاومت در برابر عفونت‌های تنفسی گزارش شده است [۶۰]. غلظت NO_2 در محیط‌های شهری معمولاً زیرppb ۱۵۰ است. بیشترین نگرانی برای این آلاینده مربوط به فضاهای بسته و به خصوص در اماکنی است که با گاز شهری گرم می‌شوند و وسایل گرمازای آنها تهویه مناسبی ندارد.

NO_2 ایجاد تحریک چشم، بینی وگلو و مجاری تنفسی کرده و در بیماران آسمی و دچار بیماری‌های مزمن انسدادی ریه و کودکان کم سن و سال سبب اشکال در عملکرد ریوی و افزایش میزان عفونت‌های تنفسی می‌شود. در یک متا آنالیز نشان داده شد که شانس عفونت دستگاه تنفسی تحتانی در کودکانی که مواجه درازمدت با NO_2 با غلظت ppb ۱۶ داشته‌اند، ۲۰ درصد بالاتر بوده است [۴۷]. افراد آسمی در مواجه کوتاه‌مدت با غلظت ppb ۵۰۰ این آلاینده دچار افزایش قابل ملاحظه مقاومت مجاری هوایی می‌شوند. افراد غیر آسمی در غلظت‌هایی در حدود ppb ۱۰۰۰ چنین تغییراتی را تجربه می‌کنند. تغییرات مشاهده شده در عملکرد ریوی با مواجهات مکرر با آلاینده کمتر دیده می‌شوند [۶۰]. مواجه با غلظت های بسیار بالای این آلاینده نظیر آنچه در آتش‌سوزی‌ها رخ می‌دهد، سبب آسیب منتشر ریه و ادم ریوی می‌شود. مواجه مداوم با سطوح بالای NO_2 سبب برونشیت حاد یا مزمن می‌شود [۳۶]. دستورالعمل در خصوص احتیاطات انجام ورزش در غلظت‌های گوناگون NO_2 مطابق جدول ۱ است.

ترکیبات آلی فرار (Volatile organic compounds)

این دسته از ترکیبات شامل هیدروکربن‌های غیر متانی، هالوکربن‌ها (برای مثال تری کلرواتیلن) و الکل‌ها، آلدئیدها و کتون‌ها هستند. بسیاری از این ترکیبات نظیر بنزن وهیدروکربن‌های آروماتیک سرطان‌زا هستند و به همین دلیل سازمان بهداشت جهانی غلظت بی‌خطری از بنزن و هیدروکربن‌های آروماتیک را تعریف نکرده است [۲۶]. منشاء بسیاری از هیدروکربن‌های آروماتیک بنزین بوده و تراکم خودروها در ترافیک از مهم‌ترین دلایل تجمع

[Downloaded from jmciri.ir on 2025-12-18]

این مواد در محیط است [۶۱]. انجام ورزش با شدت بالا حتی به مدت کوتاه در نزدیکی منابع تولید این آلاینده‌ها (عمدتاً مناطق پر ترافیک) سبب افزایش غلظت خونی هیدروکربن‌های آروماتیک شده است. این امر می‌تواند زنگ خطری برای کسانی باشد که به طور منظم در حاشیه مناطق پر ترافیک ورزش می‌کنند [۶۲].

نتیجه‌گیری و توصیه‌ها

به طور کلی انجام ورزش به دور از منابع آلاینده‌ها، محل‌های تردد خودروها و در ساعات کم ترافیک شبانه‌روز توصیه می‌شود. غلظت بسیاری از آلاینده های هوا به صورت نمایی (exponential) با افزایش فاصله از منابع تولید آلاینده‌ها کاهش می‌یابند [۲۶]. انجام ورزش در بوستان‌ها و در ساعات با حداقل غلظت آلودگی در شبانه‌روز می‌تواند پیشنهاد مناسبی برای شهرنشینانی باشد که مایلند در فضای باز ورزش کنند. همانگونه که گفته شد دانستن روند غلظت ساعتی آلاینده‌ها در محل‌های ورزش می‌تواند کمک شایانی به انجام ورزش و برگزاری مسابقات در شهرهای آلوده نماید. ساعات ابتدایی صبح (قبل از ۷ صبح) در تهران به دلیل وجود حداقل غلظت آلاینده‌ها شامل ذرات معلق زمان مناسبی برای انجام ورزش به خصوص برای بیماران قلبی، ریوی، کودکان و سالمندان محسوب می‌شود [۲۸]. بیماران ریوی به خصوص مبتلایان به آسم باید از انجام ورزش در ساعات ابتدایی بعدازظهر به خصوص در فصول گرم سال اجتناب کنند که به دلیل حساسیت بالای این دسته از بیماران به آلاینده ازن است که در این ساعات تجمع می‌یابد. همچنین به دلیل کاهش کارایی ورزشکاران در مواجهه با آلاینده ازن نباید مسابقات ورزشی در این ساعات برگزار شود. بیماران آسمی به آلاینده دی اکسید گوگرد نیز حساسیت غیر عادی دارند و باید حتی‌الامکان به دور از محل‌ها و ساعات اوج آلودگی این آلاینده که منطبق با مکان‌ها و ساعات پر ترافیک شهر است ورزش کنند. این دسته از بیماران باید قبل از انجام ورزش از داروهای استنشاقی خود استفاده کنند و این داروها را در حین ورزش جهت استفاده احتمالی همراه خود داشته باشند. به بیمارانی که به طور مکرر در حین ورزش دچار حملات آسم می‌شوند توصیه می‌شود که علاوه بر رعایت زمان و مکان ورزش از جهت مواجهه با حداقل غلظت آلاینده‌ها، قبل از شروع ورزش از داروهای پایدارکننده Mast cell نظیر کرومولین سدیم به صورت استنشاقی استفاده کرده و در صورت پیدایش علایم در حین ورزش از اسپری بتا آگونیست کوتاه اثر نظیر سالبوتامول استفاده کنند [۶۳]. در شرایط وارونگی هوا بهتر است عموم مردم و به خصوص گروه‌های پر خطر (بیماران قلبی، ریوی، کودکان و سالمندان) از انجام فعالیت بدنی سنگین در فضای باز اجتناب کنند و در خانه و یا سالن‌های ورزشی با تهویه مناسب ورزش کنند. توجه به هشدارهای سازمان‌های ذیربط در خصوص کیفیت هوا قبل از انجام ورزش ضروری است.

با توجه به احتمال کاهش کارایی ورزشکاران در مواجهه با آلاینده مونوکسید کربن حتی به مدت کوتاه لازم است ورزشکاران قبل از حضور در مسابقه و تمرین از تماس با دود سیگار اجتناب کرده و حتی الامکان از محل‌های کم ترافیک به ورزشگاه انتقال داده شوند.

با توجه به نقش احتمالی ویتامین‌ها و آنتی‌اکسیدان‌ها به خصوص ویتامین C و E و A و بتا کاروتن در کم کردن اثرات سوء آلاینده‌ها بر بدن باید به کامل و صحیح بودن رژیم غذایی ورزشکاران توجه داشت. ورزشکاران باید به میزان کافی از میوه و سبزیجات تازه در رژیم غذایی خود استفاده کنند و در صورت مصرف ناکافی و یا وجود کمبود زمینه‌ای از مکمل‌ها استفاده کنند. همچنین به دلیل آنکه کلسیم خنثی‌کننده اثرات منفی مسمومیت با سرب است [۶۴]، توصیه می‌شود ورزشکاران استقامتی که در حاشیه جاده‌ها و مناطق پر ترافیک ورزش می‌کنند، مصرف شیر و لبنیات خود را افزایش دهند و یا در صورت مصرف ناکافی از مکمل کلسیم استفاده نمایند.

جدول ۱- شاخص کیفیت هوا و توصیه‌های بهداشتی جهت انجام ورزش [۳۷]

مقادیر	کیفیت هوا	توصیه بهداشتی: O_3	توصیه بهداشتی: PM	توصیه بهداشتی: CO	توصیه بهداشتی: SO_2	توصیه بهداشتی: NO_2
۰-۵۰	مطلوب	هیچ	هیچ	هیچ	هیچ	هیچ
۵۱-۱۰۰	نسبتاً خوب	افراد با حساسیت بیش از حد باید فعالیت طولانی یا سنگین در فضاهای باز را محدود کنند	افراد با حساسیت بیش از حد باید فعالیت طولانی در فضاهای باز را محدود کنند	هیچ	هیچ	هیچ

[Downloaded from jmciri.ir on 2025-12-18]

۱۵۰-۱۰۱	ناسالم برای گروهای حساس	کودکان، سالمندان و بالغین فعال در محیط‌های سر باز و افراد دارای بیماری‌های تنفسی نظیر آسم باید کمتر به انجام فعالیت‌های بدنی طولانی یا سنگین مبادرت ورزند	افراد دارای بیماری‌های قلبی یا تنفسی، سالمندان و کودکان باید کمتر به انجام فعالیت‌های بدنی طولانی یا سنگین مبادرت ورزند	بیماران دچار CVD (برای مثال نظیر آنژین)باید کمتر به فعالیت بدنی سنگین پرداخته و از منابع ایجادکننده CO (نظیر ترافیک سنگین) پرهیز کنند	بیماران دچار آسم باید فعالیت در محیط‌های سر باز را کاهش دهند	هیچ
۲۰۰-۱۵۱	ناسالم	کودکان، سالمندان و بالغین فعال در محیط‌های سر باز و افراد دارای بیماری‌های تنفسی نظیر آسم نباید به انجام فعالیت‌های بدنی طولانی یا سنگین مبادرت ورزند؛ بقیه افراد باید کمتر به انجام فعالیت‌های بدنی طولانی در فضای باز مبادرت ورزند	افراد دارای بیماری‌های قلبی یا تنفسی، سالمندان و کودکان نباید به انجام فعالیت‌های بدنی طولانی یا سنگین مبادرت ورزند؛ بقیه افراد باید کمتر به انجام فعالیت‌های بدنی طولانی یا سنگین مبادرت ورزند	بیماران دچار CVD (برای مثال نظیر آنژین)باید کمتر به فعالیت بدنی متوسط پرداخته و از منابع ایجادکننده CO (نظیر ترافیک سنگین) پرهیز کنند	بیماران دچار آسم، بیماری قلبی یا ریوی و کودکان باید فعالیت در محیط‌های سر باز را کاهش دهند	هیچ
۳۰۰-۲۰۱	بسیار ناسالم	کودکان، سالمندان و بالغین فعال در محیط‌های سر باز و افراد دارای بیماری‌های تنفسی نظیر آسم باید از انجام هر فعالیت بدنی در فضای باز اجتناب ورزند؛ بقیه افراد باید کمتر به انجام فعالیت‌های بدنی در فضایی باز مبادرت ورزند	افراد دارای بیماری‌های قلبی یا تنفسی، سالمندان و کودکان باید از انجام هر فعالیت بدنی در فضای باز اجتناب کنند؛ بقیه افراد نباید به انجام فعالیت‌های بدنی طولانی یا سنگین مبادرت ورزند.	بیماران دچار CVD (برای مثال نظیر آنژین)نباید فعالیت بدنی داشته باشند و از منابع ایجادکننده CO (نظیر ترافیک سنگین) پرهیز کنند	بیماران دچار آسم، بیماری قلبی یا ریوی و کودکان نباید فعالیتی در محیط‌های سر باز داشته باشند. بقیه افراد باید کمتر به انجام فعالیت‌های بدنی در فضایی باز مبادرت ورزند	کودکان و افراد دارای بیماری‌های تنفسی (نظیر آسم) باید کمتر فعالیت بدنی سنگین در فضای باز انجام دهند.
۵۰۰-۳۰۱	خطرناک	پرهیز از هرگونه فعالیت بدنی برای همه در فضای باز ضروری است.	پرهیز از هرگونه فعالیت بدنی برای همه در فضای باز ضروری است؛ افراد دارای بیماری‌های قلبی یا تنفسی، سالمندان و کودکان باید از خانه خارج نشوند	بیماران دچار CVD (برای مثال نظیر آنژین)نباید فعالیت بدنی داشته باشند و از منابع ایجادکننده CO (نظیر ترافیک سنگین) پرهیز کنند؛ بقیه افراد باید کمتر	بیماران دچار آسم، بیماری قلبی یا ریوی و کودکان باید در خانه بمانند. بقیه افراد نباید به انجام فعالیت‌های بدنی در فضای باز	کودکان و افراد دارای بیماری‌های تنفسی (نظیر آسم) باید کمتر فعالیت بدنی متوسط و سنگین در فضای باز

[Downloaded from jmciri.ir on 2025-12-18]

					فعالیت بدنی سنگین داشته باشند	مبادرت ورزند	انجام دهند.

جدول ۲- اثرات مونوکسیدکربن بر سلامتی برای فردی که با شدت کم ورزش می‌کند [۳۰].				
درصد کربوکسی هموگلوبین			غلظت CO محیط	
در حالت تعادل	بعد از ۸ ساعت	بعد از ۱ ساعت	mg/m3	ppm
۱۵	۱۲/۹	۳/۶	۱۱۷	۱۰۰
۱۰	۸/۷	۲/۵	۷۰	۶۰
۵	۴/۵	۱/۳	۳۵	۳۰
۳/۳	۲/۸	۰/۸	۲۳	۲۰
۱/۷	۱/۴	۰/۴	۱۲	۱۰

مراجع

1- Campbell M, Li Q, Gingrich S, Macfarlene R. Should people be physically active outdoors on smog alert days? Canad J public health 2005 June;96(1):24-8.

2- Lippi G, Guidi GC, Maffulli N. Air pollution and sports performance in Beijing. Int J Sports Med 2008 Aug;29(8):696-8.

3- Pierson WE. Impact of air pollution on athletic performance.Allergy Proc 1989 Jan;10(3):209-14.

4- Rundell KW. Effect of air pollution on athlete health and performance. Br J Sports Med 2012 Jan;20[Epub ahead of print].

5- Adams KJ. Exercise Physiology. In:Ehrman JK,editor. ACSM Resourse Manual for Guidelines for Exercise testing and prescription.6th ed.Philadelphia:Lippincott Williams and Wilkin;2010. p. 73-4.

6- Colome SD, Kado NY, Jaques P, Kleinman M. Indoor-outdoor air pollution relations: Particulate matter less than 10 µm in aerodynamic diameter (PM10) in homes of asthmatics. Atmos Environ 1992;26A(11):2173-8.

7- Kingham S, Briggs D, Elliott P, Fischer P, Lebret E. Spatial variations in the concentrations of traffic-related pollutants in indoor and outdoor air in Huddersfield, England. Atmos Environ 2000;34(3):905-16.

8- Jones AP. Asthma and the home environment. J Asthma 2000;37(5):103-24.

9- Bell RW, Chapman RE, Kruschel BD, Spencer MJ. Windsor air quality study. Personal exposure survey results. Ontario Ministry of Environment and Energy, 1994.

10- Pengelly D, Szakolcai A, Birmingham B, Muller P, Cole D, Bailey S, et al. Human health risk for priority air pollutants. Hamilton: Hamilton- Wentworth Air Quality Initiative, 1997.

11- Toronto Department of Public Health. Indoor air quality: Issues and concerns. Toronto: City of Toronto, 1994.

12- Kim YM, Harrad S, Harrison R. Concentrations and sources of volatile organic compounds in urban domestic and public microenvironments. Indoor Built Environ 2001;10:147-53.

13- Bell RW, Chapman RE, Kruschel BD, Spencer MJ, Smith KV, Lusis MA. The 1990 Toronto personal exposure pilot (PEP) study. Ontario Ministry of the Environment, 1991.

14- Ilgen E, Karfich N, Levsen K, Angerer J, Schneider P, Heinrich J, et al. Aromatic hydrocarbons in the atmospheric environment: Part I. Indoor versus outdoor sources, the influence of traffic. Atmos Environ 2001;35:1235-52.

[Downloaded from jmciri.ir on 2025-12-18]

15- Leaderer BP, Naeher L, Jankun T, Balenger K, Holford TR, Toth C, et al. Indoor, outdoor, and regional summer and winter concentrations of PM10, PM2.5, SO4, H+, NH4+, NO3, NH3 and nitrous acid in homes with and without kerosene space heaters. Environ Health Perspect 1999;107:223-31.
16- Lee K, Vallarino J, Dumyahn T, Ozkaynak H, Spengler JD. Ozone decay rates in residences. J Air Waste Manage Assoc 1999;49:1238-44.
17- Vedal S, Brauer M, White R, Petkau J. Air pollution and daily mortality in a city with low levels of pollution. Environ Health Perspect 2003;111:45-51.
18- Ghiasedin M. Air pollution,sources,effects and control.1st ed.Tehran:Tehran university press.1385:45 (Persian).
19- Asilian H, Ghaneian M, Ghanizadeh Gh. Air pollution, sources, effects, control methods, regulations and standards. 1st ed. Tehran: Mitra press. 1386: 19 (Persian).
20- Turcotte RA, Perrault H, Marcotte JE. A test for measurement of pulmonary diffusion capacity during high intensity exercise. J Sports Sci 1992;10:229–35.
21- Turcotte RA, Kiteala L, Marcotte JE. Exercise-induced oxyhemoglobin desaturation and pulmonary diffusiong capacity during high-intensity exercise. Eur J Appl Physiol 1997;75:425–30.
22- Stokes DL, Macintyre NR, Nadel JA. Non-linear increases in diffusing capacity during exercise by seated and supine subjects. J Appl Physiol 1981;51:858–63.
23- Fisher JT, Cerny FJ. Characteristics of adjustment of lung diffusing capacity to work. J Appl Physiol 1982;52:1124–7.
24- Muns G, Singer P, Wolf F. Impaired nasal muciliary clearance in long-distance runners. Int J Sports Med 1995; 16:209–13.
25- Atkinson G. Air pollution and exercise. Sports Exer Inj 1997;3:2–8.
26- Carlisle AJ,Sharp NC. Exercise and outdoor ambient air pollution. Br J Sports Med 2001;35:214-222.
27- Cedaro R. Enviromental factors and exercise performance:A review. J Air Pollut Control Assoc 1992;8:161-166.
28- Mohaghegh Sh,Kordi R,Younesian M, Hajian M, Mohaghegh B. Safest exercise hours in Tehran based on air quality index values. Abstract book of 15th annual congress of Iranian society of physical medicine,rehabilitation and electrodiagnosis.Tehran:Pajuheshkadeye mohandesi va ollume pezeshki janbazan press.1390:37-39 (Persian).
29- Florida K, James G. Athens 2004:the pollution climate and athletic performance. J Sports Sci 2004;22:967-80.
30- Colls J. Air pollution, an introduction. Environ Healh 2005;110:98-102.
31- Maynard RL. Air pollution research in the United Kingdom. Occup Environ Med 1999;56:647.
32- Bevan MA, Procter CJ, Baker-Rogers J. Exposure to carbon monoxide, respirable suspended particulates and volotile organic compounds. Environ Sci Technol 1991;25:988–9.
33- Watt M, Godden D, Cherrie J. Individual exposure to particulate air pollution and its relevance to thresholds for health effetcs: a study of traffic wardens. Occup Environ Med 1995;52:790–2.
34- Grobler SR, Maresky LS, Kotze TJ. Lead reduction of petrol and blood lead concentration of athletes. Arch Environ Health 1992;47:139–42.
35- Atkinson G, Maclaren D, Taylor C. Blood levels of British competitive cyclists. Ergonomics 1994;37:43–8
36- Air Quality Index, A guide to Air quality and your health[Online]. 2009 Dec 11[cited 2010 Apr 20]; Available from: URL:http://www.airnow.gov/.
37- Hastings J. Exercise prescription and medical considerations. In:Ehrman JK,editor. ACSM Resourse Manual for Guidelines for Exercise testing and prescription.6th ed.Philadelphia:Lippincott Williams and Wilkin;2010. P. 556.

[Downloaded from jmciri.ir on 2025-12-18]

38- Lee K, Yanagisawa Y, Spengler JD. Carbon monoxide and nitrogen dioxide exposures in indoor ice skating rinks. J Sports Sci 1994;12:279–83.
39- Nicholson JP, Case DB. Carboxyhaemoglobin levels in New York City runners. Phys Sportsmed 1983;11:135–8.
40- Horvarth S. Impact of air quality on exercise performance. Exerc Sports Sci Rev 1981;9:265–96.
41- Tikusis P, Kane DM, McLellan TM. Rate of formation of carboxyhaemoglobin in exercising humans exposed to carbon monoxide. J Appl Physiol 1992;72:1311–19.
42- Hopkins MG. Passive smoking as determined by salivary nicotinine and plasma carboxyhaemoglobin levels in adults and school-aged children of smoking and non-smoking parents: effects on physical fitness. Ann Sports Med 1990;5: 96–104.
43- Anderson O. Dodging the deadly cocktail. Running mag 1989 Oct; 42: 62-64..
44- Gong H, Krishnareddy S. How pollution and airborne allergens affect exercise. Phys and Sportsmed 1995; 123:35–42.
45- Stamford B. Exercise and air Pollution. Phys Sportsmed 1990;18:153–4.
46- Ekblom B, Huot R, Stein EM. Effect of changes in arterial oxygen content on circulation and physical perfomance. J Appl Physiol 1975;39:71–5.
47- Pribyl CR, Racca J. Toxic gas exposures in ice arenas. Clin J Sports Med 1996;6:232–6.
48- Hazucha MJ. Relationship between ozone exposure and pulmonary function changes. J Appl Physiol 1987;62:1671–80.
49- Gong JR. Effects of ozone on exercise performance. J Sports Med 1987;27:21–9.
50- McDonnell WF, Stewart PW, Andreoni S. Prediction of Ozone-induced FEV1 changes. Effects of concentration, duration and ventilation. Am J Crit Care Med 1997;156:715–22.
51- Raven PB. Questions and answers. Eur J Cardiovasc Prev Rehabil 1982;2:411–4.
52- Hazucha MJ, Madden M, Pape G. Effects of cyclo-oxygenase inhibition on ozone-induced respiratory inflammation and lung function changes. Eur J Appl Physiol 1996;73:17–27.
53- Folinsbee LJ. Air pollution: acute and chronic effects.2nd edition. London: The Royal Society of Medicine; 2001. p. 45.
54- McKenzie DD, Stirling SF, Allen M. The effects of salbutamol on pulmonary function in cyclists exposed to ozone:a pilot study. Canad J Sport Sci 1987;12:46–8.
55- Pierson WE, Covert DS, Koenig JQ. Implications of air pollution effects on athletic performance. Med Sci Sport Exerc 1986;18:322–7.
56- Wilber RL, Rundell KL, Szmedra L. Incidence of exercise-induced bronchospasm in Olympic winter sport athletes. Med Sci Sports Exerc 2000;32:732–7.
57- Linn WS, Venet TG, Shamoo DA. Respiratory effects of sulfar dioxide in heavily exercising asthmatics. Am Rev Respir Dis 1983;127:278–83.
58- Folinsbee LJ, Raven PB. Exercise and air pollution. J Sports Sci 1984;2:57–60.
59- Stamford B. Exercise and air Pollution. Phys Sportsmed 1990;18:156.
60- Lee K, Yanagisawa Y, Spengler JD. Carbon monoxide and nitrogen dioxide exposures in indoor ice skating rinks. J Sports Sci 1994;12:285.
61- Bricic I. General population exposure to volatile aromatic hydrocarbons. Arh High Rada Toksikol 2004;55:291.
62- Blair C,Walls J, Davies NW, Jacobson GA.Volatile organic compounds in runners near a roadway: increased blood levels after short-duration exercise. Br J Sports Med 2010;44(10):731.
63- Holzer K.Respiratory symptoms during exercise. In:Brukner P editor. Brukner and Khan clinical sports medicine.4th ed. McGraw-Hill;2012.P.1049.
64- Frust A. Can nutrition affect chemical toxicity? Int J Toxicol 2002;21:419.

[Downloaded from jmciri.ir on 2025-12-18]

آزمون

۱- برای ورزشکاری که به طور مکرر در حین ورزش در هوای آزاد دچارحملات آسم می‌شود توصیه به مصرف کدام یک از داروهای ذیل قبل از شروع ورزش می‌کنید؟

الف) سالبوتامول
ب) کرومولین سدیم
ج) ویتامین E
د) ویتامین C

۲- کدام یک از آلاینده‌های هوای ذیل ثانویه محسوب نمی‌شوند؟

الف) ازن
ب) پراکسی استیل نیترات
ج) اسید سولفوریک
د) اکسیدهای نیتروژن

۳- کدام یک از آلاینده‌های هوای ذیل تقریباً به طور کامل در گذر از مخاط بینی حذف شده و نمی‌تواند به دستگاه تنفسی تحتانی راه یابد؟

الف) ذرات معلق کمتراز ۲/۵ میکرون
ب) دی اکسید گوگرد
ج) ازن
د) اکسیدهای نیتروژن

۴- کدام گروه از ورزشکاران ذیل نسبت به اثرات آلاینده‌های هوا حساس‌ترند؟

الف) ورزشکاران استقامتی
ب) ورزشکاران قدرتی
ج) ورزشکاران نیمه استقامتی
د) ورزشکاران رشته‌های تیمی

۵-تأثیرکدامیک از آلاینده‌های هوای ذیل بر کاهش کارایی ورزشکاران سالم اثبات شده است (با غلظت‌های معمول در شهرهای آلوده)؟

الف) دی اکسید گوگرد
ب) دی اکسید نیتروژن
ج) مونوکسیدکربن
د) ذرات معلق

۶- آلاینده ازن تحت تأثیر چه شرایط آب و هوایی تشکیل می‌شود؟

الف) دما و رطوبت بالا
ب) دما و رطوبت پایین
ج) دمای بالا و رطوبت پایین
د) دمای پایین و رطوبت بالا

۷- ساعات اوج غلظت آلاینده ازن در شهر تهران معمولاً در چه زمانی است؟

الف) پایان شب زمستان
ب) اوایل صبح تابستان
ج) ساعات ابتدایی بعد از ظهر تابستان
د) اواسط صبح تابستان و پاییز

۸- در کدام یک از مقادیر شاخص کیفیت هوا برای آلاینده ذرات معلق توصیه به محدودیت انجام ورزش وجود ندارد؟

الف) ۶۵
ب) ۶۰
ج) ۵۵
د) ۴۵

[Downloaded from jmciri.ir on 2025-12-18]

۹- مواجه با کدام یک ازآلاینده‌های ذیل علایم مشابه آسم در ورزشکار حساس ایجاد می‌کند؟

الف) ازن
ب) دی اکسید گوگرد
ج) ذرات معلق
د) الف و ب

۱۰- آیا می‌توان برای آلاینده ذرات معلق غلظتی در نظر گرفت که در زیر آن غلظت، انجام ورزش بدون خطر باشد؟

الف) بله در شاخص کیفیت هوای زیر ۱۰۰
ب) بله در شاخص کیفیت هوای زیر ۵۰
ج) بله در شاخص کیفیت هوای زیر ۳۰
د) خیر، حتی غلظت‌های پایین نیز می‌تواند برای سلامتی مضر باشد.

[Downloaded from jmciri.ir on 2025-12-18]