پژوهنده (مجله پژوهشی دانشگاه علوم پزشکی شهید بهشتی)
سال هفدهم، شماره ۵، پی در پی ۸۹، صفحات ۲۳۴ تا ۲۴۰
آذر و دی ۱۳۹۱

تاریخ دریافت مقاله: ۱۳۹۱/۵/۴
تاریخ پذیرش مقاله: ۱۳۹۱/۱۱/۱۷

بررسی روند تغییرات ساعتی آلاینده‌های هوای تهران در سالهای ۲۰۰۴ تا ۲۰۰۸ و توصیه‌های لازم جهت انجام تمرینات ورزشی برای ورزشکاران و بیماران

دکتر شهرام محقق[1]، دکتر رامین کردی[2]، دکتر مسعود یونسیان[3]، دکتر مریم حاجیان[4]، مهندس بهرام محقق[5]*

۱. استادیار، متخصص پزشکی ورزشی، بیمارستان لقمان، دانشگاه علوم پزشکی شهید بهشتی
۲. دانشیار، مرکز تحقیقات پزشکی ورزشی، دانشگاه علوم پزشکی تهران
۳. استاد، متخصص اپیدمیولوژی، مرکز تحقیقات آلودگی هوا، دانشگاه علوم پزشکی تهران
۴. دستیار تخصصی پزشکی اجتماعی، دانشگاه علوم پزشکی شهید بهشتی
۵. کارشناس ارشد ژئوفیزیک، پایگاه ملی داده‌های زمین، سازمان زمین‌شناسی

چکیده

سابقه و هدف: با توجه به تأثیر آلاینده‌های هوا بر سلامتی ورزشکاران و بیماران و کاستی‌های تحقیقات پیشین، این تحقیق به منظور تعیین الگوی تغییرات ساعتی آلاینده‌های اصلی هوای شهر تهران در مقطع زمانی سالهای ۲۰۰۴ تا ۲۰۰۸ میلادی و همچنین ارایه توصیه‌های لازم به ورزشکاران و بیماران جهت انجام تمرینات ورزشی انجام گردید.

مواد و روشها: در این تحقیق به روش مقطعی و با استفاده از اطلاعات ایستگاههای پایش کیفیت هوای سازمان حفاظت محیط زیست، به بررسی میانگین ساعتی غلظت آلاینده‌های هوا در ماهها و فصول مختلف سالهای ۲۰۰۴ تا ۲۰۰۸ پرداخته شد و سپس غلظت به دست آمده به شاخص کیفیت هوا تبدیل گردید. پس از آن بر اساس میانگین‌گیری از داده‌های ایستگاهها، تغییرات ساعتی شاخص فوق برای هر یک از آلاینده‌ها در شهر تهران نشان داده شد. برای یافتن پاکترین و آلوده‌ترین ساعات در محلهای ورزش، نقشه آلودگی هوای شهر تهران بر اساس غلظت ساعتی آلاینده‌ها در محل ایستگاهها و با کمک نرم‌افزار ARC GIS ساخته شد. توصیه‌های انجام ورزش در غلظتهای مختلف آلاینده‌ها بر اساس آخرین دیدگاه کالج آمریکایی پزشکی ورزشی صورت گرفت.

یافته‌ها: آلاینده‌های ذرات معلق، مونوکسیدکربن و ازن به ترتیب آلاینده‌های غالب شهر تهران بودند. روند تغییرات ساعتی ذرات معلق اندک و در تمام ساعات شبانه‌روز بالاتر از حد مطلوب بود. پاکترین ساعتها در مجموع ساعات ابتدایی صبح (قبل از ۷ صبح) و سپس ۱۷ الی ۱۸ بود.

نتیجه‌گیری: در مجموع ساعات ابتدایی صبح بهترین زمان برای انجام ورزش در تهران محسوب می‌شود. با توجه به وجود آلودگی در تمام ساعات شبانه‌روز، لازم است اقدامات لازم برای کاهش غلظت آلاینده‌های هوا در شهر تهران انجام شود.

واژگان کلیدی: آلودگی هوا، آلاینده‌های هوا، ورزش، شاخص کیفیت هوا (AQI)، ARC GIS، تهران

لطفاً به این مقاله به صورت زیر استناد نمایید:
Mohaghegh Sh, Kordi R, Younesian M, Hajian M, Mohaghegh B. Investigating the trend of hourly changes of air pollutants in Tehran during 2004 to 2008 and exercise recommendations for athletes and patients. Pejouhandeh 2012;17(5):234-40.

مقدمه

آلودگی هوا در حال حاضر به مشکل روز بسیاری از کلان‌شهرها از جمله تهران بدل شده است. آلودگی هوا نه تنها موجب به خطر افتادن سلامتی و افزایش مرگ و میر بیماران می‌شود، بلکه 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 مواجهه با آلاینده‌های هوا در حین ورزش بر کارکرد ریوی و کارآیی ورزشکاران تأثیر منفی دارد (۳-۱). 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

*نویسنده مسؤول مکاتبات: ، دکتر شهرام محقق؛ تهران، خ کارگر جنوبی، خ کمالی، بیمارستان لقمان؛ پست الکترونیک: sh.mohaghegh@sbmu.ac.ir

کلان‌شهرهای دنیا به حساب می‌آید و غلظت آلاینده‌های هوای آن در برخی ساعات از مرز استانداردهای غلظت آلاینده‌ها فراتر می‌رود (۴). چنین وضعیتی برای شهر تهران نیز مکرراً گزارش شده است (۵). از آنجایی‌که در ورزش قهرمانی کاهش اندکی از کارآیی ورزشکار بر میزان موفقیت وی در کسب مدال تأثیر قابل ملاحظه‌ای دارد، از اثرات آلودگی هوا بر کارآیی ورزشکاران در سطوح بالای ورزش نباید غفلت کرد (۶). 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. این مهم با توجه به اثرات چشمگیر آلاینده‌های هوا بر سلامتی انسان و افزایش عوارض بیماری و مرگ و میر بیماران در مواجهه با آلاینده‌های هوا (۷ و ۸)، سبب توجه بیش از پیش پژوهشگران به تعیین ساعت مناسب ورزش جهت بیماران و گروههای پرخطر (سالمندان و کودکان) در شهرهای بزرگ و آلوده شده است.

با توجه به اینکه بسیاری از آلاینده‌ها (نظیر O3 و PM2.5) فاقد غلظت آستانه‌ای هستند که در زیر آن بدون تأثیر سوء بر سلامتی باشند (۹)، دانستن روند غلظتی آلاینده‌ها و الگوهای روزانه و فصلی آنها در ساعات مختلف شبانه‌روز کمک شایانی به برنامه‌ریزی جهت انجام ورزش و فعالیت بدنی در افراد سالم و بیمار در شهرهای آلوده خواهد کرد (۱۳-۱۰).

اولین گزارش موجود درباره روند تغییرات ساعتی آلاینده‌های هوای شهر تهران مربوط به گزارشهای آژانس همکاری بین‌المللی ژاپن (Japan International Cooperation Agency) موسوم به گزارشهای جایکا است. در این گزارش روند تغییرات ساعتی آلاینده‌های هوای شهر تهران در دو ایستگاه فاطمی و بازار (وابسته به شرکت کنترل کیفیت هوای شهرداری تهران) در فاصله زمانی اکتبر ۱۹۹۵ تا سپتامبر ۱۹۹۶ (یک سال) تعیین شده بود (۱۴). پس از آن شرکت کنترل کیفیت هوا (وابسته به شهرداری تهران) طی گزارشی متوسط غلظت ساعتی آلاینده‌های هوای شهر تهران در ایستگاههای سنجش آلودگی هوا در سال ۱۳۹۰ را اعلام کرد که بر اساس داده‌های ۱۹ ایستگاه تازه تأسیس پایش کیفیت هوای این شرکت استوار بود (۱۵).

با توجه به موارد ذکر شده و کاستی‌های تحقیقات پیشین (محدودیت ایستگاهها و زمان بررسی) و خصوصاً عدم وجود توصیه‌های لازم به بیماران جهت انجام تمرینات ورزشی درساعات مختلف در شهر تهران، این تحقیق با اهداف اصلی ذیل انجام شد: ۱- تعیین الگوی تغییرات ساعتی آلاینده‌ها در شهر تهران در مقطع زمانی سالهای ۲۰۰۴ تا ۲۰۰۸ میلادی؛ ۲- ارائه راهنما برای بیماران قلبی، ریوی، کودکان و سالمندان جهت انجام ورزش در نقاط مختلف شهر تهران.

مواد و روشها

این تحقیق به صورت مقطعی انجام شد. ابتدا اطلاعات غلظت ساعتی آلاینده‌ها در ایستگاههای سنجش آلاینده‌های هوای شهر تهران که در اختیار سازمان حفاظت از محیط زیست است اخذ شد؛ این ایستگاهها شامل: پارک سرخه حصار، پارک پردیسان، میدان آزادی، میدان بهمن، میدان تجریش، قلهک و ویلا بود. سپس داده‌های غلط (اعداد منفی و صفر) و داده‌هایی که احتمالاً ناشی از پدیده‌های موضعی (نظیر آتش‌سوزی) در محل ایستگاه بودند (اعدادی که سنخیتی با ساعات قبل و بعد از خود ندارند بر اساس اختلاف بیش از ۵ برابر اعداد غلظت با یکدیگر) حذف شد. پس از آن میانگین ساعتی غلظت آلاینده‌های هوا در فصول مختلف سالهای ۲۰۰۴ تا ۲۰۰۸ در این ایستگاهها با استفاده از نرم‌افزار Excel محاسبه و غلظت به دست آمده بر اساس غلظتهای استاندارد ذیل به شاخص کیفیت هوا (Air Quality index) تبدیل شد. سپس غلظت ساعتی آلاینده‌ها بر حسب AQI به تفکیک ایستگاهها محاسبه شد. داده‌های ایستگاههای تحت کنترل شرکت کنترل کیفیت هوا (وابسته به شهرداری تهران) در مطالعه وارد نشدند. کلیه ایستگاههای پایش وابسته به این شرکت در زمان انجام مطالعه (۲۰۰۹ میلادی) بجز دو ایستگاه (ایستگاههای فاطمی و بازار) طی یک سال از زمان شروع مطالعه راه‌اندازی شده بودند و داده‌های آنها برای این تحقیق که نیازمند ارزیابی چندین ساله داده‌های ایستگاهها بود، ناکافی بود. ایستگاههای فاطمی و بازار نیز در سالهای مورد مطالعه (۲۰۰۴ تا ۲۰۰۸) برای بسیاری از آلاینده‌های تحت مطالعه فاقد داده بودند که احتمالاً ناشی از خرابی یا غیر فعال بودن آنها در این ایام بوده است. ایستگاههای سازمان حفاظت محیط زیست پیش از سال ۲۰۰۴ فاقد داده بودند.

شاخص کیفیت هوا (AQI) 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 (۱۶). در این تحقیق از فرمول زیر برای محاسبه AQI استفاده شد (۱۷):

AQI هر آلاینده = (غلظت استاندارد آلاینده/غلظت محاسبه شده آلاینده) × ۱۰۰

در این تحقیق به علت نبود استانداردهای ساعتی برای اکثر آلاینده‌ها در کشور ایران و EPA (سازمان محیط زیست آمریکا)، از استانداردهای ایالت کالیفرنیا برای غلظت استاندارد ساعتی آلاینده‌های ازن (۰/۰۹ ppm)، دی اکسید نیتروژن (۰/۲۵ ppm)، مونوکسید کربن (۲۰ ppm) و دی اکسید گوگرد (۰/۲۵ ppm) استفاده شد (۱۸).در مورد ذرات معلق کمتر از ۱۰ میکرون (PM10) به دلیل عدم وجود استاندارد ساعتی و وجود استاندارد ۲۴ ساعته، بر اساس روابط مابین غلظتهای ساعتی و چند ساعته آلاینده‌ها، ابتدا میانگین غلظت ساعتی به دست آمده در عدد ثابت ۰/۴ ضرب شد تا معادل ۲۴ ساعته تقریبی آن به دست آید (۱۹) و سپس عدد حاصله با استاندارد ۲۴ ساعته ایالت کالیفرنیا معادل ۵۰ microgram/m3 مقایسه و عدد AQI محاسبه گردید.

در این تحقیق کیفیت هوا در هر ساعت بر اساس آلاینده‌ای که حداکثر شاخص کیفیت هوا را داشته باشد بیان شده است. EPA (سازمان محیط زیست آمریکا)، شاخص AQI را برای ۵ دسته از آلاینده‌ها شامل ازن در سطح زمین، ذرات معلق، مونوکسید کربن، دی اکسید گوگرد و دی اکسید نیتروژن به کار می‌گیرد.

پس از تعیین میانگین غلظت ساعتی در هر ایستگاه، میانگین ساعتی غلظت آلاینده‌ها برای کل شهر تهران بر اساس میانگین غلظت ساعتی ایستگاهها به دست آمد. میانگین شبانه‌روزی غلظت آلاینده‌ها در دو فصل تابستان و زمستان (به عنوان نماینده فصول گرم و سرد سال) با paired T test مورد مقایسه قرار گرفت.

برای یافتن پاکترین و آلوده‌ترین ساعات در محلهای ورزش (بوستانها و ورزشگاهها)، نقشه‌های تغییرات ساعتی آلودگی هوا به تفکیک فصول سال در محلهای ورزش مورد نظر بر اساس غلظت ساعتی آلاینده‌ها در محل ایستگاهها و با کمک نرم‌افزار ARC GIS و به روش وزن‌دهی بر اساس عکس فاصله (Inverse Distanse Weighted) ساخته شد. به این منظور در ابتدا به ازای هر میانگین ۵ ساله هر یک از ۵ آلاینده در هر ساعت شبانه‌روز و در ۴ فصل سال، یک نقشه تهیه شد (مجموعا ۴۸۰ نقشه). سپس در مرحله بعد بر اساس این نقشه‌ها و نرم‌افزار ncBrowse، نمودارهای تغییرات ساعتی شاخص کیفیت هوا برای آلاینده‌ها در هر مکان ورزشی ترسیم گردید (مجموعاً ۲۰ نمودار در هر مکان ورزشی؛ ۴ نمودار (یکی به ازای هر فصل) برای ۵ آلاینده مورد بررسی).

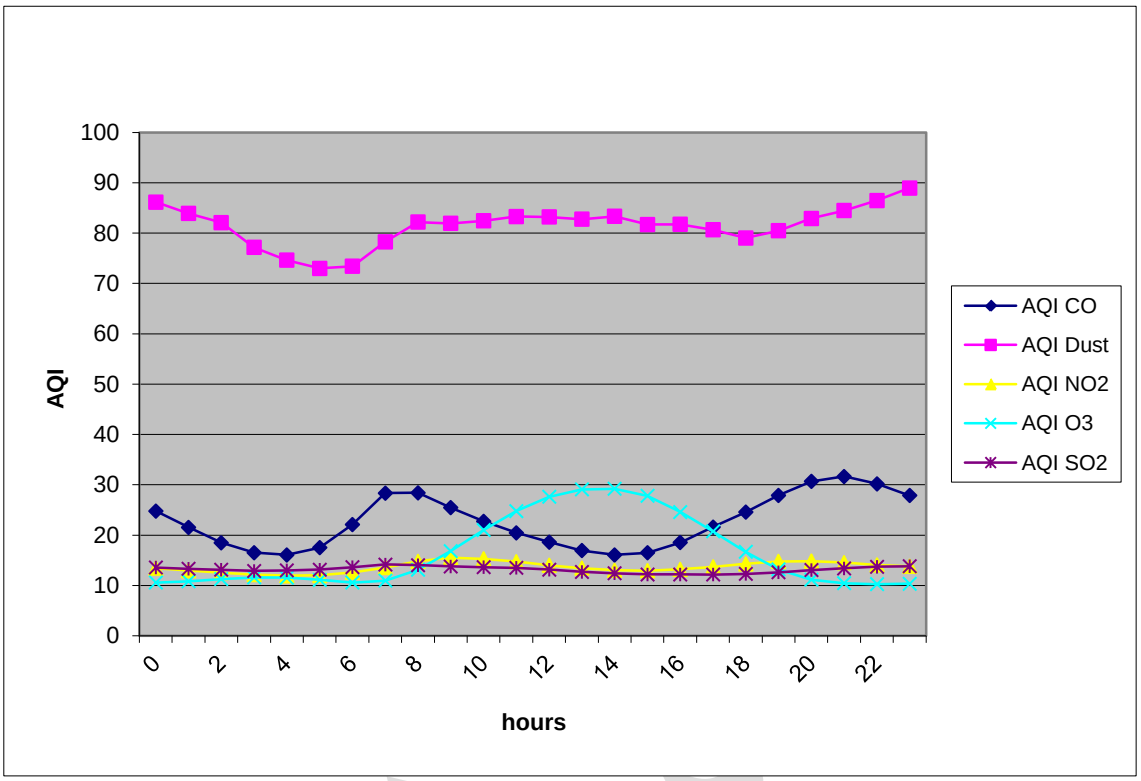
توصیه‌های انجام ورزش در غلظتهای مختلف آلاینده‌ها بر اساس آخرین دیدگاه کالج آمریکایی پزشکی ورزشی (۲۰۱۰ میلادی) صورت گرفت که در قسمت بحث مقاله لحاظ گردیده است.

یافته‌ها

بررسی میانگین کلی غلظت آلاینده‌های هوا در شهر تهران نشانگر آن است که آلاینده‌های ذرات معلق، مونوکسیدکربن و ازن به‌ترتیب آلاینده‌های غالب شهر تهران هستند (نمودار ۱). پاکترین ساعتها در مجموع ساعات ابتدایی صبح (قبل از ۷ صبح) و سپس ۱۷ الی ۱۸ بوده است. ساعات اوج آلودگی برای آلاینده‌های ذرات معلق ۲۰ الی ۲۳، مونوکسیدکربن ۸ و ۲۱ و ازن ۱۳ الی ۱۵ بوده است. همانگونه که در نمودار ۱ مشاهده می‌شود روند تغییرات ساعتی آلاینده ذرات معلق کمتر از سایر آلاینده‌ها است. آلاینده‌های SO2، CO و NO2 دارای الگوی تغییرات ساعتی مشابهی هستند. این سه آلاینده در ساعات ابتدایی صبح (۷ تا ۹ صبح) و اواسط شب (۲۰ الی ۲۳) در اوج خود می‌باشند.

همچنین مقایسه میانگین غلظت شبانه‌روزی آلاینده‌ها در فصل زمستان و فصل تابستان نشان داد که غلظت آلاینده‌های CO و NO2 در فصل زمستان، و آلاینده‌های ازن، ذرات معلق وSO2 در فصل تابستان بالاتر بود. هنگامی که میانگینهای فوق بر اساس تست Pair T test با یکدیگر مقایسه شدند، تفاوت بین میانگینها معنی‌دار بود (P< ۰/۰۵) (جدول ۱).

جدول ۲ نشانگر پاکترین ساعات در برخی مکانهای ورزش در شهر تهران است که بر اساس نقشه‌های آلودگی هوا و نمودارهای روند تغییرات شاخص کیفیت هوا در هر مکان به دست آمده است. در دو محل انجام ورزش (بوستان پردیسان و بوستان سرخه حصار) به دلیل وجود ایستگاههای پایش کیفیت هوا در آن نقاط، ساعات پیشنهاد شده مستقیماً از اطلاعات ایستگاهها به دست آمده است. به دلیل تعداد زیاد نقشه‌های آلودگی هوا و همچنین تعداد نمودارها در هر مکان ورزشی و محدودیت فضا، از ارایه نقشه‌ها و نمودارها در این مقاله خودداری شده است و نتایج در قالب جدول ۲ خلاصه شده است.



نمودار ۱. روند تغییرات ساعتی شاخص کیفیت هوا (AQI) آلاینده‌ها در شهر تهران (۲۰۰۴ تا ۲۰۰۸)

جدول ۱. میانگین ساعتی تابستانه و زمستانه آلاینده‌های هوای شهر تهران(۲۰۰۴تا ۲۰۰۸)

آلاینده	واحد	میانگین ساعتی تابستان (انحراف معیار)	میانگین ساعتی زمستان (انحراف معیار)	P value
SO2	ppb	۳۴/۵ (۲/۶)	۳۲/۳ (۲/۱)	۰/۰۱
O3	ppb	۱۶/۹ (۸/۹)	۱۱/۹ (۴/۳)	۰/۰۰۱
NO2	ppb	۲۹/۷ (۳/۸)	۴۰/۲ (۲/۶)	۰/۰۰۱
CO	ppm	۴/۳ (۱/۴)	۴/۷ (۰/۸)	۰/۰۴۲
PM10	microg/m3	۱۰۹/۴ (۹/۶)	۱۰۱/۴ (۱۰/۳)	۰/۰۲۴

جدول ۲. ساعات با حداقل غلظت آلودگی هوا در برخی مناطق انجام ورزش در شهر تهران (۲۰۰۴ تا ۲۰۰۸)

مکان ورزشی	پاکترین ساعات صبح	پاکترین ساعات بعد از ظهر
دانشکده تربیت بدنی دانشگاه تهران	۵-۷	۱۹-۲۰
مجموعه ورزشی شهید شیرودی	۵-۷	۱۷-۱۹
بوستان ملت	۵-۷	۱۹-۲۲
بوستان لاله	۶-۷	۱۷-۱۹
بوستان سرخه حصار	۵-۷	۱۷-۱۹
بوستان پردیسان	۴-۶	۱۷-۱۹

بحث

نتایج این تحقیق تقریباً مشابه نتایج گزارشات جایکا در سال ۱۹۹۷ و شرکت کنترل کیفیت هوا در سال ۱۳۹۰ بود ولی آلاینده ذرات معلق در این تحقیق دارای نوسانات غلظتی کمتری نسبت به گزارشات پیشین بود که احتمالاً ناشی از اختلاف بازه زمانی این تحقیق و تحقیقات گذشته (پنج سال در برابر یک سال) بوده است.

روند تغییرات ساعتی غلظت برخی آلاینده‌ها در شهر تهران تا حدود زیادی مشابه شهرهای تورنتو و لوس‌آنجلس است. تغییرات ساعتی غلظت آلاینده ذرات معلق در شهر تورنتو تقریباً مشابه شهر تهران است (۱)؛ در هر دو شهر تغییرات ساعتی این آلاینده اندک بوده و ساعات اوج غلظت کمتر نمایان هستند. همچنین تغییرات ساعتی غلظت آلاینده ازن همانگونه که انتظار می‌رفت در هر سه شهر مشابه بوده و این آلاینده در ساعات گرم بعداز ظهر در حداکثر خود بود. روند تغییرات ساعتی غلظت آلاینده‌های CO و NO2 در تهران مشابه تورنتو بوده و منطبق با ساعات اوج ترافیک صبحگاهی و

احتمالاً شامگاهی است. چنین روندی برای آلاینده CO در شهر لوس‌آنجلس نیز مشاهده شد (۱۱). در تهران برخلاف تورنتو روند تغییرات آلاینده SO2 شباهت زیادی با آلاینده‌های CO و NO2 دارد و به نظر می‌رسد با توجه به شباهت روند تغییرات ساعتی این سه آلاینده در تهران، نقش منابع متحرک آلاینده هوا (خودروهای سبک و سنگین) در ایجاد و انتشار این آلاینده‌ها بیش از منابع ثابت حائز اهمیت باشد.

وجود شباهت زیاد بین روند تغییرات ساعتی غلظت آلاینده‌ها در شهر تهران با شهرهای تورنتو و لوس‌آنجلس که دارای استانداردهای بالای زیست محیطی هستند، می‌تواند دلیلی بر اعتبار داده‌های مورد استفاده در این تحقیق باشد. همچنین انطباق روند تغییرات ساعتی آلاینده ازن با شرایط جوی ایجادکننده حداکثر غلظت این آلاینده (بالاتر بودن غلظت در ساعات گرم تابستان و بالاتر بودن معنی‌دار آن نسبت به غلظت زمستانه آلاینده) و انطباق روند تغییرات ساعتی آلاینده‌های CO و NO2 با ساعات اوج ترافیک صبحگاهی و شامگاهی، دلیل دیگری بر اعتبار داده‌های مورد استفاده در این تحقیق است. مضافاً اینکه تحقیق اخیر در مقایسه با تحقیقات گذشته در شهر تهران در سطح وسیعتری انجام شده (با استفاده از داده‌های ۷ ایستگاه در ۵ سال) که احتمال تأثیرگذاری خطاهای موردی گزارش شده را به حداقل می‌رساند. همانگونه که گفته شد نتایج گزارش کیفیت هوای سال ۱۳۹۰ شهر تهران نیز تا حدود زیادی با روند تغییرات آلاینده‌ها در این تحقیق منطبق است. با توجه به موارد ذکر شده می‌توان با اطمینان بالایی به صحت داده‌های مورد استفاده در این تحقیق استناد کرد. با توجه به اینکه داده‌های ایستگاهها مبنای تهیه گزارشات روزانه، ماهیانه و سالیانه و اخذ تصمیمات مقامات مسؤول بوده است، نباید در ارزیابی‌های چندین ساله، تعیین روندها و الگوهای غلظتی مورد بی‌توجهی قرار گیرند.

از آنجایی‌که غلظت برخی آلاینده‌های هوا نظیر CO و NO2 با تراکم ترافیک و تردد خودروها ارتباط نزدیکی دارد (۲۰)، به عنوان یک راهکار آسان می‌توان به عموم مردم توصیه کرد که فعالیتهای ورزشی روزمره خود را در ساعات کم ترافیک شبانه‌روز و در محیطهای دور از بزرگراهها و مناطق تراکم خودروها انجام دهند. معمولاً ورزش در پارکهای بزرگ و ساعات اولیه صبح را می‌توان به این منظور پیشنهاد داد. این توصیه با نتایج این تحقیق که ساعات ابتدایی صبح را از پاکترین ساعات شبانه‌روز می‌داند، همخوانی دارد. همچنین بر اساس نتایج این تحقیق به طور کلی بهتر است زمان انجام تمرینات و مسابقات ورزشی در مناطق مرکزی شهر تهران (در فضای باز) ساعات ۱۷ الی ۱۸ باشد، گرچه توجه به سایر متغیرها به خصوص وضعیت آلودگی هوا در روز مسابقه یا تمرین، متغیرهای آب و هوایی، آلودگیهای موضعی در محل ورزش و هشدارهای زیست محیطی جهت برنامه‌ریزی صحیح زمان مسابقه حائز اهمیت است. در برخی شرایط نظیر آنچه که در پدیده وارونگی رخ می‌دهد، با وجود تغییرات غلظتی آلاینده‌ها در ساعات مختلف شبانه‌روز، آلودگی در تمام ساعات شبانه‌روز (از جمله ساعات دارای حداقل آلودگی) فراتر از حد مجاز برای انجام ورزش با شدت بالا است.

یکی از محدودیتهای این تحقیق آن بود که بر اساس داده‌های ۷ ایستگاه واقع در مناطق مختلف شهر تهران انجام شد که ناشی از نبود اطلاعات کافی در سایر ایستگاهها در زمان انجام مطالعه (سال ۲۰۰۹) بوده است؛ لذا میانگین ساعتی ارائه شده برای شهر تهران و محلهای انجام ورزش بر اساس نقشه آلودگی هوا تقریبی بوده و بیشتر گویای روند تغییرات ساعتی آلاینده‌ها در مناطقی از شهر تهران است که در مجاورت ایستگاهها واقعند؛ لذا نمی‌توان این یافته‌ها را برای تمام شهر تهران به خصوص برای مناطقی که به دور از ایستگاههای پایش هوا هستند، تعمیم داد. این امر گویای آن است که مسؤولین مربوطه باید به موازات گسترش شهر و ایجاد شهرکهای اقماری در حاشیه آن، به ایجاد ایستگاههای پایش کیفیت هوا در مناطق فاقد ایستگاه توجه ویژه مبذول دارند. همچنین پیشنهاد می‌شود با توجه به احتمال تغییر الگوهای آلودگی هوای شهر تهران ناشی از عواملی چون گسترش شهر و تغییر منابع آلاینده هوا نظیر ظهور ریزگردها و ... این مطالعه با در نظر گرفتن اطلاعات ایستگاههای جدید و در فواصل زمانی مشخص تکرار شود تا اطلاعات دقیقتری از روند تغییرات ساعتی آلاینده‌های هوا در شهر تهران حاصل شود. پیشنهاد می‌شود که با هماهنگی مسؤولین مربوطه یک سیستم Real time (بر خط) با توجه به کلیه متغیرهای مؤثر در آلودگی هوا و داده‌های غلظتی آلاینده‌ها طراحی و اجرا شود که هر فرد بتواند از کیفیت هوا در همان ساعت شروع ورزش آگاهی یابد.

می‌توان بر اساس شاخص کیفیت هوا، توصیه‌های بهداشتی لازم جهت انجام ورزش در غلظتهای مختلف آلاینده‌ها را بر اساس نظر کالج آمریکایی پزشکی ورزشی ارائه داد (جدول ۳). به عنوان یک توصیه کلی می‌توان گفت که شهروندان تهرانی بهتر است که ساعات حداکثر فعالیت بدنی خود را با ساعات حداقل غلظت آلاینده‌های هوا منطبق سازند. با توجه به اینکه بر اساس نتایج این تحقیق ذرات معلق، آلاینده غالب شهر تهران بوده و روند تغییرات ساعتی آن اندک است لذا بر اساس جدول مذکور توصیه می‌شود در تمام ساعات شبانه‌روز افراد با حساسیت بیش از حد از انجام ورزش سنگین و طولانی پرهیز کنند.

نتیجه‌گیری

در پایان با توجه به وجود آلودگی در تمام ساعات شبانه‌روز، نتایج این تحقیق زنگ خطری برای عموم مردم و مسؤولین است تا به معضل آلودگی هوا نه به دید پدیده‌ای مقطعی و گذرا بلکه معضلی فراگیر که گریبانگیر یکایک افراد جامعه است نگریسته و با اتخاذ تدابیر مؤثر روند آلودگی هوا را متوقف نمایند.

جدول ۳- توصیه‌های بهداشتی بر مبنای شاخص کیفیت هوا (۲۱)

مقادیر	کیفیت هوا	توصیه بهداشتی: O3	توصیه بهداشتی: PM	توصیه بهداشتی: CO	توصیه بهداشتی: SO2	توصیه بهداشتی: NO2
۵۰-۰	مطلوب	هیچ	هیچ	هیچ	هیچ	هیچ
۱۰۰-۵۱	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
۱۵۰-۱۰۱	ناسالم برای گروههای 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 (مانند آنژین) باید کمتر به فعالیت بدنی سنگین پرداخته و از منابع ایجاد کننده 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 (مانند آنژین) باید کمتر به فعالیت بدنی سنگین پرداخته و از منابع ایجاد کننده 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 (مانند آنژین) نباید فعالیت بدنی داشته باشند و از منابع ایجاد کننده 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	پر هیز 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 نباید از خانه خارج شوند.	بیماران دچار CVD (مانند آنژین) نباید فعالیت بدنی داشته باشند و از منابع ایجاد کننده CO (نظیر ترافیک سنگین) پرهیز کنند؛ بقیه افراد باید کمتر فعالیت بدنی سنگین داشته باشند.	بیماران دچار آسم، بیماری قلبی یا ریوی و کودکان باید در خانه بمانند. بقیه افراد نباید به انجام فعالیتهای بدنی در فضای باز مبادرت ورزند.	کودکان و افراد دارای بیماریهای تنفسی (نظیر آسم) باید کمتر فعالیت بدنی متوسط و سنگین در فضای باز انجام دهند.

REFERENCES

1. Campbell M, Li Q, Gingrich SE, Macfarlene R, Cheng S. Should people be physically active outdoors on smog alert days? Can J public health 2005;96(1):24-8.
2. Shephard RJ. Athletic performance and urban air pollution. Can Med Assoc J 1984;131(2):105-9.
3. Folinsbee LJ, Raven PB. Exercise and air pollution. J Sports Sci 1984;2(1):57-75.
4. Lippi G, Guidi GC, Maffulli N. Air pollution and sports performance in Beijing. Int J Sports Med 2008;29(8):696-8.
5. Air Quality control company. Monthly reports of Tehran air quality. [cited 2012 Sep 14]; Available from: http://air.tehran.ir/Default.aspx?tabid=160. (Text in Persian)
6. Pierson WE. Impact of air pollution on athletic performance. Allergy Proc 1989;10(3):209-14.
7. Giovannini M, Sala M, Riva E, Radaelli G. Hospital admissions for respiratory conditions in children and outdoor air pollution in Southwest Milan, Italy. Acta Paediatr 2010;99(8):1180-5.
8. Thomas D. Why do estimates of the acute and chronic effects of air pollution on mortality differ? J Toxicol Environ Health A 2005;68(13-14):1167-74.
9. 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(1):45-52.
10. Atkinson G. Air pollution and exercise. Sports Exer Inj 1997;3:2–8.
11. Adams KJ. Exercise Physiology. In: Ehrman JK, editor. ACSM's resource manual for Guidelines for exercise testing and prescription. 6th ed. Philadelphia: Lippincott Williams and WilkinS; 2010. p. 73-4.
12. Cedaro R. Environmental factors and exercise performance:A review. J Air Pollut Control Assoc 1992;8:161-6.
13. Carlisle A, Sharp N. Exercise and outdoor ambient air pollution.Br J Sports Med 2001;35(4):214-22.
14. Japan International Cooperation Agency (JICA). The study on an integrated master plan for air pollution control in the Greater Tehran Area in The Islamic Republic of Iran, Final Report. Tehran: DOE Publication; 1997.p. 467-89.
15. Air Quality control company. Air Quality report, 1390. [cited 2013 Jan 29]; Available from: http://air.tehran.ir/Default.aspx?tabid=77. (Text in Persian)
16. United States Enviromental Protection Agency (U.S. EPA). Air quality index, a guide to air quality and your health. [cited 2012 July 27]; Available from: http://airnow.gov/index.cfm?action=aqibasics.aqi.
17. Office of Environment and Heritage (OEH). About the AQI. [cited 2012 July 27]; Available from: http://www.environment.nsw.gov.au/aqms/dataindex.htm.
18. Feather River Air Quality Management District. State and national ambient air quality standards. 1997 Jul 18 [cited 2010 Apr 20]; Available from: http://www.fraqmd.org/aaqs.htm.
19. Wark K. Concentration relationships. In: Wark K, Warner CF, Davis WT, editors. Air Pollution: Its origin and control. 3rd ed. New Jersey: Prentice Hall; 1997. p. 169.
20. Lee K, Yanagisawa Y, Spengler JD, Nakai S. Carbon monoxide and nitrogen dioxide exposures in indoor ice skating rinks. J Sports Sci 1994;12(3):279–83.
21. Hastings J. Exercise prescription and medical considerations. In: Ehrman JK, editor. ACSM's resource manual for Guidelines for exercise testing and prescription. 6th ed. Philadelphia: Lippincott Williams and Wilkin; 2010. p. 556.