

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

راهنمای اقدامات فردی برای کاهش مواجهه با آلودگی هوا

دکتر معصومه رحمتی نیا

عضوهیئت علمی پژوهشی پژوهشکده علوم بهداشتی و محیط زیست

زمستان ۱۴۰۳

فهرست مطالب

۴.....	مقدمه
۵.....	اقدامات فردی برای کاهش مواجهه با آلودگی هوا
۵.....	کاهش زمان صرف شده در محیط‌های آلوده بیرونی
۸.....	فعالیت بدنی
۱۰.....	تصفیه‌کننده‌های هوا
۱۳.....	ماسک‌های تنفسی
۱۴.....	حمل و نقل، سبک رانندگی و تنظیمات وسیله نقلیه
۱۵.....	منابع

مقدمه

هوای پاک، به عبارت دیگر، هوای محیطی (بیرونی) که عاری از سطوح مضر آلودگی‌ها باشد، یک حق انسانی است. با این حال، آلودگی هوا به عنوان بزرگ‌ترین خطر زیست محیطی در سطح جهانی شناخته می‌شود و تأثیرات قابل توجهی بر سلامت افراد دارد. آلودگی هوا خطر ابتلا به بیماری و مرگ و میر را افزایش می‌دهد. همچنین، آلودگی هوا بار بیماری‌های قلبی-عروقی و عفونت‌های تنفسی را افزایش داده و می‌تواند منجر به زایمان زودرس و دیگر علل مرگ در نوزادان و کودکان شود. آلودگی هوا تأثیرات اقتصادی چشمگیری نیز دارد که شامل کاهش امید به زندگی، افزایش هزینه‌های پزشکی و کاهش بهره‌وری به دلیل از دست رفتن روزهای کاری در بخش‌های مختلف اقتصادی است. اکثر شهروندان جهان آلودگی هوا را یک مشکل جدی بهداشتی می‌دانند. طبق گزارش سازمان جهانی بهداشت، در سال ۲۰۱۹، ۹۹ درصد از جمعیت جهان در مناطقی زندگی می‌کردند که استانداردهای کیفیت هوای این سازمان رعایت نمی‌شد.

آلودگی هوا همچنین منجر به مرگ زودرس میلیون‌ها نفر در سطح جهانی می‌شود که حدود ۸۹ درصد از این مرگ‌ها در کشورهای با درآمد پایین و متوسط رخ داده است. تولید و مصرف انرژی در بخش‌های مسکونی، تجاری و نهادی منابع اصلی ذرات معلق (PM)، یعنی $PM_{2.5}$ و PM_{10} هستند.

حمل و نقل جاده‌ای و صنایع تولیدی نیز منابع مهمی برای هر دو نوع آلاینده محسوب می‌شوند. انتشار انسانی آلاینده‌های هوا عوامل کلیدی در غلظت‌های محیطی PM ، NO_2 و O_3 هستند. پیشگیری اولیه از آلودگی هوا نیازمند توجه سیاسی به کاهش انتشار آلودگی از منابع مختلف است.

در سطح فردی، اقداماتی وجود دارد که می‌تواند به کاهش مواجهه افراد با آلودگی هوا، به ویژه در زمان‌های پیک آلودگی کمک کند. همچنین، آموزش عمومی در مورد آلودگی هوا به عنوان یک عامل خطر برای سلامت و ارائه اطلاعات مربوط به کیفیت هوا نیز ضروری است.

اقدامات فردی برای کاهش مواجهه با آلودگی هوا

کاهش زمان سپری شده در محیط‌های آلوده بیرونی

اجتناب از محیط‌های بیرونی در زمان‌های پیک آلودگی هوا، یک اقدام موثر برای کاهش مواجهه با آلودگی هوای بیرون از طریق ماندن در داخل ساختمان محسوب می‌شود. تأثیر این اقدام به میزان زمانی که در داخل ساختمان سپری می‌شود، سطح آلودگی هوای بیرون، میزان آلودگی هوایی که قادر به نفوذ به داخل ساختمان است و منابع داخلی آلودگی هوا (مانند کپک، گرد و غبار، و انتشار ناشی از گرمایش یا پخت و پز) بستگی دارد.

اثربخشی در کاهش مواجهه با آلودگی هوا

یک توصیه متداول در زمینه بهداشت عمومی این است که هنگام افزایش سطوح آلودگی هوا، از حضور در محیط‌های آلوده خارج از منزل پرهیز شود. شواهد نشان می‌دهد که در دوره‌های آلودگی شدید هوا، غلظت ذرات آلرژی‌زا، PM و سایر آلاینده‌ها در داخل ساختمان کمتر از فضای بیرونی است. با این حال، کارایی نفوذ (یعنی نشت هوا) به طور قابل توجهی متفاوت است: غلظت آلاینده‌های داخلی می‌توانند از طریق تهویه مکانیکی بیش از ۶۰٪ کاهش یابند، در حالی که تنها از طریق تهویه طبیعی (مانند باز کردن پنجره‌ها) کمتر از ۲۰٪ کاهش می‌یابند. غلظت ازن (O_3) معمولاً در داخل خانه ۳۰ تا ۷۰٪ کمتر از بیرون است، که عمدتاً به دلیل حذف ازن از هوای داخلی از طریق واکنش‌های شیمیایی در هوا و بر روی سطوح است. تأثیر اجتناب از محیط‌های بیرونی بر کاهش مواجهه با آلودگی هوا به عواملی مانند نفوذ آلودگی هوا از بیرون به داخل، نوع تهویه، فصل و نوع ساختمان بستگی دارد. بستن پنجره‌ها و استفاده از سیستم‌های تهویه مطبوع می‌تواند نفوذ $PM_{2.5}$ از فضای بیرونی به داخل را کاهش دهد.

همچنین، کاهش مصرف انرژی خانگی و استفاده از سوخت‌های پاک‌تر و وسایل خانگی کارآمدتر و کم‌الاینده می‌تواند به بهبود کیفیت هوای داخلی کمک کند.

موانع و عوامل تسهیل‌کننده در فرآیند اجرا

اجتناب از محیط‌های خارجی برای کاهش مواجهه با آلودگی هوا ممکن است در غیاب تدابیر اضافی برای کاهش نفوذ آلودگی هوا از بیرون کافی نباشد. منابع داخلی آلودگی، مانند پخت و پز، گرمایش، تمیز کردن و استعمال دخانیات نیز باید مد نظر قرار گیرند و در صورت امکان کاهش یابند تا کیفیت هوای داخلی بهبود یابد. برای کاهش مؤثر مواجهه با آلودگی هوا، اجتناب از محیط‌های خارجی باید با بستن پنجره‌ها، افزایش تهویه داخلی، کاهش انتشار آلودگی‌های داخلی و حفظ ساختارهای ساختمانی که نفوذ آلودگی هوا و نشت آن را به حداقل می‌رسانند، ترکیب شود. بر اساس معیارهای مطرح‌شده در این بخش، اجتناب از محیط‌های خارجی در زمان‌های پیک آلودگی هوا می‌تواند به عنوان یک اقدام شخصی قابل اجرا در نظر گرفته شود. اثربخشی این اقدام بسته به اجرای تدابیر بهبود کیفیت هوای داخلی (مانند تهویه و کاهش انتشار) و همچنین سطوح انتشار خارجی و عوامل اجتماعی متفاوت خواهد بود.

توصیه‌های عملی برای عموم مردم و گروه‌های آسیب‌پذیر

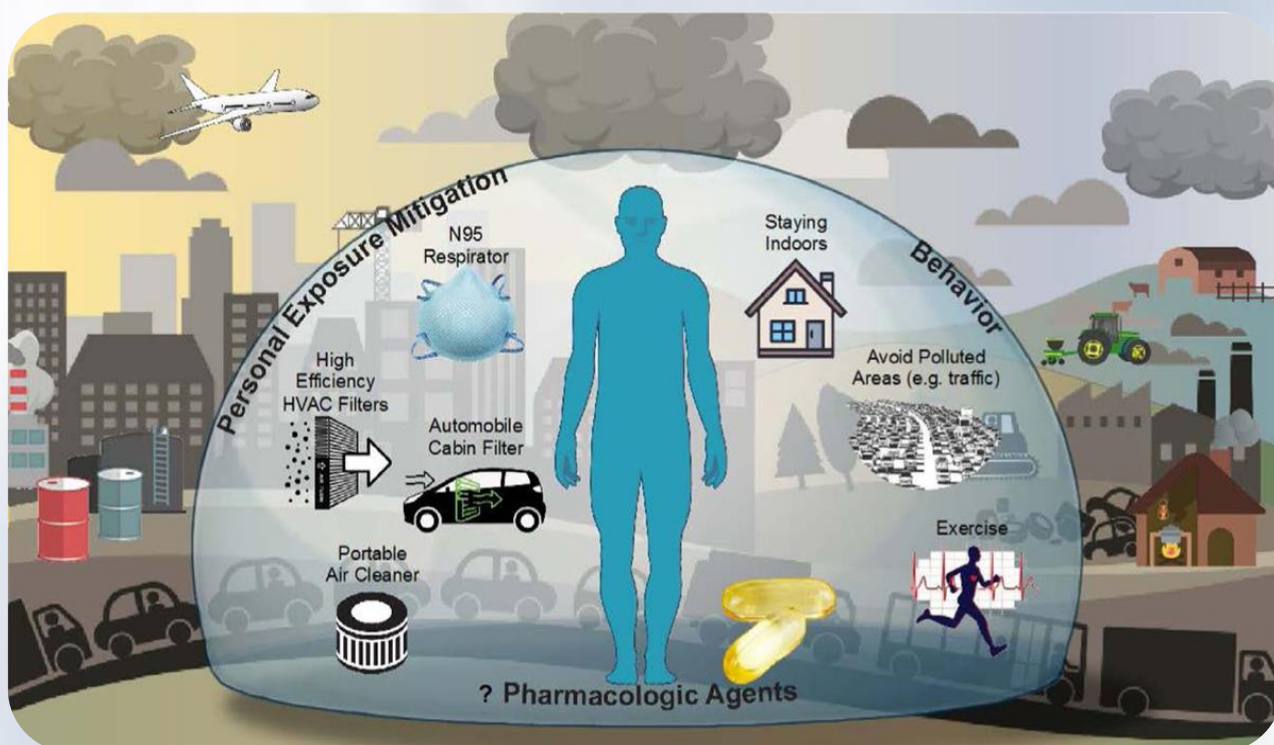
- **کاهش زمان خارج از خانه:** زمان صرف شده در فضای باز را در زمان‌های پیک آلودگی هوا کاهش دهید تا مواجهه با آلودگی هوا کاهش یابد.

• استراتژی‌ها :

- ✓ اجتناب از محیط‌های خارجی همراه با بستن پنجره‌ها.
- ✓ از سیستم‌های تهویه داخلی با فیلترهای HEPA استفاده کنید.
- ✓ اقداماتی برای کاهش انتشار آلودگی هوای داخلی اتخاذ کنید.
- ✓ اطمینان حاصل کنید که ساختارهای ساختمانی نفوذ آلودگی هوا و نشت آن را به حداقل می‌رسانند.

- **توجه به شاخص‌های کیفیت هوا:** هنگام برنامه‌ریزی فعالیت‌های بیرونی، به شاخص‌های کیفیت هوا مراجعه کنید.

با اجرای این استراتژی‌ها، افراد می‌توانند بهتر خود را در برابر اثرات مضر آلودگی هوا، به ویژه در زمان‌های اوج آلودگی محافظت کنند.



فعالیت بدنی: مکان و زمان

این بخش بر اجتناب از فعالیت بدنی در مناطق و در زمان‌هایی از روز که سطوح آلودگی هوا بالا است، تمرکز دارد. سازمان جهانی بهداشت (WHO) فعالیت بدنی را به عنوان هر نوع حرکت بدنی که توسط عضلات اسکلتی تولید می‌شود و نیاز به مصرف انرژی دارد، تعریف می‌کند. این تعریف شامل تمام حرکات، از جمله فعالیت‌های تفریحی (مانند دویدن و پیاده‌روی) و فعالیت‌هایی که به منظور حمل و نقل یا به عنوان بخشی از کار انجام می‌شوند، می‌باشد.

اثر بخشی در کاهش مواجهه با آلودگی هوا

از آنجایی که فعالیت بدنی می‌تواند نرخ تنفس را افزایش دهد و بنابراین استنشاق آلودگی هوا را بیشتر کند، انتخاب یک محیط با هوای پاک‌تر برای فعالیت بدنی می‌تواند به طور قابل توجهی **مواجهه** را کاهش دهد. مطالعات نشان داده‌اند که ورزش در فضای باز می‌تواند استنشاق آلاینده‌های مضر هوا را افزایش دهد. علاوه بر این، ورزش شدید ممکن است دفاع‌های طبیعی بدن در برابر آلودگی هوا را تضعیف کند و بنابراین خطرات بهداشتی را افزایش دهد.

با این حال، انتخاب هوشمندانه مکان‌هایی با سطوح پایین‌تر آلودگی هوا، مانند فضاهای سبز یا تأسیسات داخلی با سیستم‌های تصفیه هوا و همچنین زمان‌بندی فعالیت بدنی می‌تواند این خطرات را به طور مؤثر کاهش دهد. بنابراین، در نظر گرفتن ملاحظات کیفیت هوا در برنامه‌های فعالیت بدنی برای به حداکثر رساندن فواید سلامتی و کاهش مواجهه با آلاینده‌های مضر هوا از اهمیت بالایی برخوردار است.

اثر بخشی در بهبود سلامت

با وجود احتمال افزایش مواجهه با آلودگی هوا، فعالیت بدنی می‌تواند نقش مهمی در محافظت از بزرگسالان سالم در برابر اثرات منفی آلودگی هوای مرتبط با ترافیک ایفا کند. مطالعات مدل‌سازی در سلامت نشان می‌دهند که فواید کلی سلامتی ناشی از ورزش منظم هوازی برای بزرگسالان سالم، در مقایسه با خطرات مرتبط با افزایش مواجهه با آلودگی هوا، در سطوح مختلف آلودگی و حتی در زمان‌های طولانی ورزش، بیشتر است.

راهنمای اقدامات در سطح فردی برای کاهش مواجهه با آلودگی هوا

با این حال، هنوز مشخص نیست که چه مقدار فعالیت بدنی برای جبران اثرات منفی آلودگی هوا لازم است؛ این احتمالاً بسته به عوامل فردی مانند سن، وضعیت سلامتی و بیماری‌های زمینه‌ای متفاوت خواهد بود. همچنین شواهدی درباره تأثیرات سلامتی بر کودکان، زنان باردار، جمعیت‌های ناسالم و جمعیت کشورهای با درآمد پایین و متوسط وجود ندارد (جایی که ممکن است سطوح بالاتری از آلودگی وجود داشته باشد).

توصیه‌های عملی برای عموم مردم و گروه‌های آسیب‌پذیر

- **فعالیت بدنی منظم:** به طور کلی، فعالیت بدنی منظم مفید است **مگر در شرایط آلودگی شدید هوا یا در صورت وجود بیماری‌های زمینه‌ای** مانند بیماری‌های قلبی که خطرات مرتبط با آلودگی هوا را افزایش می‌دهد.
- **انجام فعالیت بدنی در فضاهای سبز:** اگر ممکن است، فعالیت بدنی را در فضاهای سبز بیرونی و دور از منابع آلودگی هوا انجام دهید.
- **توجه به شاخص‌های کیفیت هوا:** هنگام برنامه‌ریزی فعالیت‌های بیرونی، به شاخص‌های کیفیت هوا دقت کنید.
- **کاهش شدت یا توقف ورزش:** اگر علائمی مانند سرفه، تنگی قفسه سینه یا خس‌خس سینه را تجربه کردید، شدت ورزش را کاهش دهید یا متوقف کنید.

شاخص کیفیت هوا	سطح اهمیت بهداشتی
۰-۵۰	پاک
۵۱-۱۰۰	سالم
۱۰۱-۱۵۰	ناسالم برای گروه حساس
۱۵۱-۲۰۰	ناسالم
۲۰۱-۳۰۰	بسیار ناسالم
۳۰۱-۵۰۰	خطرناک

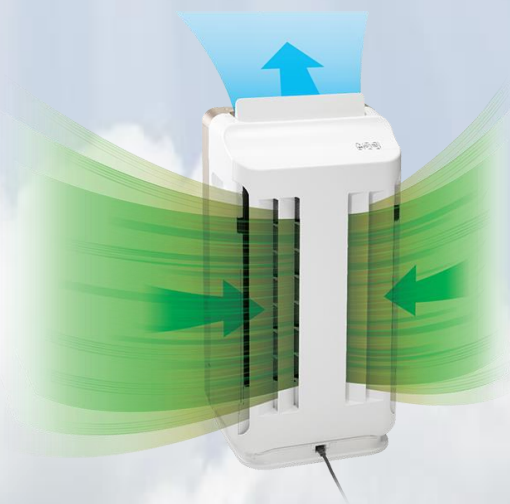
تصفیه کننده های هوا

دستگاه تصفیه کننده هوا مدل پرتابل



تصفیه کننده های هوا مدل پرتابل (PACs) واحدهای کوچک و متحرک الکتریکی هستند که در فضاهای زندگی (مانند اتاق خواب و دفاتر) برای کاهش غلظت ذرات معلق در هوا و گاهی بخارات و گازها استفاده می شوند. تصفیه کننده های هوای پرتابل از روش های مختلفی برای جدا کردن آلاینده های معلق از هوای محیط استفاده می کنند، مانند فیلترهای هوا (HEPA) که ذرات را بر روی مواد الیافی جذب می کنند و تصفیه کننده های الکترونیکی هوا (مانند یون سازها یا رسوب دهنده های الکترواستاتیک) که ذرات معلق را از طریق نیروی الکترواستاتیک حذف می کنند.

اثربخشی در کاهش مواجهه با آلودگی هوا



تصفیه کننده های هوا مدل پرتابل به عنوان راهحلی برای آلودگی هوای داخلی ناشی از فعالیتهایی مانند پخت و پز، سیگار کشیدن و دیگر منابع داخلی، همچنین آلاینده های هوای بیرون که به داخل نفوذ کرده اند، پیشنهاد می شوند. این دستگاه ها ممکن است مزیت اضافی کاهش سطوح ترکیبات آلی فرار مرتبط با مواد شیمیایی خانگی و همچنین کاهش گرده ها که با آلرژی ها مرتبط هستند، را داشته باشند. راندمان این تصفیه کننده ها با استفاده از مقدار

حداقل کارایی گزارش شده (MERV) تعیین می شود که می تواند در بازه ای از ۱ تا ۱۶ متغیر باشد. MERV

توانایی یک فیلتر را در جذب ذرات بزرگتر با قطر ۰.۳ تا ۱۰ میکرون نشان می‌دهد. استفاده از فیلتر HEPA (که معمولاً معادل MERV 16) است، در سالن پذیرایی یا اتاق خواب نشان داده که می‌تواند **غلظت PM_{2.5} داخلی را بین ۴۰ تا ۷۲ درصد** نسبت به سطح پایه یا بیرونی کاهش دهد. با این حال، کارایی تصفیه به مرور زمان کاهش می‌یابد و بنابراین فیلترهای HEPA باید به طور متوسط هر ۶ ماه یک بار تعویض شوند. مطالعات انجام شده در مدارس نشان داده‌اند که تصفیه‌کننده‌های هوای پرتابل (PAC) می‌توانند غلظت PM_{2.5} داخلی را تا ۴۹ درصد کاهش دهند، اما کارایی آن‌ها ممکن است در ساختمان‌هایی که کاملاً عایق نیستند، زمانی که پنجره‌ها باز هستند یا در مکان‌های بسیار آلوده قرار دارند، کاهش یابد. همچنین مهم است که PAC را در اتاقی قرار دهید که افراد بیشتر وقت خود را در آنجا سپری می‌کنند، مانند اتاق خواب.

توصیه برای عموم مردم و گروه‌های آسیب‌پذیر

- **استفاده از دستگاه‌های تصفیه کننده هوا:** در صورت امکان، استفاده از تصفیه‌کننده‌های هوای قابل حمل (PAC)، به‌ویژه برای افرادی که دارای مشکلات سلامتی زمینه‌ای هستند و در مکان‌های آلوده زندگی می‌کنند یا در زمان‌های پیک آلودگی هوا قرار دارند را مدنظر قرار دهید.
- **دستگاه‌های تصفیه کننده هوا** را انتخاب کنید که دارای نرخ مناسب تحویل هوای تمیز (متر مکعب در دقیقه) متناسب با ابعاد اتاق باشند.
- **استفاده از PAC ها در بالاترین سرعت عملیاتی ممکن:** وقتی اتاق شلوغ است، PAC ها را در بالاترین سرعت ممکن استفاده کنید و آنها را نزدیک به افراد قرار دهید.
- **اولویت‌بندی اتاق خواب یا اتاق نشیمن:** اگر PAC خیلی کوچک است و نمی‌تواند تمام فضای زندگی را پوشش دهد، اولویت را به اتاق خواب یا اتاق نشیمن بدهید.
- **تعویض فیلترها طبق توصیه تولیدکننده:** فیلترها را طبق توصیه تولیدکننده تعویض کنید.
- **اجتناب از PAC هایی که ممکن است O₃ تولید کنند:** از PAC هایی که ممکن است ازن تولید کنند (مانند تصفیه‌کننده‌های الکتروستاتیک و یونیزه) اجتناب کنید.
- **ترکیب استفاده از PAC با بستن پنجره‌ها:** استفاده از تصفیه‌کننده‌های هوای قابل حمل (PAC) را با بستن پنجره‌ها، کاهش انتشار آلاینده‌های داخلی و بهینه‌سازی ساختارهای ساختمانی برای حداقل کردن نفوذ و نشت آلودگی هوا ترکیب کنید.

تصفیه کننده های هوای مرکزی / سیستم های گرمایش، تهویه و تهویه مطبوع

HVAC (مخفف Heating, Ventilation, and Air Conditioning) یک سیستم است که برای گرمایش، تهویه و تهویه مطبوع در ساختمان ها و محیط های بسته استفاده می شود. این سیستم ها برای کنترل دما، رطوبت و کیفیت هوای داخلی طراحی شده اند.

اثر بخشی در کاهش مواجهه با آلودگی هوا

مطالعات نشان داده اند که تصفیه کننده های هوا مانند HVAC و PAC هایی با نرخ تحویل هوای پاک بالا می توانند به طور قابل توجهی سطوح ذرات معلق در هوا و در برخی موارد آلاینده های گازی را در خانه کاهش دهند.

توصیه برای عموم مردم و گروه های آسیب پذیر

- استفاده از سیستم HVAC داخلی: استفاده از یک سیستم HVAC داخلی به ویژه برای افرادی که دارای مشکلات سلامتی زمینه ای هستند و در مناطق آلوده زندگی می کنند یا در زمان های پیک آلودگی هوا قرار دارند. را در نظر بگیرید.
- فیلترها را تعویض کرده و سیستم HVAC را طبق توصیه های تولید کننده نگهداری کنید.
- استفاده از سیستم HVAC را با اقدامات دیگر ترکیب کنید، مانند بستن پنجره ها، کاهش انتشار آلودگی های داخلی.

ماسک تنفسی

ماسک های تنفسی ابزارهای محافظتی شخصی هستند که بینی و دهان را پوشش می دهند و استنشاق ذرات $PM_{2.5}$ و سایر ذرات را کاهش می دهند.

اثربخشی در کاهش مواجهه با آلودگی هوا



اثربخشی ماسک ها به کیفیت فیلتر و پوشش آنها، تعداد لایه های فیلتر و تناسب ماسک با صورت بستگی دارد. ماسک های فیلترکننده کلاس ۲ (FFP2) بیش از ۹۵٪ از ذرات استنشاقی با قطر ۰.۳ میکرومتر را حذف می کنند و ماسک های فیلترکننده کلاس ۳ (FFP3) بیش از ۹۹٪ از ذرات به همین اندازه را حذف می کنند. ماسک های N95 یا KN95 معادل دستگاه های FFP2 و دستگاه های N99 یا KN99 معادل

دستگاه های FFP3 هستند. همچنین ماسک های پارچه ای کم هزینه هستند و معمولاً در مناطق در حال توسعه استفاده می شوند. با این حال، این ماسک ها تنها ۱۵٪ از ذرات موجود در آلاینده های ناشی از موتورهای دیزلی را حذف می کنند و در مقایسه با ماسک FFP2 حفاظت کمتری در برابر ذرات ریز دارند. ماسک های جراحی به نظر می رسد که نسبت به ماسک های پارچه ای مؤثرتر هستند. با این حال، طراحی ماسک های جراحی باعث تناسب ضعیف با صورت می شود که معمولاً منجر به نشت زیاد هوا از داخل در حین استفاده می گردد.

حمل و نقل، سبک رانندگی و تنظیمات وسیله نقلیه

حمل و نقل فعال (که به عنوان سفر فعال یا حمل و نقل فعال نیز شناخته می‌شود) حمل و نقلی است که توسط انرژی انسانی تأمین می‌شود، عمدتاً پیاده‌روی و دوچرخه‌سواری. مسیرهای حمل و نقل مسیرهای تعیین‌شده‌ای هستند که افراد، وسایل نقلیه یا سایر روش‌های حمل و نقل برای رسیدن به مقاصد خود دنبال می‌کنند.

اثر بخشی در کاهش مواجهه با آلودگی هوا

مواجهه با آلودگی هوا در داخل خودرو می‌تواند ناشی از گازهای خروجی خود وسیله یا وسایل نقلیه نزدیک باشد. همچنین، پیاده‌روی یا دوچرخه‌سواری در کنار جاده‌های پر ترافیک نیز می‌تواند به افزایش این مواجهه منجر شود. بررسی غلظت‌های آلاینده‌های هوا در روش‌های مختلف حمل و نقل نشان داد که رانندگان خودروهایی که پنجره‌ها را باز نگه می‌داشتند، بیشترین میزان مواجهه با آلاینده‌ها (از جمله $PM_{2.5}$ ، کربن سیاه و ذرات بسیار ریز (UFPs) را تجربه کردند، در حالی که دوچرخه‌سواران و عابران پیاده کمترین میزان مواجهه را داشتند. زمانی که نرخ تنفس مرتبط با فعالیت‌های بدنی مانند پیاده‌روی و دوچرخه‌سواری در نظر گرفته شد، دوز کل استنشاق شده آلاینده‌های هوا برای افرادی که از روش‌های حمل و نقل فعال استفاده می‌کردند، اندکی بیشتر از افرادی بود که از وسایل نقلیه موتوری بهره می‌بردند. به طور کلی، دوچرخه‌سواران بالاترین دوز استنشاقی آلاینده‌ها را داشتند، که این امر به دلیل نزدیکی به ترافیک، نرخ تنفس بالاتر و مدت زمان طولانی‌تر سفرها بود؛ سپس عابران پیاده قرار داشتند.

استفاده از سبک‌های رانندگی مناسب و تنظیمات وسیله نقلیه

سبک‌های رانندگی شامل الگوهای مختلفی هستند که می‌توانند به کاهش انتشار آلاینده‌های هوا کمک کنند. به عنوان مثال، اجتناب از شتاب‌گیری مکرر و خاموش کردن موتور در زمان‌های طولانی می‌تواند تأثیر مثبتی داشته باشد. همچنین، تنظیمات وسیله نقلیه که به کنترل فیلتر کردن هوا و تهویه مربوط می‌شوند، نیز بر میزان مواجهه با آلاینده‌های هوا تأثیرگذار هستند. در زمینه‌ی اثر بخشی در کاهش مواجهه با آلودگی هوا، بستن پنجره‌ها و استفاده از تهویه مطبوع می‌تواند مواجهه با آلودگی هوا را برای افرادی که در داخل وسایل نقلیه موتوری هستند را کاهش دهد.

مقایسه‌ای بین غلظت‌های آلاینده هوا در حالت رانندگی با پنجره‌های بسته و باز نشان می‌دهد که رانندگی با پنجره‌های باز ممکن است غلظت‌های بلک کربن و ذرات بسیار ریز (UFP) را در داخل خودروها دو تا چهار برابر و در داخل اتوبوس‌ها سه برابر افزایش دهد. رانندگی با پنجره‌های بسته، مواجهه با $PM_{2.5}$ مرتبط با ترافیک را سه برابر نسبت به رانندگی با پنجره‌های باز کاهش می‌دهد. در خودروها، تهویه مطبوع و فیلترها می‌توانند به استخراج و تصفیه PM از محیط داخلی کمک کنند. مطالعات نشان دادند رانندگی با پنجره‌های بسته غلظت‌های PM داخل خودرو را تا ۷۵٪ و سطوح مواجهه $PM_{2.5}$ را ۴۰٪ نسبت به رانندگی با پنجره‌های باز کاهش داد.

منابع:

1-<https://www.who.int/europe/publications/i/item/WHO-EURO-2024-9115-48887-72806>



مرکز تحقیقات
کیفیت هوا و تغییر اقلیم

www.rihe.sbm.ac.ir