

طبابت هنر است،

هنر هماهنگی قلب و اندیشه

سرشناسه	طاهریا، کیانا، ۱۳۷۲ -
عنوان و نام پدیدآور	خلاصه جامع تشخیص و درمان در طب کار ۷: خلاصه درس ویژه آزمون ارتقاء و بورد تخصصی ۱۴۰۵ – طب کار و بیماری های شغلی Clinical Occupational & Environmental Medicine / Joseph LaDou / MC Graw Hill / 2021
مشخصات نشر	تهران: کاردیا، ۱۴۰۵.
مشخصات ظاهری	۱۷۸ ص.: مصور(رنگی). ج ۷
شابک	ریال: شابک: ۳-۵۰۰-۴۰۴-۶۲۲-۹۷۸ شابک دوره: ۸-۴۰۶-۴۰۴-۶۲۲-۹۷۸
مدیر برنامه ریزی و تولید	الهه شهدادی
وضعیت فهرست نویسی	فیپا
یادداشت	کتاب حاضر ترجمه و تلخیص بخشی از کتاب Clinical Occupational & Environmental Medicine / Joseph LaDou / MC Graw Hill / 2021 است.
موضوع	تشخیص و درمان در طب کار و بیماری های شغلی
شناسه افزوده	The Occupational &Environmental Medical History
شناسه افزوده	The Practice of Occupational Medicine
شناسه افزوده	Workers' Compensation
رده بندی کنگره	RC ۴۵۴
رده بندی دیویی	۸۹/۶۱۶
شماره کتابشناسی ملی	۹۷۰۷۳۵۴
اطلاعات رکورد کتابشناسی	فیپا

خلاصه جامع تشخیص و درمان در طب کار ۷: خلاصه درس ویژه آزمون ارتقاء و بورد تخصصی ۱۴۰۵ – طب کار و بیماری های شغلی

Clinical Occupational & Environmental Medicine / Joseph LaDou / MC Graw Hill / 2021

ناشر: انتشارات کاردیا

صفحه آرا: رزیدنت یار – صبا درخشان فرد

طراح و گرافیست: رزیدنت یار – مهراد فیضی

چاپ و لیتوگرافی: رزیدنت یار

نوبت چاپ: اول ۱۴۰۵

تیراژ : ۱۰۰ جلد

شابک: ۳-۵۰۰-۴۰۴-۶۲۲-۹۷۸

شابک دوره: ۸-۴۰۶-۴۰۴-۶۲۲-۹۷۸

بهاء: ریال

آدرس: تهران میدان انقلاب ـ کارگرجنوبی ـ خیابان روانمهر ـ بن بست دولتشاهی پلاک ۱ واحد ۱۸

شماره تماس: ۶۶۴۱۹۵۲۰ – ۰۲۱، ۸۸۹۴۵۲۰۸ – ۰۲۱، ۸۸۹۴۵۲۱۶ – ۰۲۱، شماره تماس ویژه: ۹۱۰۹۵۹۶۷– ۰۲۱

www.residenttyar.com

هر گونه کپی‌برداری از این اثر پیگرد قانونی دارد.

خلاصه جامع
تشخیص و درمان
در طب کار ۷

خلاصه درس ویژه آزمون ارتقاء و بورد تخصصی ۱۴۰۵

Clinical Occupational & Environmental Medicine / Joseph LaDou / MC Graw Hill / 2021

ترجمه و تلخیص

دکتر کیانا طاهریا

بورد تخصصی طب کار و بیماری های شغلی

رتبه نخست بورد تخصصی ۱۴۰۴ کشور

سخن ناشر

سپاس و ستایش شایستهٔ پروردگاری که کرامتش نامحدود و رحمتش بی‌پایان است.اوست که بشر را دانش بیاموخت و با قلم آشنا کرد.به انسان رخصت آن داد که علم را به خدمت گیرد و با قلم خود و رسم خطوط گویا آن را به دیگران نیز بیاموزد.

خدایا از شاکران درگاهت و حقیقت‌جویان راهت قرارم ده و یاری‌ام کن تا در آموختن نلغزم و آن‌چه را آموختم، به شایستگی عرضه کنم.

رزیدنت‌یار، حامی و پیشرو در نظام کمک آموزشی پزشکی کشور به سبک نوین و مطابق با آخرین پیشرفت‌های آموزشی در حیطه پزشکی با کادری مجرب و آشنا طی ۱۸ سال گذشته از منظر متخصصین همواره بهترین محصولات را ارائه و در دسترس مخاطبین خود قرار داده است.

اثر پیش رو با توجه به محتوی بسیار غنی در مبحث طب کار و بیماری های شغلی گردآوری شده و با استفاده از مفهومی نمودن مباحث و روان‌سازی توسط مؤلف محترم از منابع و رفرنس بوده و در روال گذر از گروه کنترل کیفیت رزیدنت‌یار با جمعی از اساتید رتبه A را به خود اختصاص داده است، امید است با مطالعه تمام مباحث پیش رو با یاری خداوند متعال پیروز و پایدار باشید.

مدیرمسئول انتشارات

مرجان پورندیم

مقدمه مولف

به نام پروردگار دانایی و روشنایی

سپاس او را که توفیق سخن گفتن در عرصه علم را عطا می‌فرماید و دل را به روشنایی فهم و آگاهی مأنوس می‌سازد.اگر عنایت او نبود، نه شوق آغاز این راه در دل می‌نشست و نه توان به پایان بردن چنین کاری فراهم می‌شد.

آنچه پیش روی شماست، چکیده‌ای از کتاب رفرنس تشخیص و درمان کنونی در طب کار و محیط، ویراست ششم، تألیف لادو و هریسون، در حوزه‌ی طب کار است؛ حاصل تلاشی که با این نیت شکل گرفت که راه پیش روی آنان که تازه قدم در این عرصه می‌گذارند، اندکی روشن‌تر و هموارتر شود.این اثر، مطالب حجیم و گسترده را در قالبی فشرده، منظم و تیتردار در دسترس نگاه و ذهن خواننده قرار می‌دهد و شایسته است در کنار رفرنس اصلی مورد استفاده قرار گیرد.در مسیر تدوین این مجموعه، از ابزارهای هوش مصنوعی نیز به‌عنوان کمک‌ابزاری برای ویرایش زبانی، ساختاربندی بهتر مطالب، روان‌سازی ترجمه و تلخیص و افزایش وضوح آموزشی بهره گرفته‌ام.این مجموعه به‌عنوان منبعی کمک‌آموزشی برای فهم بهتر، مرور منظم‌تر و آمادگی هدفمندتر طراحی شده است.

سطر به سطر این کتاب، ثمره‌ی شب‌های طولانی و روزهای پرمشغله‌ای است که در میان مسئولیت‌های آموزشی و بالینی و دغدغه‌های زندگی، صرف بازخوانی، سامان‌دهی و خلاصه‌سازی مطالب شده است.اگر این کتاب بتواند حتی اندکی از سردرگمی آغاز راه بکاهد یا در لحظه‌ای از تردید، تصمیم بالینی را شفاف‌تر سازد، خود را به هدف نزدیک‌تر می‌دانم.

بر خود لازم می‌دانم از همراهانم در این مسیر صمیمانه سپاسگزاری کنم.پیش از همه، یاد پدر عزیزم را گرامی می‌دارم؛ هرچند اینک در کنارم نیست، اما آموزه‌ها و مهربانی‌اش همچون چراغی پنهان، مسیرم را روشن کرده است.از خانواده‌ام که با صبوری، همراهی و درک شرایط، پشتوانه‌ی من در این مسیر بوده‌اند؛ از اساتید گرانقدرم که با دانش، نگاه انسانی و راهنمایی‌هایشان، افق‌های طب کار را بر من گشودند و راه را برای فهم عمیق‌تر این حوزه هموار کردند؛ و نیز از مؤسسه‌ی محترم رزیدنت‌یار که چاپ و انتشار این اثر را بر عهده گرفت و دسترسی گسترده‌تر همکاران به آن را ممکن ساخت، صمیمانه قدردانی می‌کنم.

دکتر کیانا طاهریا

متخصص طب کار و بیماری های شغلی

فهرست مطالب

فصل ۵۰: آلودگی هوا ۱۱

فصل ۵۱: آلودگی آب ۳۳

فصل ۵۲: انتشارهای صنعتی، رهایش‌های تصادفی و پسماندهای خطرناک ۶۳

فصل ۵۳: بیماری های مرتبط با ساختمان ۹۳

فصل ٥٤: حساسیت شیمیایی چندگانه ۱۲۳

فصل ۵۵: ارزیابی خطر سلامتی ۱٤۷

فصل ۵۶: خلاصه آمار و اپیدمیولوژی ۱۶۳

فصل ۵۰
Section 50

آلودگی هوا

رویدادهای تاریخی آلودگی هوا

نمونه‌ها (اوایل قرن بیستم)

- **دره موز بلژیک، دونورا در پنسیلوانیا، لندن انگلستان**
- **ویژگی مشترک:**

سوزاندن گسترده زغال‌سنگ + شرایط هواشناسی «ایده‌آل» برای گیر افتادن آلاینده‌ها

یعنی **وارونگی جوی(Inversion)** ← **توده هوای راکد** ← تجمع آلاینده‌ها

پیامدهای سلامت

- **افزایش واضح مرگ‌ومیر** در حین و پس از این اپیزودها

نکته

- در **کشورهای پردرآمد** امروز، با **استانداردهای کیفیت هوا** (مثل آمریکای شمالی)، وقوع اپیزودهایی با آن شدت **کمتر محتمل** است.
- اما در **برخی کشورهای آسیایی** (سوخت‌های گوگرددار + مقررات ناکافی)، امکان رسیدن به **سطوح مشابه تاریخی** وجود دارد.
- **آتش‌سوزی‌های بزرگ جنگلی** (مرتبط با تغییرات اقلیم) اکنون می‌توانند **بحران‌های آلودگی قابل‌رقابت** با رویدادهای تاریخی ایجاد کنند.
- علاوه بر «اپیزودهای بحرانی»، برخی آلاینده‌ها مثل **اوزون (O_3)** و **respirable particles** ممکن است **به‌طور منظم** به سطحی برسند که **اثرات مزمن** ایجاد کند.
- بنابراین پزشک باید هم:
  ۱. عوامل ایجاد **رویدادهای آلودگی هوای شدید** را بشناسد
  ۲. هم اثرات **مواجهه مزمن با سطوح پایین** را جدی بگیرد.

قانون‌گذاری آلاینده‌های هوای بیرونی (مدل آمریکا)

Clean Air Act (CAA) :

- تصویب: **۱۹۷۰** • آخرین اصلاح : **۱۹۹۰**
- **نقش:** استاندارد اصلی رسیدگی به کیفیت هوای بیرونی در آمریکا

وظایف EPA در CAA

- **فهرست کردن آلاینده‌هایی** که:
  - برایشان شواهد علمی کافی از **خطر برای سلامت عمومی** در مواجهه «بدون مقررات» وجود دارد.
- **بازبینی دوره‌ای گسترده شواهد علمی** درباره اثرات سلامت آلاینده‌های «معیار»
- **نکته مهم:**

این بازبینی‌ها **تحلیل هزینه–فایده** را شامل **نمی‌شوند**.

خروجی علمی ← استاندارد اجرایی

- تولید **اسناد ارزیابی علمی تلفیقی** ← استفاده برای تدوین **NAAQS**
  (National Ambient Air Quality Standards)

استاندارد اولیه NAAQS باید از چه کسانی محافظت کند؟

- طبق CAA : **همه گروه‌های حساس**
- گروه‌های حساس از دید EPA :
  - **کودکان** ° افراد با بیماری مزمن تنفسی مثل **آسم** ° افراد با **بیماری ایسکمیک قلب**

نکته: «گروه حساس» یعنی افرادی که در **سطوح پایین‌تر** یا با **شدت بیشتر** از جمعیت عمومی به آلاینده واکنش نشان می‌دهند.

جدول آلاینده‌های معیار هوا (استانداردهای کیفیت هوای محیطی ملی ایالات متحده آمریکا)

آلاینده‌ی هوا	استاندارد	اثر نامطلوب اصلی بر سلامت
ازون(Ozone)	0.070 ppm به عنوان میانگین ۸ ساعته	افزایش علائم تنفسی کاهش عملکرد ریه التهاب راه هوایی افزایش پاسخ راه هوایی به محرک‌های غیراختصاصی
دی‌اکسید نیتروژن (Nitrogen dioxide)	0.053 ppm به‌عنوان غلظت میانگین سالانه و 100 ppb به عنوان غلظت میانگین ۱ ساعته	افزایش علائم تنفسی و بیماری‌ها در کودکان
Particulate matter (PM_{10})	150 mcg/m^3 به عنوان غلظت میانگین ۲۴ ساعته	افزایش علائم تنفسی افزایش بیماری‌های تنفسی افزایش موربیدیتی تنفسی در افراد مبتلا به آسم و بیماری انسدادی مزمن ریه
$PM_{2.5}$	۱۲ میکروگرم بر متر مکعب به‌عنوان غلظت میانگین سالانه و ۳۵ میکروگرم بر متر مکعب به عنوان غلظت میانگین ۲۴ ساعته	افزایش موربیدیتی قلبی-عروقی در افراد مبتلا به بیماری ایسکمیک قلب افزایش مرگ‌ومیر قلبی-ریوی در افراد سالمند افزایش بروز سرطان ریه
دی‌اکسید گوگرد	0.5 ppm به‌عنوان غلظت میانگین ۳ ساعته و 75 ppb عنوان غلظت میانگین ۱ ساعته	افزایش علائم تنفسی افزایش موربیدیتی و مرگ‌ومیر تنفسی کاهش عملکرد ریوی در افراد مبتلا به آسم
سرب(Lead)	۰،۱۵ میکروگرم بر متر مکعب به عنوان میانگین فصلی غلظت	نقص‌های شناختی در کودکان
مونوکسید کربن	9 ppm به عنوان غلظت میانگین ۸ ساعته و 35 ppm به عنوان غلظت میانگین ۱ ساعته	افزایش پیامدهای نامطلوب تولیدمثلی کاهش ظرفیت ورزشی در بزرگسالان سالم کاهش زمان شروع و افزایش مدت‌زمان آنژین در افراد مبتلا به بیماری کرونری قلب

انواع و منابع مواجهه با آلودگی هوای بیرونی

ترکیب هوای بیرونی

- منابع آلاینده طبیعی : **خاک، گردوغبار، گرده گیاهی، قارچ‌ها**
- منابع انسانی: تولید **مخلوط‌های پیچیده** آلاینده‌ها

اما قانون‌گذاری و پژوهش‌ها غالباً روی **اجزای منفرد** تمرکز می‌کنند.

دو دسته منابع آلودگی هوای بیرونی

۱.منابع ایستگاهی (Stationary)

- **نمونه‌ها : نیروگاه‌ها، کارخانه‌ها**



- **خروجی شاخص:**
  - سهم عمده در **SO_2**
  - همچنین **NO_x** و **PM**
- **نکته:** در شرق آمریکای شمالی، اسیدیته جو عمدتاً از:
  - **SO_2 اکسایش ← H_2SO_4 و سولفات‌های اسیدی**
- این مشکل در سال‌های اخیر **کمتر شده** چون **گاز طبیعی جایگزین زغال‌سنگ برای تولید برق** شده است.
- سوزاندن سوخت‌های فسیلی، مهم‌ترین عامل انتشار منابع ایستگاهی است، هرچند رهاسازی ترکیبات ارگانیک فرّار (VOCs) توسط تأسیسات صنعتی مختلف نیز می‌تواند در تولید O_3 در جو مؤثر باشد.

۲.منابع متحرک (Mobile)

- عمدتاً **خودروها**
- محور Smog بیشتر با این گروه مرتبط است.
- **تشکیل O_3 محیطی:**
  - محصول واکنش‌های فتوشیمیایی پیچیده بین **NO_2وVOC ها** (منشأ: اگزوز خودرو)
- اسید نیتریک (HNO_3) نسبت به H_2SO_4 سهم بیشتری در اسیدیته‌ی جوی دارد و از واکنش NOx با رادیکال هیدروکسیل (OH^-) در جو تشکیل می‌شود.
- خودروها همچنین مسئول بخش زیادی از آلودگی با:
  - **CO**
  - **PM**

- **نکته تاریخی مهم:**
  - **کاهش چشمگیر سرب** در هوای شهرهای آمریکا به‌علت **حذف تتراتیل‌سرب از بنزین از ۱۹۷۴ به بعد**

مواجهه فردی

چرا پایش ایستگاه مرکزی کافی نیست؟

- ایستگاه‌های مرکزی، هوا را از نظر غلظت‌های آلاینده‌های معیار تحت پایش قرار می‌دهند ؛ اما:
  - **شرایط محلی** می‌تواند مواجهه فرد را تغییر دهد
  - **مثال:** شرایط محلی می‌توانند غلظت آلاینده‌ها را تا حدی تحت تأثیر قرار دهند که نواحی پایین‌باد کانون‌های اصلی تراکم ترافیکی ممکن است سطوحی بالاتر از نواحی واقع در مجاورت مستقیم همان تراکم داشته باشند.

چه کسانی در معرض مواجهه بالاتری قرار می‌گیرند؟

- کسانی که **زمان بیشتری بیرون** هستند
- **به خصوص در ورزش:**
  - افزایش **تهویه دقیقه‌ای** ← افزایش **دوز مؤثر** آلاینده‌هایی مثل **O_3 و PM**

باور غلط رایج

- «هوای داخل همیشه تمیزتر است» ← غلط
- مثال: **NO_2 داخل ساختمان** ممکن است **بیشتر** باشد (خصوصاً با **اجاق گاز طبیعی**)

روش نگاه صحیح

- مواجهه کلی فردی = **جمع‌کردن حاصل‌ضرب غلظت آلاینده در ریزمحیط‌های مختلف در مدت‌زمانی که فرد در هر ریزمحیط سپری می‌کند.**

اصول آسیب‌های استنشاقی

گازها vs آئروسل‌ها

تعریف

- آلاینده استنشاقی یا **گاز** است یا **آئروسل** (قطرات مایع/ذرات معلق در گاز)

قانون برای گازها: «حلالیت در آب تعیین‌کننده محل آسیب»

گازهای بسیار محلول در آب

- مثال‌ها: **SO_2 ، HNO_3 بخار**
- اثر غالب : **سمیت در راه‌های هوایی پروگزیمال**
- محل رسوب غالب :**راه‌های هوایی فوقانی**
- فقط در غلظت‌های بالا می‌توانند به دیستال ریه آسیب بزنند.

گازها با حلالیت نسبتاً کمی در آب

- مثال‌ها: **NO_x ، O_3**
- تمایل به آسیب : **دیستال ریه**
- نکته: هرچه **حلالیت کمتر** ← پتانسیل آسیب در **واحد تنفسی انتهایی** بیشتر

Aerosol deposition

تعیین‌کننده‌های اصلی رسوب

- **اندازه و ویژگی شیمیایی آئروسل** • **آناتومی دستگاه تنفسی** • **الگوی تنفس فرد در معرض**

بر اساس MMAD (mass median aerodynamic diameter)

- **ذرات استنشاق‌شده با MMAD بیش تر از 10 µm**

← عمدتاً در **نازوفارنکس** رسوب می‌کنند و **به زیر حنجره نمی‌رسند**

- **2.5 تا 6 µm**

← عمدتاً در **راه‌های هوایی هدایتی زیر حنجره** رسوب می‌کنند

- **0.5 تا 2.5 µm**

← عمدتاً در **راه‌های هوایی دیستال و آلوئول‌ها** رسوب می‌کنند

- **کم تر از 0.5 µm**

← بسیاری در آلوئول رسوب نمی‌کنند و **بازدم می‌شوند**

- **Ultrafine = کمتر از 0.1 µm**

← اهمیت ویژه چون احتمالاً **سمی‌تر** هستند:

  ○ سطح تماس بیشتر به ازای جرم ○ توان بالقوه برای **ورود مستقیم به خون**

نقش ماهیت شیمیایی ذرات

- اگر آئروسل اسیدی **محلول در آب** باشد، ممکن است در دهان توسط **آمونیاک** تا حدی خنثی شود

مثال : میست H_2SO_4

عوامل موثر بر محل رسوب ذرات در بدن

- **رشد هیدروسکوپیک** • **شکل و ابعاد درخت تنفسی**
- الگوی تهویه (RR و VT) • **تنفس دهانی** در مقابل بینی
- مقدار و ماهیت ترشحات تنفسی

بیماری‌های تنفسی چه می‌کنند؟

- **با تغییر:**

  ○ ابعاد راه هوایی ○ الگوی جریان هوا ○ ترشحات

←رسوب ذرات را تغییر می‌دهند.

ورزش: چرا رسوب بیشتر می‌شود؟

- **افزایش تنفس دهانی** ← دور زدن فیلتر بینی
- **افزایش تهویه دقیقه‌ای** ← افزایش سرعت ذرات و برخورد اینرسی
- **نتیجه:** افزایش رسوب ذرات در **راه‌های هوایی تحتانی** (هم در کودک هم بزرگسال)



پاک‌سازی آلاینده‌های استنشاق‌شده

اصل کلی

- **گازها و ذرات بسیار محلول در آب:**

نزدیک محل رسوب از اپی‌تلیوم عبور کرده و **جذب جریان خون** می‌شوند.

ذرات نامحلول: وابسته به محل رسوب

- **حفره بینی قدامی** : دفع با **عطسه/آبریزش**
- **بقیه بینی** : انتقال به سمت حلق و دفع
- **نای / نایژه / نایژک** (اپی‌تلیوم مژک‌دار + موکوس) :
  - انتقال رو به بالا با **بالابر موکوسیلیاری**
  - دفع با **سرفه** یا **بلع**
- **دیستال‌تر از نایژک انتهایی:**
  - پاک‌سازی توسط **ماکروفاژ آلوئولی** و یا **انحلال**
  - ماکروفاژها: بلع ذره ← مهاجرت به سمت بالابر موکوسیلیاری یا ورود به **لنفاتیک**
- **نکته تکمیلی مهم:**
  - بخش کوچکی از ذرات رسوب‌کرده در آلوئول می‌توانند از اپی‌تلیوم وارد **گردش لنفاوی** شوند
  - ذرات **ultrafine** ممکن است مستقیماً از **سد آلوئولی-مویرگی** عبور کنند

آلاینده‌های خاص هوای بیرونی:

بار مواجهه جمعیتی

ایالات متحده (۲۰۱۴–۲۰۱۶)

- حدود **۴۰٪** جمعیت آمریکا در شهرستان‌هایی زندگی می‌کردند که:
  - **کیفیت هوا بالاتر از مقادیر اولیه NAAQS** بوده و یا
  - در **مناطق با ترافیک سنگین** قرار داشتند.

اتحادیه اروپا EU-29 (۲۰۱۵–۲۰۱۷) - درصدهای مواجهه بالاتر از حد

- **$PM_{2.5}$**
  - بالاتر از **حدّ اتحادیه اروپا** :۶–۸٪
  - بالاتر از **راهنمای WHO** : ۷۴–۸۱٪

- **PM_{10}**
  - بالاتر از **حدّ اتحادیه اروپا** :۱۳–۱۹٪ ◦ بالاتر از **راهنمای WHO** : ۴۲–۵۲٪
- **O_3**
  - بالاتر از **مقدار هدف اتحادیه اروپا** :۱۲–۲۹٪ ◦ بالاتر از **راهنمای WHO** : ۹۵–۹۸٪
- **NO_2**
  - بالاتر از **حدّ اتحادیه اروپا** و **راهنمای WHO** : ۷–۸٪ (هر دو)

چگونه اثرات سلامت آلاینده‌ها را می‌فهمیم؟

منابع شواهد

- **مطالعات توکسیکولوژیک** :حیوانی، in vitro، مواجهه کنترل‌شده انسانی
- **مطالعات اپیدمیولوژیک** :اکولوژیک، مقطعی، طولی

نکته

- مواجهه‌ها معمولاً به شکل **مخلوط آلاینده‌ها** رخ می‌دهند؛ جدا کردن سهم دقیق هر آلاینده در دنیای واقعی **اغلب ممکن نیست.**

ازون (O_3)

تعریف و جایگاه O_3

- گاز **بی‌رنگ، با بوی تند، اکسیدکننده قوی** و **نسبتاً نا محلول در آب**
- جزء **smog** همراه با اکسیدکننده‌های فتوشیمیایی و ذرات ریز
- **اوزون تروپوسفری (سطح زمین)** = آلاینده محیطی

در مقابل **اوزون استراتوسفری** در ارتفاع **بیش از 10 km (6.2 mile) بالاتر از سطح زمین**

تولید و الگوی زمانی-مکانی O_3

منبع و مسیر تشکیل

- محصول واکنش‌های **وابسته به نور خورشید**
- پیش‌سازها:
  - **NO/NOx** ◦ **VOCs**
- منابع عمدتاً **متحرک (خودروها)** و گاهی **ایستگاهی**

چه زمانی بیشتر می‌شود؟

- **شرایط مساعد: اواخر بهار تا اوایل پاییز** • **پیک غلظت:** معمولاً **اواسط بعدازظهر**
  - بعد از **ترافیک صبحگاهی** + **چند ساعت آفتاب شدید**

منابع داخلی O_3

- تجهیزات دارای **موتور الکتریکی یا UV**

- مثل **فتوکپی**



- دستگاه‌های **الکترواستاتیک**
  - مثل برخی **تصفیه‌کننده‌های هوا/یون‌سازها**

نکته

- O_3 فقط مشکل یک شهر نیست؛ در بسیاری مناطق (مثل برخی شهرهای آمریکا/کانادا در تابستان) روزهایی وجود دارد که **استاندارد NAAQS برای O_3** رعایت نمی‌شود.

مکانیسم آسیب O_3

اکسیداسیون و آسیب سلولی

- O_3 با مولکول‌های خارج / داخل سلولی واکنش می‌دهد.
- اگر هدف **لیپیدهای غیراشباع** باشد ← تولید:
  - **رادیکال آزاد**
  - **واسطه‌های سمی**

  ← **آسیب یا مرگ سلولی**

نقش التهاب

- علاوه بر سمیت مستقیم، **آسیب ثانویه ناشی از پاسخ التهابی** هم مهم است.

Dosimetric و محل رسوب

- بخش عمده‌ای در **راه‌های هوایی فوقانی و پروگزیمال تحتانی** رسوب می‌کند؛
- اما به دلیل **نامحلول بودن نسبی در آب** ، مقدار قابل‌توجهی به **راه‌های هوایی دیستال و آلوئول** می‌رسد و **دوز بافتی آنجا بالاترین** است.
- **ورزش / افزایش جریان دم** ← دور زدن مکانیسم‌های پاک‌سازی راه هوایی فوقانی ← **رسوب بیشتر در دیستال ریه**

بیشتر پژوهش‌ها درباره‌ی اثرات سلامت O_3 بر مواجهه‌ی کوتاه‌مدت متمرکز شده‌اند.

اسپیرومتری

- در افراد سالم : **کاهش متوسط FEV_1 و FVC**
- شدت کاهش تابع:
  - **غلظت**
  - **مدت مواجهه**
  - **تهویه دقیقه‌ای**

علت افت FEV_1/FVC چیست؟

- عمدتاً به علت **کاهش ظرفیت دم (Inspiratory capacity)** است، نه انسداد واضح راه هوایی
- مکانیسم پیشنهادی:
  - **مهار غیرارادی عصب واسط تلاش دم** با میانجی‌گری عصبی
  - مرتبط با تحریک **فیبرهای C** در ریه

زمان برگشت

- افت عملکرد ریوی حاد معمولاً ظرف **۲۴ ساعت** برطرف می‌شود.

علائم مرتبط

- افت FEV_1 با علائم تنفسی تحتانی همبستگی دارد:
  - **ناراحتی ساب استرنال** ◦ **سرفه** ◦ **خس‌خس** ◦ **تنگی نفس**

پاسخ‌دهی راه هوایی و التهاب

اثر نامطلوب دیگر از مواجهه‌ی کوتاه‌مدت با O_3، افزایش پاسخ‌دهی راه هوایی به محرک‌های غیراختصاصی مانند متاکولین و هیستامین است.

- نکته مهم:
  - ممکن است **طولانی‌تر از افت FEV_1/FVC** باقی بماند
  - حتی ممکن است در فردی رخ دهد که **افت FEV_1 ندارد**

شواهد التهاب پس از مواجهه

- تغییرات التهابی بینی
- **آسیب:**
  - سلول‌های پوششی آلوئولی نوع ۱ ◦ سلول‌های مژک‌دار راه هوایی
- **نوتروفیل‌ها:**
  - نفوذ به مخاط راه هوایی
  - افزایش نوتروفیل‌ها و مدیاتورها در **BAL**
- **نکته مهم:**
  - شواهد التهاب در BAL حتی در **دوزهای مؤثر زیر حد مجاز NAAQS کنونی** هم دیده شده است.

عوامل فردی حساسیت

- **افراد مسن و سیگاری‌ها**: به طور شگفت انگیز **کاهش عملکرد ریوی القاشده توسط O_3 کمتر** از افراد سالم نشان می‌دهند.
- **فاقد GSTM1** (گلوتاتیون-S-ترانسفرازμ):
  - حساسیت بیشتر به اثرات حاد عملکرد ریوی O_3 ◦ گزارش التهاب بیشتر در BAL