

به نام خدا

نگار خوشنویس

بورد تخصص پزشکی قانونی

مونوکسید کربن

- گازی است بیرنگ بی بو بدون طعم و غیر محرک
- دارای سمیت زیاد با قدرت کشندگی
- در اثر سوختن ناقص مواد حاوی کربن تولید میشود.
- پس از الکل و داروها شایعترین مسمومیت مورد مواجهه پاتولوژیست قانونی می باشد
- منابع عمده آن عبارتند از: اگزوز اتومبیل ها و دود ناشی از حریق و تهویه نامناسب اجاق های گازی و نفتی و زغالی

- احتمال مشتعل شدن یا انفجار سیلندرهای ذخیره کننده گاز CO در حضور گرما، جرقه و آتش وجود دارد و ممکن است شعله آن قابل دیدن نباشد.
- منواکسید کربن با اکسیژن، استیلن، کلرین، فلئورین، اکسید نیترو و لیتیم واکنش می دهد و می تواند حالت انفجاری رخ بدهد.
- در موارد نشت و ریزش گاز مایع از مخازن نگهدارنده و جاری شدن آن بر روی زمین، احتمال آتش گرفتن و انفجار وجود دارد.

CO در آب حل نمیشود و در دمای ۲۰ درجه سانتیگراد

۲-۲- مکانیسم اثر

- گاز منواکسید کربن بلافاصله پس از تنفس وارد جریان خون شده و به قسمت هموگلوبین گلبول های قرمز متصل می گردد و با تشکیل کمپلکس کریوکسی-هموگلوبین (Hb-CO) مانع از آزاد سازی اکسیژن به بافت ها می گردد.
- منواکسید کربن ۲۵۰ تا ۳۰۰ برابر اکسیژن به مولکول هم گلبول های قرمز خون علاقمندتر است ولی اتصال آن برگشت پذیر است. این اتصال موجب کاهش ظرفیت گلبول قرمز برای حمل اکسیژن و افزایش چسبندگی اکسیژن به مولکول هم و کاهش آزاد سازی اکسیژن می گردد و همین اثر موجب بروز کمبود اکسیژن در بافت های می گردد و بافت های حساس مانند مغز و قلب دچار آسیب می شوند.
- منواکسید کربن پس از جذب ریوی وارد خون شده و بیشتر آن با هموگلوبین و ۱۵٪ به میوگلوبین عضلانی متصل می شود.

- گرچه مواجهه مزمن با مقادیر کم کربوکسی هموگلوبین نیز می تواند منجر به اختلالات شناختی بشود، ولی معمولاً رابطه مستقیمی بین درصد آن و علائم بالینی وجود ندارد.
- گاز مایع یا فشرده منواکسید می تواند با برخورد با اندام ها منجر به آسیب پوست یا سرمازدگی عضو شود.

۳- منابع و کاربرد CO

متنواکسید کربن بصورت فزاینده ای در مقادیر بالا در صنعت برای تولید مواد شیمیائی واسطه ای مانند هیدروژن، فسژن، کلرید آلومینیم، اسید استیک و اسید فرمیک، ایزوسیانات، اتیلن، متانول و در صنعت متالورژی برای خالص سازی فلزات بکار می رود منابع مهم تولید گاز CO عبارتند از:

- ژنراتورهای گازی یا بنزینی تولید برق: با قطع برق هنگام حوادث دود خروجی از اگزوز ژنراتورهای پرتابل تولید برق یکی از علل شایع مسمومیت با CO است حتی هنگامیکه ژنراتور بیرون از اتاق باشد ولی نزدیک درب باز یا پنجره باز باشد می تواند منجر به مسمومیت شود لذا بایستی حداقل ۵ متر از پنجره فاصله داشته باشد.
- استفاده از وسایل گرما زای دغالی مانند کرسی و گرمازهایی که در منازل و فضاهای بسته بکار می روند. بخاری یا اجاقی گاز با تهویه نامناسب، استفاده از اجاق گاز جهت گرم کردن اتاق یا منزل.
- انسداد در مسیر خروجی گاز از جمله لوله بخاری (شایع است).
- وسایل گاز سوز مانند آب گرم کن یا شومینه گازی و بکارگیری گازپیک نیک برای گرم کردن کابین ماشین.
- روشن کردن ماشین مانند کامیون ها در فضای بسته.
- ایستادن در کنار خروجی اگزوز قایق ها، قطار و هواپیما.
- موتورخانه قایق ها و کشتی ها.
- آتش سوزی ها و استنشاق دوده و گازهای حاصل از سوختن مواد داخل ساختمان.
- بلع محلول های پاک کننده و رنگ بر های حاوی متیلن کلراید (Methylene chloride) نیز می توانند تولید CO بکنند.
- آتشفشان.
- ایستادن در فضای بسته ای که از اسپری رنگ استفاده شده باشد.

نکته: بیشترین موارد مسمومیت با گاز CO در شروع سرما و بدتبیل اولین استفاده از وسایل گرمازا در منازل رخ می دهد.

۴- روش‌های مواجهه و تماس

الف: مواجهه تنفسی: آلودگی تنفسی مهمترین و شایعترین راه تماس می باشد. تنفس گاز منواکسید کربن به شدت خطرناک است و می تواند منجر به مرگ شود. مسمومیت حاد با این گاز در ایران پناام گاز گرفتگی شناخته می شود.

ب: مواجهه پوستی: در تماس با مایع سرد کننده CO در موارد نشت مخازن نگهدارنده گاز مایع فشرده از جمله گاز یخچال دیده می‌شود.

نکته: مواجهه با غلظت‌های بالای گاز CO حتی در زمان کوتاه و یا مواجهه با غلظت کم ولی طولانی مدت می‌تواند منجر به مسمومیت شدید بشود.

۵- نحوه بروز مسمومیت با CO

- ۱- نوع غیر عمدی و بدون ارتباط با آتش سوزی: بصورت اتفاقی و حادثه ای رخ می دهد و به ویژه با شروع سرما در زمستان شیوع دارد و معمولاً زمانی که برق یا گاز قطع شود مردم به وسایل گرمای قدیمی یا استفاده از ذغال و چوب روی می آورند و ممکن است اپیدمی مسمومیت رخ بدهد.
- ۲- نوع غیر عمدی مرتبط با آتش سوزی: در حوادث آتش سوزی بزرگ همیشه احتمال مسمومیت با گاز منواکسید کربن وجود دارد.
- ۳- نوع عمدی: ناشایع است ولی ممکن است به عنوان روشی برای خودکشی یا دیگر کشتی استفاده شود.



شکل ۱: حوادث دسته جمعی با گاز CO

Mass Disaster Casualty

۶- علایم و نشانه‌های مسمومیت CO

علایم و نشانه‌های مسمومیت با مونواکسیدکربن بسیار غیر اختصاصی و متنوع بوده و از یک حالت خفیف شبیه به سرماخوردگی تا یک حالت شدید شبیه به سکته مغزی یا قلبی، کُما، آپنه و مرگ متغیر می‌باشد.

الف: علایم مسمومیت خفیف: مسمومیت خفیف تا متوسط شبیه به سرماخوردگی به ویژه آنفلوآنزا با علایمی مانند خستگی، سردرد، سرگیجه، تهوع و خواب آلودگی یا شبیه به مسمومیت غذایی بصورت گاستروانتریت و یا در نوزادان بصورت کولیک دیده می‌شود.

ب: علایم مسمومیت شدید: مسمومیت شدید می‌تواند علایم بسیاری از بیماری‌ها از جمله حوادث عروقی مغز (سکته مغزی) با علایم عصبی موضعی یا اختلالات روانشناختی، بیماری حاد عروقی کرونر و اختلال همودینامیکی قلب و عروق (سنگوپ) را تقلید نماید.

۶-۱- تظاهرات عمومی: سردرد، سرگیجه، ضعف عمومی، درد معده، تهوع، استفراغ، احساس خستگی، تنفس کوتاه، خواب آلودگی و درد قفسه سینه شایعترین علایم مسمومیت و مواجهه با گاز منواکسیدکربن هستند. سردرد شبیه به سردرد عصبی (tension-type headache) یا میگرنی، شایعترین و اولین علامت مسمومیت با CO می‌باشد.

۶-۲- تظاهرات عصبی و نورولوژیک: آریتاسیون، کاهش سطح هوشیاری (گیجی و خواب آلودگی تا اغما)، خستگی، ضعف عمومی شدید، عدم تعادل (مانند افراد مست)، گرفتگی عضلانی و تشنج.

ضعف عمومی شدید، عدم تعادل (مانند افراد مست)، درمخی عضلانی و نسج.

۶-۳- تظاهرات تنفسی: بصورت تنفس نامنظم، تنفس تند و سطحی و کوتاه، ایست تنفسی، ادم ریوی، سیانوز و هیپوکسی می باشد. در مراحل اول به دلیل کمبود اکسیژن بیمار تند تند نفس می کشد و اختلال اسید و باز بصورت آلکالوز تنفسی رخ می دهد. در مراحل بعدی به دلیل کمبود اکسیژن و متابولیسم بی هوازی و بروز شوک لاکتات افزایش یافته و اسیدوز متابولیک رخ میدهد. ادم ریوی نوع قلبی یا کاردیوژنیک به دلیل نارسایی حاد عضله میوکارد و ادم غیرقلبی (ARDS) در اثر کمبود اکسیژن رخ می دهد.

۶-۴- علایم گوارشی: تهوع و استفراغ.

۶-۵- تظاهرات قلبی - عروقی: تاکی کاردی، برادی کاردی، افت فشار خون، سنکوپ، شوک، دیس ریتمی و درد قفسه سینه، سیانوز و انفارکتوس حاد ناشی از هیپوکسی. تروپونین ممکن است علی رغم طبیعی بودن نوار قلب یا اکو بالا باشد. دیس ریتمی یکی از دلایل شایع مرگ در ساعت های اول مسمومیت می باشد.

۶-۶- سایر علایم: کاهش حافظه، اختلال در تمرکز و تفکر، تحریک پذیری، رفتارهای عجیب و غریب، افت درجه حرارت بدن (هیپوترمی)، دفع ادرار تیره به دلیل رابدومیولیز، اختلالات شناختی، توهم و هذیان و رفتارهای عجیب و غریب (حالت مستی). تغییر رنگ آلبالویی پوست بصورت نادر و تاول های پوستی تنها در مسمومیت های شدید و به دلیل ترکیبی از اثر مستقیم گاز منواکسید کربن و اثر فشاری ممکن است دیده شود.

۶-۸- علائم مواجهه با گاز فشرده CO

نشت از مخزن نگهدارنده مایع فشرده گاز CO از جمله گاز مایع یخچال موجب متسع شدن سریع گاز و تولید سرما می‌شود و مواجهه بدن با آن می‌تواند منجر به آسیب پوستی یا سرمازدگی عضو (frostbite) بشود. بنابراین استفاده از لباس مخصوص حفاظتی برای چشم و پوست توصیه می‌شود.

۷- شدت مسمومیت

در هر بیمار با مسمومیت با گاز منواکسیدکربن تعیین شدت مسمومیت برای تصمیم گیری درمانی و همچنین تعیین پیش آگهی و تصمیم گیری در خصوص بستری یا ترخیص و تدوین برنامه درمانی ضرورت دارد. مسمومیت شدید می تواند منجر به عوارض ماندگار و مرگ بشود.

شاخص های مهم در مسمومیت شدید:

- مواجهه با غلظت بالای CO یا مواجهه طولانی مدت با غلظت های متوسط.
- علائم بالینی: پیشرفت علائم بالینی و عدم بهبودی با گذشت بیش از ۲ ساعت، ادم ریوی، ادم مغزی و تشنج، نشانه های بروز ایسکمی قلبی و یا بروز نارسایی حاد کبدی و کلیوی.
- سطح COHB بیش از ۴۰ درصد.
- اسیدوز متابولیک شدید ($PH < 7.2$).

۶-۷- علائم آزمایشگاهی

- افزایش سطح خونی کمپلکس کربوکسی-هموگلوبین (COHb).
- طبیعی بودن میزان اشباع اکسیژن خون شریانی در پالس اکسی متری.
- بالا بودن سطح فشار اکسیژن شریانی.

۸- عوارض مسمومیت با گاز CO

گاز منواکسید کربن برای هر فردی می تواند خطر آفرین باشد ولی گروه های زیر بیشتر از سایرین در معرض خطر بروز عوارض حاد یا تاخیری گاز منواکسید کربن هستند و این افراد ممکن است بدون بروز علائم فوت نمایند.

۸-۱- گروه های در معرض خطر

- بچه های کم سن و سالمندان.
- زنان باردار.
- افراد با بیماری زمینه ای قلبی-عروقی بویژه بیماری عروق کرونر قلب.
- افراد با بیماری زمینه ای ریوی.
- افراد مبتلا به کم خونی.
- افراد با کاهش سطح هوشیاری از جمله مصرف الکل یا داروهای خواب آور.
- مواجهه با گاز CO هنگام خواب.

۸-۲- عوارض مهم و حاد مسمومیت با گاز منواکسید کربن

✚ آنژین صدری و سکته حاد قلبی ناشی از اختلال در اکسیژن رسانی.
✚ ایسکمی روده ها.

- ✦ ایسکمی احشا از جمله کبد (هیپاتیت حاد ایسکمیک).
- ✦ رابدومیولیز و بروز نارسایی حاد کلیوی توبولار.
- ✦ پنومونی آسپیراسیون ثانویه به کاهش سطح هوشیاری.
- ✦ نکروز عضلانی (میونکروز) و سندرم کومپارتمان.
- ✦ خونریزی شبکیه چشم (به ویژه در مواجهه طولانی مدت با منواکسید کرین).

در مورد بسود.

۶-۱۱ - مسمومیت مزمن

مسمومیت مزمن در تماس طولانی مدت یا مکرر با غلظت پایین CO از جمله در محیط کار رخ می دهد. تظاهرات شایع مسمومیت مزمن عبارتند از:

- سردرد دایم، مبهم و خفیف در ناحیه پیشانی، تپش قلب، سرگیجه، عدم تعادل و خواب آلودگی.
- درد قفسه سینه (به دلیل آنژین یا سکته قلبی).
- احساس خستگی، درد عضلانی و احساس بیماری.
- اختلال حافظه، بیقراری، اختلالات شناختی و شخصیتی.

۸-۳- عوارض تاخیری و مزمن

عوارض عصبی دیررس و ماندگار گاز CO ممکن است تا ۴۰ روز بعد بروز نمایند. در مسمومیت های شدید شیوع آن حدود ۱۵٪ می باشد و در افراد بالای ۳۰ سال و افرادی که مواجهه طولانی مدت با گاز منواکسیدکربن داشته اند شایعتر است. عوارض تاخیری و دیررس شامل:

- عوارض عصبی: فلج عضلانی، پارکینسونیسم، اختلال حسی-حرکتی اندام ها (نوروپاتی محیطی).
- اختلالات رفتاری و روانی و کاهش قوای ذهنی (زوال عقل) و فراموشی.
- بی اختیاری مدفوع و یا ادرار.
- کوری (به دلیل آسیب ناشی از فقدان اکسیژن در قشر بینائی).

۶-۹- علایم مسمومیت در کودکان

- شامل تهوع و استفراغ، سردرد، لثاری و تشنج می باشد.
- علایم شبیه به گاستروانتریت، کولیت روده در شیرخواران.
- بچه ها نسبت به بزرگسالان به مسمومیت متواکسید کربن حساس ترند و در COHb کمتر از ۱۰٪ هم علامت دار می شوند ولی برعکس احتمال بروز آسیب های نورولوژیک تأخیری در بچه ها کمتر است و با درمان اکسیژن بموقع به کمتر از ۲۰٪ میرسد ولی بهر حال در بچه ها آسیب مغزی می تواند منجر به اختلال در تمرکز و افت تحصیلی و اختلالات رفتاری بشود.

۶-۱۰- علایم مسمومیت در دوران بارداری

علایم در مادر باردار شبیه به سایر افراد بالغ است ولی نکته مهم این است که جنین نسبت به مادر از حساسیت بسیار بیشتری به متوکسیدکربن برخوردار می باشد و گاز متوکسیدکربن در دوران بارداری بسته به سن حاملگی می تواند تراژدیک باشد. آسیب به جنین می تواند منجر به کاهش وزن تولد، مرده زایی، مرگ دوران نوزادی و اختلالات رفتاری در نوزاد بشود.

۹- تشخیص مسمومیت CO

تشخیص زودرس بسیار اهمیت دارد و به شدت میزان مرگ و میر را کاهش می دهد. استفاده از تجهیزات شناساگر (Detector) مهم است.

تشخیص بر پایه شرح حال مثبت مواجهه با گاز منواکسید کربن و مشاهده علایم و نشانه های بالینی و سطح COHB بیش از ۱۰ درصد داده می شود.

در شروع فصل سرما و در صورت استفاده از وسایل گرما زا و یا حضور در کانون آتش سوزی بایستی به فکر مسمومیت CO بود.

۹-۱- نکات مهم در شرح حال

- نوع حادثه (آتش سوزی، استفاده از وسایل گرمازا، آلودگی با گاز مایع فشرده یا مایع سردکننده CO) را مشخص نمایید؟
- زمان دقیق مواجهه و مدت تماس با گاز CO را مشخص نمایید؟
- آیا بیمار در مرحله پیش بیمارستانی اکسیژن دریافت نموده است؟
- علایم بیمار در ابتدا چه بوده؟ و آیا علایم بیمار روبه وخامت گذاشته یا در حال بهبودی است؟
- در مورد بیماری های زمینه ای از جمله بیماری عروق قلبی، ریوی و کم خونی که موجب تشدید مسمومیت و افزایش خطر بروز عوارض می شوند پرسش نمایید؟

۹-۲- نکات مهم در معاینه

- نبض و فشار بیمار را اندازه گیری نمایید (بررسی علائم شوک).
- تنفس بیمار را بررسی کنید.
- سطح هوشیاری بیمار را ارزیابی نمایید.
- شدت مسمومیت را تعیین نمایید (مسمومیت خفیف است یا شدید؟).

۹-۳- انجام آزمایشات و اقدامات تشخیصی - درمانی ضروری

- انجام پالس کواکسی متری؛ جهت تعیین سطح سرمی کربوکسی-هموگلوبین (COHb) و تعیین سطح اشتباع اکسیژن خون شریانی (O2 Saturation).
- شمارش سلول های خونی (CBC)، سطح گلوکز سرم، هماتوکریت و هموگلوبین، آزمایشات عملکرد کلیوی و کبدی.
- اندازه گیری LDH, CPK و بررسی ادرار از نظر وجود میوگلوبین برای بررسی عارضه رابدومیولیز.
- بررسی ایسکمی و انفارکت قلبی؛ شامل اندازه گیری CK-MB، تروپونین و تهیه نوارالکتریکی قلب (EKG) و در صورت بروز افت فشار خون و شوک انجام اکوکاردیوگرافی قلبی.
- تهیه عکس رادیولوژی قفسه سینه در بیماران با کاهش هوشیاری، علائم قلبی و اختلال تنفسی.
- در تمامی زنان در سنین باروری با تشخیص مسمومیت با منواکسید کربن بایستی تست بارداری درخواست شود.
- انجام سیتی اسکن مغزی در صورت تشنج و یا اغما جهت بررسی آسیب و ادم مغزی.
- معاینه ته چشم (فوندوسکوپی) در صورت وجود اختلال بینائی.

۹-۴- معیارهای تشخیصی

- شرح حال مواجهه با گاز CO مانند حضور در کانون آتش‌سوزی.
- وجود علائم و نشانه‌های مسمومیت.
- علائم مثبت پاراکتیکی زیر:
 - بالا بودن سطح خونی COHb در پالس کواکسی متری (Co-oxymetry).
 - طبیعی یا بالا بودن سطح اشباع اکسیژن شریانی (O_2 Saturation) در پالس اکسی متری (Oxymetry).
 - طبیعی یا بالا بودن فشار اکسیژن شریانی (PaO_2) در بررسی گازهای خون شریانی (ABG).
 - بالا بودن فشار اکسیژن در خون وریدی.
 - رنگ آلبالویی یا قرمز روشن خون وریدی.

نکات مهم کربوکسی - هموگلوبین

- ✓ سطح کربوکسی هموگلوبین خون کاربردی ترین آزمایش جهت تشخیص مواجهه و مسمومیت محسوب می‌شود و تا ۱۰٪ طبیعی محسوب می‌گردد.
- ✓ کواکسی متری یک روش غربالگری برای تعیین سطح COHb یا حساسیت خوب می‌باشد و به ویژه در بیماران مراجعه کننده به اورژانس یا علائم غیراختصاصی که شک مسمومیت با متواکسیدکربن وجود دارد، کاربرد تشخیصی دارد.
- ✓ کواکسی متری در محل انتشار گاز CO از جمله کانون آتش‌سوزی، برای غربالگری قربانیان و تشخیص افراد مسموم شده کاربرد دارد.
- ✓ افراد سیگاری ممکن است کربوکسی هموگلوبین بالا تا ۱۰٪ داشته باشند.
- ✓ کربوکسی-هموگلوبین بیش از ۱۰٪ نشانه مسمومیت و بیش از ۳۰ تا ۴۰٪ نشانه مسمومیت شدید می‌باشد.

۹-۵- طبقه‌بندی احتمال مسمومیت

مورد مشکوک! هر فرد حاضر در کانون آتش‌سوزی، مشکوک به مسمومیت با گاز منواکسیدکربن فرض می‌شود (جدول زیر موارد مشکوک را نشان می‌دهد).

مورد احتمالی?: فردی که مدت زمان کافی در مواجهه با گاز CO قرار داشته است با شک بسیار قوی مسموم شده است.

مورد تایید شده و قطعی?: شرح حال مثبت مواجهه با گاز CO به همراه علائم بالینی مسمومیت و سطح خونی کربوکسی-هموگلوبین بالای ۱۰ درصد.

نکته: امکان تشخیص گاز منواکسیدکربن در محیط توسط دستگاه آشکار کننده (Detector) وجود دارد.

مواردی که بایستی به مسمومیت گاز CO شک نمود:

- ✓ بروز علائم یکنسان و شبیه به هم در چند نفر در منزل یا محل کار به ویژه در شروع هوای سرد و استفاده از وسایل گرمایشی.
- ✓ از بین رفتن علائم زمان خروج فرد از محیط آلوده و بروز مجدد علائم هنگام برگشت به محیط.
- ✓ بازگشت یا تکرار علائم مسمومیت.
- ✓ هر فردی که با کاهش سطح هوشیاری یا علت نامشخص از یک فضای بسته به اورژانس آورده شده باشد.

۹-۶- تشخیص‌های افتراقی

علائم مسمومیت با منواکسیدکربن کاملاً غیراختصاصی است و شبیه به انفلوانزا، سندرم ویروسی، سردرد میگرنی یا تنگی و مسمومیت غذایی است. در موارد مسمومیت شدید، منواکسیدکربن می‌تواند تظاهرات هر بیماری را از جمله سکته مغزی، سکته قلبی، نارسایی کلیه، بیماری حاد کبدی و یا اختلالات روانشناختی را تقلید نماید و با این بیماری‌ها اشتباه شود.

رد سایر علل کوما از جمله تروماها، مسمومیت با گازهای خفه‌کننده در کانون آتش‌سوزی مانند سیانید و غیره، مسمومیت با سایر مواد شیمیایی یا داروها ضرورت دارد. بهمین منظور تعیین گلوکز خون، سی تی اسکن مغز، لومبار پانکچر، اسکرین دارویی، بررسی الکل و مواد مخدر جهت رد این علل ضرورت دارد.

۱۰- پیش آگهی

۱۰-۱- پیش آگهی خوب

- ✓ بیمارانی که مدت کوتاهی در مواجهه با غلظت کم گاز CO بوده اند.
- ✓ مسمومیت خفیف.
- ✓ بازگشت سریع علایم مسمومیت.

۱۰-۲- پیش آگهی بد

- ✚ مواجهه طولانی مدت با گاز CO.
- ✚ مسمومیت شدید.
- ✚ بیماران با شوک، تشنج، ایسکمی قلبی، نارسایی حاد کلیوی و ادم ریه .
- ✚ بروز تغییرات زودرس در ۲۴ ساعت اولیه در سی تی اسکن مغزی.
- ✚ وجود علائم اختلال عصبی موضعی (Focal neurologic signs).
- ✚ اسیدوز شدید و افزایش میزان لاکتات سرم: شدت اسیدوز و میزان افزایش لاکتات یک شاخص پروگنوستیک محسوب می گردند.
- ✚ سن بالا (بیش از ۳۶).
- ✚ سطح بالای کربوکسی هموگلوبین ($\text{COHb} > 25\%$).

نکته: سطح COHb شاخص پیش گویی کننده مناسبی برای شدت علائم بالینی یا پیش آگهی نهایی بیمار محسوب نمی گردد. یعنی نمی تواند تعیین کند کدام بیمار دچار کاهش سطح هوشیاری یا آسیب های عصبی تاخیری خواهد شد. بنابراین سطح بالای COHb تنها تایید کننده مواجهه با گاز CO بوده و برای تعیین پیش آگهی کاربردی ندارد.

۱۱- شعاع ایزولاسیون و اقدامات حمایتی

در موارد آتش‌سوزی در صورتیکه مخزن بزرگ باشد مانند واگن قطار، تانکر حمل و نقل در معرض خطر آتش قرار گرفته است بایستی در تمامی مسیرها ۸۰۰ متر تخلیه تخلیه افراد صورت گیرد. در آسیب مخازن کوچک شعاع ایزولاسیون اولیه (First isolation in all direction) در تمامی جهات ۳۰ تا ۲۰۰ متر می باشد. جدول (۲) فاصله را در نشت از مخزن نشان می دهد.

جدول ۲: شعاع ایزولاسیون و اقدامات حمایتی در هنگام نشت از مخزن

مخازن کوچک (Small Spill)			مخازن بزرگ (Large Spill)		
ایزولاسیون اولیه در		حمایت افراد در مسیر باد	ایزولاسیون اولیه در		حمایت افراد در مسیر باد
تمامی جهات		شب	تمامی جهات		شب
30 m		1000 m	200 m		1200 m
		روز			4400 m
		2000 m			

۱۲- تجهیزات حفاظت شخصی (PPE)

در حوادث تصادفی یا عمدی (حمله جنگی یا تروریستی) کارخانه ها از جمله انفجار خطر آسیب به مخازن نگهدارنده گاز مایع فشرده CO وجود دارد و همچنین در صورت آتش سوزی خطر تولید گاز CO وجود دارد. در مواقعی که هنوز نوع مواد سمی آزاد شده مشخص نگردیده است ضرورت دارد که پرسنل امدادی در منطقه داغ از تجهیزات حفاظت فردی (PPE) کامل سطح A و رسیپراتور استفاده نمایند.

آتش نشانان نیز بایستی با لباس مخصوص ضدآتش و ماسک تنفسی با فشار مثبت (SCBA= self-contained breathing apparatus) وارد کانون آتش سوزی شوند.

نکته: در موارد مسمومیت تنفسی با گاز منواکسیدکربن خطر آلودگی ثانویه پرسنل امدادی و پزشکی در تماس با قربانی وجود ندارد.

۱۳-۱- اقدامات در منطقه داغ (Hot)
الف) خارج سازی سریع قربانیان از محل آلودگی

- ✓ اگر قربانی قادر به راه رفتن نمی‌باشد او را روی برانکارد قرار داده و از منطقه آلوده خارج نمایید.
- ✓ در صورت شک به ترومای همراه، گردن را با دست بیحرکت نموده و در صورت امکان از کلار گردنی و تخته پشتی بلند برای بیحرکت سازی قربانی استفاده نمایید.
- ✓ قربانی را به خارج از محیط آلوده و هوای تازه ببرید و اگر قربانی قادر به راه رفتن است از او بخواهید که با سرعت از محل آلوده به گاز CO خارج شده و به فضای باز برود و از هوای تازه تنفس نماید.

ب) اقدامات حیاتی اولیه

- ✓ با ماسک به بیمار اکسیژن ۱۰۰٪ بدهید.
 - ✓ در صورتیکه بیمار تنفس ندارد، اقدام به لوله گذاری راه هوایی نمایید.
- نکته: در صورت مسمومیت با چندین گاز از جمله حضور در کانون آتش‌سوزی، بدون داشتن تجهیزات تنفسی اقدام به احیای تنفسی نکنید.

ج) انتقال قربانی به منطقه امن

- ✓ به محض پایدار نمودن علائم حیاتی، قربانی را به سرعت به داخل آمبولانس یا وسیله نقلیه انتقال دهید.
- ✓ در حین انتقال اکسیژن ۱۰۰٪ تجویز نمایید.
- ✓ قربانیان بدحال (نارسایی شدید تنفسی یا بدون تنفس، شوک و کلاپس قلبی عروقی، بدون نبض، تشنج مکرر و ناپایداری علائم حیاتی) را بایستی به فوریت به اولین مرکز درمانی انتقال داد.

شکل ۲: چارت اقدامات پزشکی در کانون حادثه گاز متواکسیدکربن



۱۳-۲- اقدامات در منطقه گرم (ناحیه آلودگی زدایی)

✓ مسمومیت تنفسی با گاز منواکسیدکربن نیازی به سم زدایی ندارد و خطر آلودگی ثانویه پرسنل امدادی نیز وجود ندارد.

✓ ادامه تجویز اکسیژن بعنوان آنتی دوت (پادزهر).

۱۳-۳- اقدامات در منطقه سرد (حمایتی)

✚ تنفس بیمار را بررسی نموده و مطمئن شوید که راه های هوایی فوقانی باز و بدون انسداد هستند و در صورت نیاز اقدامات لازم جهت حمایت تنفسی را بر مبنای پروتکل ALS ارایه نمایید. در صورت فقدان تنفس، لوله گذاری تراشه را مدنظر قرار دهید و به قربانی تنفس مصنوعی بدهید.

✚ اکسیژن ۱۰۰٪ با ماسک تجویز نمایید.

✚ قربانی را گرم نگه دارید.

✚ نبض بیمار را بررسی نموده و در صورت وجود شوک و در صورت امکان، برای بیمار دو رگ بزرگ با آنژیوکت بگیرید و مایعات وریدی افزایش دهنده حجم داخل عروقی مانند نرمال سالین تجویز نمایید.

✚ هرگز بیمار را وادار به استفراغ نکنید (خطر آسپیراسیون و خفگی).

✚ فوراً بیمار را به یک مرکز درمانی منتقل نمایید.

✚ در حین انتقال بیمار بدحال، او را تحت پایش تنفسی و قلبی-عروقی قرار دهید.

✚ در صورت در دسترس بودن مرکز مسمومیت، انتقال وی به مرکز مسمومین در اولویت می باشد.

نکته‌ها:

- ✓ شرط اساسی حفاظت از خود می باشد بنابراین در قربانیان حاصل از آتش‌سوزی، از ماسک تنفسی و لباس مخصوص استفاده نمایید.
- ✓ تمامی بیماران علامت دار بایستی به بیمارستان برده شوند و تا زمان بهبودی علایم در بیمارستان تحت نظر باشند.
- ✓ تجویز آنتی دوت مسمومیت با گاز CO (اکسیژن ۱۰۰٪) را از راه ماسک فشاری (nonrebreather) تا زمانیکه بیمار بدون علامت شود، ادامه دهید.

۱۳-۴- مدیریت حوادث با قربانیان زیاد

- 🔻 در صورت وقوع حوادث با قربانی زیاد (MCI) ، وضعیت قربانیان را با استفاده از سیستم تریاژ ملی (START) از نظر آسیب های تهدید کننده حیات ارزیابی کنید.

۱۳-۶- اقدامات پزشکی بیمارستانی

هدف اصلی درمان در اورژانس بیمارستان، رفع کمبود اکسیژن و اکسیژن رسانی مناسب و پیشگیری از بروز آسیب های ناشی آن از جمله سکته حاد قلبی، آسیب های مغزی و عوارض دیررس کمبود اکسیژن، با تجویز آنتی دوت یا پادزهر (اکسیژن ۱۰۰٪) و درمان های علامتی و حمایتی می باشد. مهمترین اقدام درمانی تمرکز بر روی راه هوایی و تجویز اکسیژن می باشد.

مسمومیت خفیف تا متوسط تنها نیاز به تجویز اکسیژن، پایش و مانیتورینگ تنفس، سیستم قلب و عروقی و درمان علامتی دارد، در حالیکه مسمومیت های شدید نیاز به بستری در بخش مراقبت های ویژه داشته و علاوه بر اقدامات فوق ممکن است نیاز به لوله گذاری راه هوایی، تنفس مصنوعی، و درمان اکسیژن هیپرباریک داشته باشند. بیمار با مسمومیت شدید، نیاز به معاینه مکرر نورولوژیک به ویژه جهت بررسی ادم مغزی دارد. میزان مرگ و میر در مسمومیت های شدید در صورت تجویز اکسیژن ۱۰۰٪ و مراقبت های ICU تا ۳۰٪ می باشد.

۱۳-۶-۱- معیارهای لوله‌گذاری تراشه

- توقف تنفس و ادم ریوی.
- کاهش شدید سطح هوشیاری و عدم توانایی بیمار در حفظ راه هوایی.
- اختلال همودینامیکی شدید و مقاوم به درمان.
- روبه وخامت گذاشتن حال بیمار.
- اسیدوز متابولیک شدید ($\text{PH} < 7.1$) بدون پاسخ به درمان رایج.
- نیاز به انجام اکسیژن درمانی هیپرباریک (HBO).
- قربانیان کانون آتش‌سوزی با مسمومیت همزمان با سایر گازهای خفه کننده.

نکته: در قربانی که به دنبال تنفس گازهای ناشی از آتش‌سوزی (smoke inhalation injuries) دچار آسیب ریوی شده اند، لوله گذاری زودرس راه هوایی و تجویز اکسیژن از راه لوله تراشه را مدنظر قرار دهید.

۱۳-۶-۲- مراحل درمان مسمومیت CO

- a. پایدار نمودن علایم حیاتی
- b. تجویز اکسیژن ۱۰۰٪ بعنوان آنتی دوت (پادزهر)
- c. درمان‌های علامتی

۱۳-۶-۳- پایدار نمودن علایم حیاتی

علایم حیاتی قربانی به ویژه تنفس و نبض بیمار را بررسی نمایید و در صورت ناپایداری وی را بر مبنای پروتکل ALS تحت حمایت تنفسی و قلبی عروقی (A,B,C,D) و حمایت تنفسی قرار دهید.

۱۳-۶-۴- تجویز آنتی دوت (اکسیژن تراپی)

🔥 اکسیژن پادزهر مسمومیت با گاز CO محسوب می‌شود و باستی برای تمامی بیماران علامتدار، اکسیژن ۱۰۰٪ به مدت حداقل ۴ ساعت تجویز نمود. مانیتورینگ سطح کربوکسی هموگلوبین با پالس کواکسی متری حین اکسیژن تراپی تازمانی که بیمار بدون علامت شود یا سطح کربوکسی هموگلوبین به کمتر از ۵٪ برسد، توصیه می‌شود.

- 🔻 تجویز اکسیژن منجر به حذف منواکسید کربن و تسهیل در جدا شدن اکسیژن از مولکول COHB می‌شود. با تجویز اکسیژن ۱۰۰٪ نیمه عمر کربوکسی هموگلوبین از ۴ تا ۶ ساعت به کمتر از ۶۰ تا ۷۵ دقیقه می‌رسد.
- 🔻 توصیه می‌شود اکسیژن با ماسک یا فشار مثبت (pressure mask) یا از راه لوله تراشه به بیمار رسانده شود.
- 🔻 زنان باردار بایستی مدت زمان بیشتری اکسیژن دریافت نمایند.

۱۳-۶-۵- درمان های علامتی

- درمان هیپوتانسیون و شوک: در مسمومیت های شدید و بیمار با شوک و کوما، گرفتن دو رگ بزرگ با آنژیوکت، کارگذاری کاتتر فولی ادراری، کنترل میزان دفع ادرار ۲۴ ساعته، گرفتن رگ بزرگ مرکزی با کار گذاشتن CV Line و اندازه گیری فشار وریدهای مرکزی و تجویز وریدی مایعات کریستالوئید کافی، تجویز تنگ کننده های عروقی و داروهای اینوتروپ مثبت بویژه در موارد دپرسیون و نارسایی حاد میوکارد قلبی توصیه می گردد.
- درمان تشنج: استفاده از داروهای بنزودیازپینی و باریتورات ها.
- حفظ کارکرد کلیه: با تجویز مایعات وریدی و هیدراتاسیون کافی.
- درمان رابدومیولیز: با تجویز مایعات وریدی و هیدراتاسیون کافی، برقراری دیورز ادراری مناسب و در صورت لزوم تجویز بی کربنات سدیم جهت برقراری دیورز قلیائی.
- درمان دیس ریتمی: آریتمی های خطرناک و تهدید کننده را طبق پروتکل استاندارد حمایت پیشرفته قلبی (ALS) درمان نمایید.

- بیماری با مسمومیت متوسط که پس از 6 ساعت اکسیژن تراپی، بدون علائم بالینی و بدون علائم آزمایشگاهی مبنی بر ایسکمی قلبی باشد را می توان از اورژانس بیمارستان ترخیص نمود.
- بیماران با مسمومیت شدید، اختلال نورولوژیک، آسیب قلبی و زنان باردار بایستی در بخش بستری شوند.
- بیماران با علائم اغما، تشنج، شوک، ادم ریوی، دیسترس تنفسی، نارسایی حاد کلیوی، انفارکت قلبی، رابدومیولیز شدید و پیشرونده نیاز به بستری در بخش مراقبت های ویژه دارند.
- پیش از ترخیص نام و تلفن بیمار را ثبت و درخواست مشاوره با توكسیكولوژیست (متخصص سم شناسی پزشکی) نمایید.

اندیکاسیون های مشاوره با متخصص سم شناسی پزشکی

- تمامی مسمومیت های شدید
- احتمال نیاز به درمان اکسیژن هیپرباریک
- پیش از ترخیص بیمار از اورژانس

۱۳-۷- اقدامات درمانی - تشخیصی تخصصی در بخش مسمومیت یا آی سی یو

- A. ادامه اکسیژن درمانی و در صورت نیاز درمان با اکسیژن هیپرباریک.
- B. مانیتورینگ قلبی-عروقی و تنفسی.
- C. برقراری دیورز کافی و حفظ عملکرد کلیوی.
- D. درمان های علامتی؛ شامل درمان تشنج/ شوک/ اختلال الکترولیتی و اختلالات اسیدوز و باز.
- E. بررسی قلب از نظر انفارکتوس قلبی و یا نارسایی حاد میوکارد.
- F. اقدامات تشخیصی-درمانی برای بروز ایسکمی حاد در کلیه (ARF) و هپاتیت ایسکمیک.
- G. بررسی بروز ایسکمی مغزی و تعیین عوارض نورولوژیک و شناختی.
- H. مانیتورینگ از نظر بروز رابدومیولیز و درمان آن: تجویز مایعات کریستالوئید وریدی و هیدراتاسیون کافی و برقراری دیورز قلیایی ادرار (Forced alkaline diuresis).
- I. شناسایی و درمان سندرم کومپارتمان.
- J. درمان عوارض احتمالی: مانند ایسکمی مغزی، قلبی، کبدی و رابدومیولیز.
- K. سایر داروها: تجویز داروهایی مانند ان-استیل سیستین، ویتامین C و E برای جلوگیری از کاهش آسیب سلولی ناشی از هیپوکسی سلولی.
- L. درخواست آزمایشات ضروری:

✓ بررسی ادرار از نظر وجود میوگلوبین اوری.

✓ بررسی CPK، لاکتات سرم (LDH) برای تشخیص رابدومیولیز.

- ✓ تهیه عکس ساده ریه در موارد مشاهده علایم اختلال تنفسی مانند خس خس سینه، سرفه و تنگی نفس و احتمال پنومونی اسپیراسیون.
- ✓ تهیه نوار الکتریکی قلب به ویژه برای بررسی علایم ایسکمی قلبی و هیپرکالمی و بررسی آنزیم های قلبی شامل CK-MB و تروپونین جهت رد یا تایید ایسکمی قلبی ثانویه به اختلال در اکسیژن رسانی به قلب.
- ✓ اکوکاردیوگرافی در صورت بروز شوک و ادم ریوی.
- ✓ بررسی گلوکز سرم: در بیماران با وضعیت اغما، بررسی گلوکز سرم ضروری است. هیپوگلیسمی و هیپرگلیسمی هر دو نیاز به درمان دارند.
- ✓ بررسی عملکرد شناختی مغز (بررسی نورو سایکولوژیک) با آزمون Mini mental status exam
- ✓ انجام سی تی اسکن یا ام آر آی مغز جهت بررسی آسیب های هیپوکسیک مغزی.

۱۳-۷-۱- درمان پیشرفته شوک و اختلال همودینامیکی

در صورت مشاهده علایم و نشانه های شوک و فشار خون کمتر از ۸۰ میلیمتر جیوه در بالغین یک لیتر محلول نرمال سالین وریدی تزریق و در صورت نیاز تکرار نمایید (در بچه ها 20ml/kg).

در صورت عدم افزایش فشارخون با تجویز کریستالوئیدها برای بیمار داروهای تنگ کننده عروقی مانند دوپامین و نوراپی نفرین را بصورت تزریق وریدی مدنظر قرار دهید.

۱۳-۷-۲- درمان اختلالات تنفسی

در صورت وجود خس خس ریه (ویزیگ) به دلیل انقباض مجاری تنفسی و برونکواسپاسم، برای بیمار اکسیژن با ماسک و برونکودیلاتور بصورت اسپری یا نتوبلازر تجویز نمایید.

Epinephrine aerosol; 0.25-0.75 mL of 2.25% racemic epinephrine solution; repeat q 20 min as needed

در کودکان با علایم انسداد راه هوایی فوقانی (استرایدور)، تجویز اپی نفرین راسمیک را در نظر بگیرید. بیمار در حین تزریق مانتیورینگ قلبی شود.

- آلکالیزاسیون با تجویز 50-100 میلی اکسی والان از محلول بی کربنات سدیم داخل یک لیتر سرم قندی ۵ درصد به همراه تجویز دیورتیک مانیتول انجام میشود.
- قلیایی کردن ادرار تا زمانی که هموگلوبین آزاد ادرار منفی شود یا زمان بروز عوارض و محدودیت های، ادامه می یابد.
- در حین دیورز قلیایی بصورت سریال سدیم، پتاسیم و کلسیم سرم را بررسی و چک نمایید.

۱۳-۷-۴- درمان هایپرکالمی

تجویز کی اگزالات/ تجویز گلوکز و انسولین/ بی کربنات سدیم/ تجویز اسپری محرک بتا (inhaled beta agonists)/ کلسیم کلراید یا کلسیم گلوکونات.

۱۳-۷-۵- درمان اکسیژن هیپراریک (HBO)

در صورت تجویز اکسیژن هیپراریک، نیمه عمر کمپلکس COHB از ۶ ساعت به ۲۰ دقیقه می رسد. بنابراین اکسیژن هیپراریک درمان انتخابی مسمومیت با CO محسوب می گردد و می تواند از بروز آسیب های شناختی و نورولوژیک تاخیری جلوگیری نماید.

۱۳-۷-۵-۱- معیارهای درمان اکسیژن هایپراریک (HBO)

- مسمومیت های شدید یا خطر آسیب مغزی دیررس
- سطح کربوکسی هموگلوبین بیش از ۲۵ درصد
- کاهش سطح هوشیاری موقت یا دائم و بروز اختلالات حاد عصبی از جمله تشنج
- سنکوپ و شوک
- اسیدوز متابولیک شدید ($PH < 7.2$) یا اسیدوز طول کشیده بدون پاسخ به درمان اکسیژن و تجویز مایعات وریدی
- بروز ایسکمی یا انفارکت قلبی (افزایش احتمال مورتالیته)
- بروز علائم نورولوژیک و اختلال روانشناختی
- زنان باردار
- زجر جنین (fetal distress)
- سن بالای ۲۶ سال
- وجود بیماری زمینه ای قلب و ریه
- مواجهه مزمن بیش از ۲۴ ساعت

نکته: در زنان باردار در صورت کاهش سطح هوشیاری، یا سطح COHb بالاتر از 25% و یا زجر جنینی درمان با اکسیژن هیپرباریک، درمان انتخابی محسوب می گردد.

۱۳-۸- پیگیری پس از ترخیص

تشخیص منبع تولید منوکسید کربن جهت پیشگیری از مسمومیت مجدد ضروری است. بیماران با مسمومیت متوسط تا شدید هر ۲ هفته یکبار بایستی از نظر بروز علائم نورولوژیک ویزیت شوند تهیه سی تی اسکن معزی یا ام آر آی برای بررسی ضایعات مغزی به ویژه در بیماران با علائم نورولوژیک اندیکاسیون دارد.

۱۴- راههای پیشگیری از مسمومیت با CO

- کار گذاشتن یک هشدار دهنده گاز منواکسید کربن در محل خواب (نزدیک تخت خواب تا با آلارم موجب بیدار شدن شما شود). بهتر است از هشدار دهنده که با باتری کار کند و از نوع دیزیتالی یا توانایی نشان دادن غلظت گاز CO استفاده نمایید. این دستگاه بایستی هر ۵ سال یکبار تعویض شود.
 - بخاری ها و دستگاه های گرم کننده بایستی سالی یکبار توسط متخصص بررسی و ارزیابی شوند.
 - از وسایل گرم کننده قابل حمل بدون شعله در اتاق در بسته استفاده نشود.
 - از باز بودن لوله های خروجی گاز (لوله بخاری) و گردش و تهویه مناسب هوا در وسیله گرم کننده با سوخت فسیلی یا گازی اطمینان حاصل نمایید.
 - هرگز از اجاق گاز برای گرم کردن منزل یا اتاق استفاده نکنید.
 - هرگز ژنراتور تولید برق گازی یا دیزلی که با سوخت فسیلی کار می کند را در حالت روشن، داخل فضای بسته قرار ندهید و حتی هنگامیکه در فضای باز است، آنرا دور از پنجره باز اتاق نگه دارید.
 - هرگز ذغال روشن را در داخل خانه استفاده نکنید.
 - کوچکترین نقص در سیستم اگزوز ماشین می تواند منجر به تجمع گاز منواکسید کربن داخل کابین ماشین بشود.
 - حداکثر زمان کار در محیط دارای منواکسید کربن ۳ ساعت برای 70 PPM، ۵۰ دقیقه در 150 PPM، ۱۵ دقیقه برای 200 PPM و برای ۸ ساعت کار حداکثر 15 PPM تعیین شده است.
 - در صورتیکه یخچال گازی بوی بد متضاعد می کند احتمال تولید و نشست منواکسید کربن هست و بایستی بلافاصله متخصص را خبردار نمود.
 - در صورت حدس به مسمومیت با گاز CO سرعت به مرکز درمانی مراجعه نمایید.
- نکته: در صورت شکست در یافتن کانون تولید گاز منوکسید کربن، مسمومیت مکرر یا مزمن رخ خواهد داد.

با تشکر از توجه شما