راهنمای موقت آموزشی در زمینه منابع تامین اکسیژن و استراتژی های توزیع آن در مراکز درمانی برای درمان بیماری COVID19 (بخش دوم)

تالیف و گردآوری: حسن کریم
و میلاد ناظمی
شرکت مهندسی و بازرسی فنی آزما
گستر نیما

این مقاله به عنوان راهنمای موقت آموزشی در مورد منابع تامین اکسیژن و استراتژی های توزیع آن برای درمان بیماری COVID۱۹ در مراکز درمانی است. این راهنما برگرفته از مشخصات فنی سازمان بهداشت جهانی WHO و صندوق ضروری کودکان سازمان ملل متحد UNICEF در زمینه دستگاه های اکسیژن درمانی به عنوان بخشی از مجموعه تجهیزات پزشکی WHO است. همچنین در این راهنما از دانش فعلی و تجربیات کشورهای درگیر با این بیماری استفاده شده است.
این راهنما برای مدیران مراکز درمانی، تصمیم گیرندگان بالینی، مسئولان تدارکات، مسئولان برنامه ریزی، مهندسان زیست پزشکی، مهندسان و سیاست گذاران زیرساخت‌ها کاربرد دارد. در این متن چگونگی تقاضای اکسیژن، شناسایی منابع موجود اکسیژن و انتخاب نحوه توزیع مناسب اکسیژن برای پاسخگویی به نیاز بیماران مبتلا به COVID19، به ویژه در کشورهای کم‌درآمد و متوسط تشریح می شود. سازمان بین‌المللی WHO به محض دسترسی به منابع و اطلاعات جدید، این توصیه‌ها را به روزرسانی می‌کند.
(لازم به ذکر است بخش اول این مقاله در شماره اول گاهنامه خرد منتشر گردید)

۳. منابع تامین اکسیژن

تاسیسات تولید اکسیژن مایع:

اکسیژن مایع به روش سرمایشی (کریوژنیک) در خارج از مرکز پزشکی تولید می‌شود. تجهیزات پزشکی مرتبط با تامین اکسیژن، می‌تواند به مخازن دوجداره ذخیره اکسیژن مجهز شده و در بازه‌های زمانی معین از طریق کامیون مخزن‌دار حمل اکسیژن مایع (مطابق شکل ۱۲) که متعلق به شرکت تامین‌کننده است، پر شوند. مخازن ذخیره اکسیژن مایع از طریق سیستم لوله‌کشی مرکزی (مطابق شکل ۹) به کل تأسیسات بهداشتی متصل می‌شود و اکسیژن مایع در این سیستم لوله‌کشی خود به خود تبخیر شده و تبدیل مایع به بخار عاملی برای نیروی محرک انتقال گاز اکسیژن در نقاط مصرف می‌باشد. اگرچه این روش تامین اکسیژن نسبت به سایر روش‌ها دارای مزیت اقتصادی است، اما استفاده از اکسیژن مایع به مکانیسم‌های تأمین‌کننده خارجی وابسته است و به‌دلیل خطرات ناشی از فشارهای بالاتر، احتیاط بیشتری در رابطه با حمل و نقل و ذخیره‌سازی نیاز دارد. بنابراین بازرسی‌ها و مراقبت‌های فنی منظمی باید برای این مخازن انجام شود، در

شکل ۹ نمونه‌ای از پکیج تولید اکسیژن به روش PSA

شکل ۱۲ نمونه‌ای از کامیون‌های
حمل اکسیژن مایع پزشکی

این حالت بهترین کار این است که از سیلندرها به‌عنوان منبع تامین پشتیبان نیز استفاده شود.
یادآوری- در ایران اکثر مخازن دوجداره ذخیره ثابت بر اساس استاندارد ملی ایران به شماره ۱-۱۲۴۷۴ ساخته شده و بر اساس استاندارد ملی ایران به شماره ۲-۱۲۴۷۴ تحت مراقبت‌ها و بازرسی‌های حین سرویس قرار می‌گیرند.

فرآیند تولید اکسیژن به روش جداسازی جذبی PSA:

جداسازی یک گاز مشخص از مخلوط چندین گاز، تحت فشار و بر اساس مشخصات مولکولی و تفاوت در میزان جذب بر روی جاذب می‌باشد. پکیج‌های تولید اکسیژن به روش PSA با استفاده از هوای فشرده، گاز اکسیژن با خلوص بالا تولید می کنند. در این فناوری مولکول‌های هوا به وسیله جاذب‌های متخلخل سطحی جداسازی می‌شوند. در حالت ایده آل، فقط گازی که باید از آن جدا شود جذب می‌شود، درحالی که تمام گازهای دیگر موجود در مخلوط از بستر جاذب عبور می‌کنند. غالباً از جاذب‌های حاوی کربن (به عنوان مثال غربال های مولکولی کربن فعال) و جاذب‌های اکسید (به عنوان مثال زئولیت) استفاده می‌شود. خلوص گاز جذب شده نه تنها به جاذب مورد استفاده بستگی دارد، بلکه درجه حرارت و فشار در طول فرآیند نیز مهم است. پس از اشباع شدن سطح جاذب، فرایند احیاء از طریق کاهش فشار انجام می‌شود.

شکل ۱۳ نمونه‌ای از پکیج تولید اکسیژن به روش PSA

یک پکیج تولید اکسیژن به روش PSA می تواند به عنوان یک منبع اصلی تولید اکسیژن با استفاده از فناوری PSA (مشابه تغلیظ کننده) در محل در مراکز پزشکی استفاده شود.
اکسیژن حاصل از یک پکیج PSA می تواند مستقیماً به ترمینال کنار تختخواب بیمار منتقل شود یا از یک کمپرسور تقویت کننده برای شارژ مجدد سیلندرها جهت توزیع اکسیژن (در محل یا به مراکز بهداشتی همجوار) یا برای تامین اکسیژن پشتیبان استفاده شود. این پکیج به نیروی برق مطمئنی نیاز دارد. بهترین کار این است که از سیلندرها به عنوان منبع تامین پشتیبان نیز استفاده شود.

تغلیظ‌کننده‌های اکسیژن (اکسیژن‌سازها):

تغلیظ‌کننده‌های اکسیژن در انواع ثابت و پرتابل (شکل۱۴) وجود دارند که تفاوت تنها در قابلیت حمل آن‌ها است. یک تغلیظ‌کننده اکسیژن، وسیله پزشکی است که با نیروی برق کار می‌کند و برای تغلیظ اکسیژن از هوای محیط طراحی شده است. یک تغلیظ‌کننده اکسیژن برای مکش هوا از محیط از فناوری PSA استفاده نموده و نیتروژن موجود در هوا را جدا می‌نماید به‌طوری‌که منبع اکسیژن مداوم با غلظت بیش از ۹۰٪ تولید می‌شود. اگر غلظت اکسیژن به زیر ۸۲٪ برسد نباید از آن استفاده شود.
تغلیظ‌کننده‌های اکسیژن قابل حمل بوده و می‌توانند در نواحی بالینی جابجا شوند، اما اغلب آن‌ها به‌عنوان تجهیزات ثابت کنار تخت بیمار نصب می‌شوند. امروزه مدل‌هایی از تغلیظ‌کننده‌های قابل حمل طراحی می‌شوند که قابلیت تامین جریان اکسیژن با سرعت بین ۵ تا ۱۰ لیتر بر دقیقه را دارند. هنگامی‌که تغلیظ‌کننده‌ها همراه با یک فلومتر

خِـــرَد

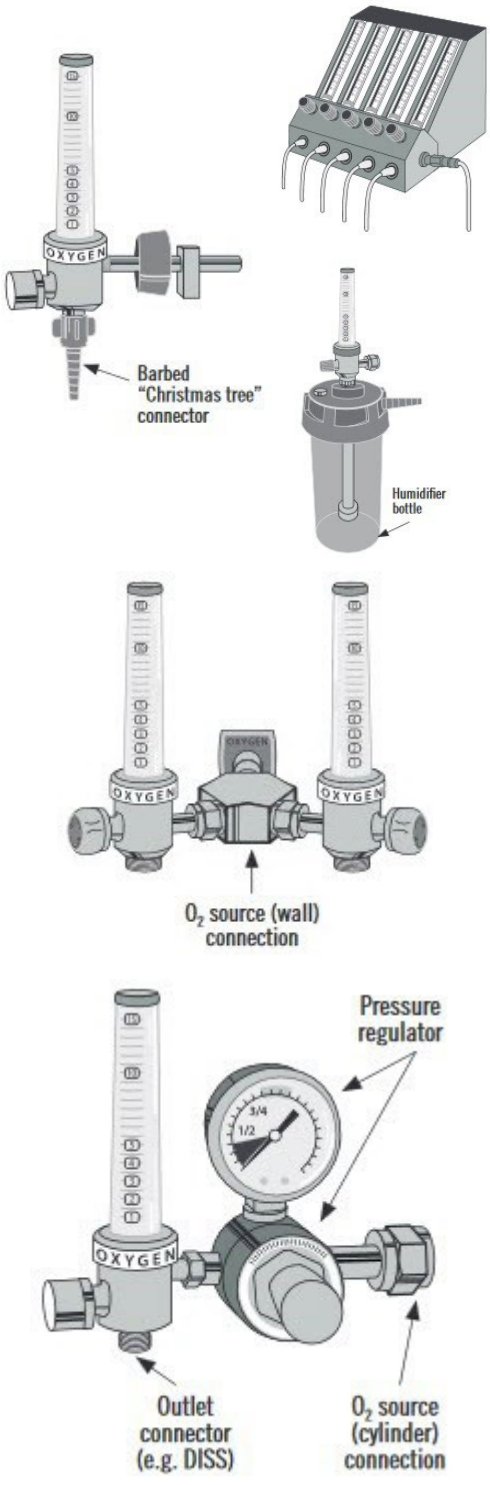
شکل ۱۴ نمونه‌ای از انواع تغلیظ کننده‌ها

(جریان‌سنج) (شکل ۱۵) دارای پایه برای تقسیم جریان استفاده می‌شوند، تغلیظ‌کننده‌ها می‌توانند اکسیژن را به‌طور همزمان به چندین بیمار ارائه دهند. تغلیظ‌کننده‌ها می‌توانند یک منبع تامین اکسیژن ایمن و مقرون‌به‌صرفه باشند، اما برای اطمینان از عملکرد صحیح به منبع برق پیوسته و قابل اعتماد، همچنین به مراقبت‌های پیشگیری منظم نیاز دارند. بهترین کار این است که از سیلندرها به‌عنوان منبع تامین پشتیبان نیز استفاده شود.

از انواع دیگر تغلیـــــظ‌کننده‌ها می‌توان به تغلیظ‌کننده‌های با قابلیت پر کردن سیلندر (شکل ۱۶) هم اشاره نمود.

یادآوری: الزامات مربوط به تامین اکسیژن توسط دستگاه تغلیظ‌کننده و سیستم لوله‌کشی گاز پزشکی در استانداردهـــــای ملی ایران به شماره ۱۰۷۶۶و ۱۱۶۳۶-۱ آورده شده است. همچنین الزامات ایمنی تغلیظ‌کننده‌های پزشکی در استاندارد ملی ایران به شماره ۶۶۰۲ ارائه می‌شود.

شکل ۱۶ نمونه‌ای از تغلیظ کننده با قابلیت پرکردن سیلندر



شکل ۱۵ انواع جریان سنج‌های مورد مصرف در تغلیظ کننده‌های اکسیژن

۴. ذخیره‌سازی اکسیژن و توزیع داخل بیمارستان‌ها

سیلندرهای اکسیژن:

گاز اکسیژن را می‌توان درون سیلندرها فشرده و ذخیره‌سازی نمود. این سیلندرها در یک کارخانه تولید گاز اکسیژن یا از طریق تقطیر کرایوژنیک یا یک پکیجPSA، پر شده و سپس به مراکز درمانی منتقل می‌شوند. سیلندرها به یکی از دو روش زیر قابل استفاده هستند:

۱. نصب مستقیم در مناطق بیمارستانی یا لوله‌کشی مستقیم؛

۲. اتصال به سیستم‌های منیفولد مرکزی (شکل ۱۷) (گروه سیلندرهایی که به‌طور موازی به هم مرتبط می‌شوند).

شکل ۱۷ نمونه‌ای از سیلندرهای متصل شده به منیفولد مرکزی

بنابراین از این طریق میتوان اکسیژن را به مناطق ویژه تسهیلات بهداشتی، حتی در سطح بخش انتقال داد. هنگامی‌که سیلندرها تنها منبع اکسیژن در یک مرکز درمانی باشند، برای اطمینان از موجودی مداوم، زنجیره تأمین قوی لازم است.

پس از پر شدن، سیلندرها به برق احتیاج ندارند، اما برای توزیع اکسیژن داخل سیلندر به چندین لوازم جانبی و اتصالات از جمله فشارسنج، رگولاتور، جریانسنج و ... نیاز است.

علاوه بر این، ذخیره یا انتقال اکسیژن پزشکی در سیلندرها باید با دقت و توسط پرسنل آموزش دیده انجام شود زیرا محتویات سیلندر تحت فشار بالایی قرار دارند.

یادآوری۱: مواد مورد استفاده در ساخت سیلندرهای اکسیژن می‌تواند از جنس فولادی، آلومینیمی و کامپوزیتی باشد.

یادآوری۲: سیلندرهای فولادی و آلومینیومی اکسیژن باید در بازه‌های زمانی حداکثر ۵ ساله بر اساس استاندارد ملی ۶۷۹۲ توسط آزمایشگاه‌های تائید صلاحیت شده تحت بازرسی و آزمون دوره‌ای قرار گیرند. همچنین الزامات مدیریت استفاده، انبارش و جابجایی سیلندرهای گاز بر اساس استاندارد ملی (آئین کار) به شماره ۷۵۶۶ آورده شده است.

شبکه‌های خط لوله توزیع داخلی بیمارستان:

این شبکه‌های خط لوله برای تأمین اکسیژن در فشار زیاد برای تجهیزاتی از قبیل دستگاه‌های بیهوشی و تنفس مصنوعی مفید هستند. یک مزیت اساسی سیستم‌های خط لوله این است که آنها از لزوم جابجایی و حمل سیلندرهای سنگین بین بخش‌های بیمارستانی جلوگیری می‌کنند. با این حال، هزینه بالا و پیچیدگی نصب منابع اکسیژن سانترال با خطوط لوله مسی و تعمیر و نگهداشت تخصصی لازم از معایب آن است.

اطلاعات بیشتر در مورد منابع اکسیژن در جدول ۲: توضیحات و مقایسه منابع اکسیژن و ذخیره‌سازی ارائه می شود.

۵. چگونه اکسیژن مورد نیاز یک مرکز درمانی را تخمین بزنیم

یکی دیگر از جنبه‌های انتخاب مناسب‌ترین منبع تامین اکسیـــــژن، در نظر گرفتن جریان ناخالص

اکسیژن مورد نیاز برای درمان است. برای تعیین جریان کل مورد نیاز، پیش‌بینی بار مصرفی باید تخمین زده شود.

این کار می‌تواند با استفاده از ابزار پیش‌بینی تأمین ضروری (ESFT) که در WHO COVID19 ارائه شده انجام گیرد. همانگونه که در ابتدای این مقاله اشاره شد شدت بیماری در کل بیماران COVID19 را می‌توان به صورت: خفیف، متوسط، شدید یا بحرانی طبقه‌بندی نمود. بدین ترتیب، جریان اکسیژن مورد نیاز برای اکسیژن‌درمانی بیماران شدید و بحرانی که نماینده ۲۰٪ از کل بیماران می‌باشند را می‌توان تخمین زد.

حدود ٪ ۷۵ «شدید» بیماران مبتلا به COVID19 که نیاز به بستری در بیمارستان دارند و ٪۲۵ «بحرانی» طبقه‌بندی می‌شوند.

بنابراین، می‌توان میزان کل اکسیژن مورد نیاز پزشکی را بر اساس میزان سرعت جریان توصیه شده برای هر گروه بیمار بر مبنای شدت بیماری که در جدول ۱ آمده است، تخمین زد.

این نوع سناریوی تخمین اکسیژن مورد نیاز، برآورد بر اساس تعداد بیمار است. در این روش اندازه‌گیری فرض بر این است که تجهیزات کارآمد بوده و مطابق با ظرفیت اسمی خود کار می‌کنند. بنابراین برای دستیابی به برآورد دقیق‌تر، تجهیزات باید پس از راه‌اندازی، ارزیابی مجدد شوند، زیرا احتمال تغییرات خاص در خروجی تجهیزات وجود دارد.

تمام دستگاه‌های تنفس مصنوعی (ونتیلاتور) ترکیبی از هوا و اکسیژن پزشکی را برای بیمار تامین می‌کنند. جریان مورد نیاز بیماران بحرانی که در بالا برآورد می‌شود صرفاً مربوط به قسمت اکسیژنی است که بخشی از کل جریان گاز مورد نیاز برای دستیابی به کسر درمانی هدف از اکسیژن تنفسی (FiO۲) را تشکیل می‌دهد، که این درصد اکسیژن کل موجود در ریه‌ها برای تبادل گاز است. FiO۲ در طول درمان تغییر خواهد کرد و از یک بیمار به بیمار دیگر متفاوت است. سرعت جریان اکسیژن که در اینجا نشان داده شده است، میانگین نسبت جریان‌های اکسیژن در طول دوره استفاده

جدول ۱ نمونه‌ای از جریان اکسیژن به ازای هر ۱۰۰ تخت بیمارستانی

تسهیلات درمانی COVID-۱۹ به ازای ۱۰۰ تخت بیمارستانی				
شدت بیماری	میانگین سرعت جریان اکسیژن		میزان اکسیژن مورد نیاز که باید تولید شود	
	به ازای هر بیمار	مجموع	دستگاه PSA	اکسیژن مایع
۷۵ بیمار با وضعیت شدید	۱۰ L/min	۷۵×۱۰×۶۰= ۴۵۰۰۰ L/hr	=۴۵m³/hr	=۱/۲۵m³/day
۲۵ بیمار با وضعیت شدید	۳۰ L/min	۲۵×۳۰×۶۰= ۴۵۰۰۰ L/hr	=۴۵m³/hr	=۱/۲۵m³/day
			=۹۰m³/hr	=۲/۵m³/day

یک بیمار از دستگاه تنفس مصنوعی است. رابطه ساده زیر برای تعیین نسبت جریان در هر زمان به کار برده می‌شود:

$$Target\ FiO_2 = \frac{O_2\ L/\min + (air\ L/\min\ x\ 21\%)}{Total\ flow, L/min}$$

WHO COVID19 ESFT7 همچنین می‌تواند به برآورد سایر ضروریات مورد نیاز، مانند دستگاه‌های کمکی، لوازم جانبی، مواد مصرفی و قطعات یدکی و غیره کمک می‌کند. این ابزارها و سایر اسناد مرتبط را می‌توان در وب سایت WHO جستجو نمود.

شرح و مقایسه منابع و ذخایر اکسیژن

سیلندرها

شرح: یک مخزن ذخیره استوانه‌ای شـــکل قابل پر کردن مجـــدد که به شکل گاز فشـــرده برای ذخیره‌سازی و حمل اکسیـــژن استفاده می‌شود. سیلندرها در یک کارخانه تولید گاز دوباره پر می‌شوند بنابراین نیاز به حمل و نقل از / به کارخانه دارند.

کاربرد بالینی و / یا مورد مصرف: می‌تواند در کلیه نیازهای اکسیژن شامل تامین در فشارهای بالا و در تاسیساتی که منبع تغذیه متناوب یا غیرقابل اعتماد باشد و همچنین در خدمات سرپایی و حمل بیمار استفاده شود. به‌عنوان پشتیبان سیستم‌های دیگر نیز استفاده می‌شود.

مکانیزم توزیع: به منیفولد (چندراهه) سیستم توزیع خط لوله اصلی / فرعی متصل می‌شود یا مستقیماً با جریان‌سنج و لوله به بیمار وصل شود.

الزامات برقی: ندارد

الزامات نگهداشت: نگهداری محدود توسط تکنسین‌های آموزش‌دیده مورد نیاز است.

مراقبت توسط کاربر: به‌طور متوسط؛ بررسی منظم اتصالات و رابط‌ها، بررسی منظم سطوح اکسیژن و تمیز کردن خروجی‌ها.

تغلیظ‌کننده‌های اکسیژن (PSA)

شرح: یک دستگاه پزشکی خودکفا با منبع برقی که با استفاده از فناوری PSA برای تغلیظ کردن اکسیژن از هوای محیط طراحی شده است.

کاربرد بالینی و / یا مورد مصرف: بـــــرای تحویل اکسیژن در کنار تخت یا در فضایی که در مجاورت بیمار قرار دارد استفاده می‌شود. یک تغلیظ‌کننده اکسیژن به‌صورت منفرد می‌تواند چندین تخت را با استفاده از یک جریان‌سنج ایستاده برای تقسیم جریان خروجی، سرویس دهد.

مکانیزم توزیع: به‌صورت مستقیم از بیمار به لوله یا از طریق یک جریان‌سنج ایستاده.

الزامات برقی: دارد

الزامات نگهداشت: نگهداری به‌طور متوسط توسط تکنسین‌های آموزش‌دیده که می‌تواند در خانه باشد، مورد نیاز است.

مراقبت توسط کاربر: به‌طور متوسط؛ تمیز کردن فیلترها و خروجی‌های دستگاه.

دستگاه اکسیژن‌ساز (PSA)

شرح: یک سیستـــــم تولیدکننده اکسیژن در محل با استفاده از فناوری PSA که اکسیژن فشار بالا

خِـــرَد

را به سهولت از طریق یک سیستم خط لوله مرکزی یا به‌وسیله سیلندرهایی که در کارخانه مجدداً پر شده‌اند، تامین می‌کند.

کاربرد بالینی و / یا مورد مصرف: می‌تواند در کلیه نیازهای اکسیژن شامل تامین فشار بالا استفاده شود.

مکانیزم توزیع: می‌تواند به سیستم توزیع خط لوله اصلی / فرعی یا به سیلندرهای قابل پر شدن مجدد که به سیستم منیفولد (چند راهه) در تاسیسات وجود دارند، متصل شود.

الزامات برقی: دارد

الزامات نگهداشت: نگهداری قابل توجهی از سیستم و لوله‌کشی مورد نیاز است که توسط تکنسین‌ها و مهندسان بسیار مجرب می‌تواند به‌عنوان بخشی از قرارداد انجام شود.

مراقبت توسط کاربر: حداقل؛ فقط در واحد پایانه.

اکسیژن مایع

شرح: اکسیژن مایـــع تولید شده خارج از سایـــت و در یک مخزن بزرگ ذخیره شده که از طریق یک سیستم خط لوله تاسیسات بهداشتی تامین می‌شود. مخزن توسط تامین‌کننده اکسیژن مایع نیاز به پر کردن مجدد دارد.

کاربرد بالینی و / یا مورد مصرف: می‌تواند در کلیه نیازهای اکسیژن شامل تامین فشار بالا و در تاسیساتی که منبع تغذیه متناوب یا غیرقابل اعتماد باشد، استفاده شود.

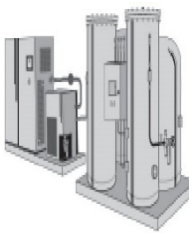
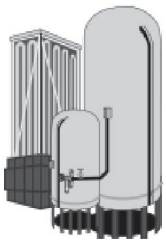
مکانیزم توزیع: سیستم توزیع خط لوله مرکزی.

الزامات برقی: ندارد

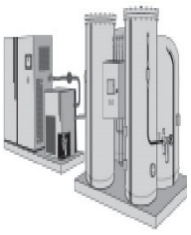
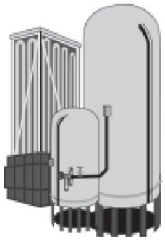
الزامات نگهداشت: نگهداری قابل توجهی از سیستم و لوله‌کشی مورد نیاز است که توسط تکنسین‌ها و مهندسان بسیار مجرب می‌تواند به‌عنوان بخشی از قرارداد انجام شود.

مراقبت توسط کاربر: حداقل؛ فقط در واحد پایانه.

مزایای منابع و ذخایر اکسیژن

سیلندرها	تغلیظ‌کننده‌های اکسیژن (PSA)	دستگاه اکسیژن‌ساز (PSA)	اکسیژن مایع
			
✓ نیازی به منبع برق ندارد.	✓ تامین مداوم اکسیژن با هزینه مصرف پایین (درصورت وجود برق)؛ ✓ جریان خروجی را می‌توان بین چندین بیمار تقسیم کرد.	✓ برای تاسیسات بزرگ می‌تواند مقرون به صرفه باشد؛ ✓ تامین اکسیژن مداوم.	✓ ٪ ۹۹ اکسیژن به دست می‌آید؛ ✓ خروجی اکسیژن بالا برای فضای کوچک مورد نیاز.

معایب منابع و ذخایر اکسیژن

سیلندرها	تغلیظ‌کننده‌های اکسیژن (PSA)	دستگاه اکسیژن‌ساز (PSA)	اکسیژن مایع
			
× الزامات حمل / زنجیره تامین؛ × منبع تمام‌شدنی؛ × بسیار وابسته به تامین کننده؛ × خطر نشتی گاز؛ × خطر جابجایی ناخواسته.	× خروجی فشار کم، معمولاً برای CPAP یا دستگاههای تهویه مناسب نیست؛ × به برق مداوم نیاز دارد؛ × نیاز به تامین سیلندر پشتیبان دارد؛ × نیاز به نگهداری دارد.	× سرمایه‌گذاری بالا؛ × به برق مداوم نیاز دارد. به زیرساخت کافی نیاز دارد؛ × نیاز به نگهداری بالا برای لوله‌کشی؛ × نیاز به تامین سیلندر پشتیبان دارد؛ × خطر نشتی گاز از سیستم لوله‌کشی.	× الزامات حمل / زنجیره تامین؛ × منبع تمام شدنی؛ × نیاز به نگهداری بالا برای لوله کشی؛ × به زیرساخت کافی نیاز دارد؛ × نیاز به تامین سیلندر پشتیبان دارد؛ × خطر نشتی گاز از سیستم لوله‌کشی.

۶. طرح افزایش اکسیژن

توانایی افزایش ظرفیت برای تحویل اکسیژن در اکسیژن‌درمانی، سنگ بنای اصلی رویکرد مدیریت شیوع بیمـــــاری COVID19 است و پیامدهای آن عملکرد کل سیستم تحت تـــاثیر قرار می‌دهد. اصول ظرفیت افزایش ساختمان، باید در آمادگی و ظرفیت پاسخگویی یک سیستم بهداشتی برای کلیه کارکردها به‌صورت مرکزی یا در سطح تسهیلات دیده شود.

محدودیت سیستم‌های تامین و تحویل اکسیژن در بسیاری از موارد ناشی از محدودیت منابع تامین است. هر گزینه تامین با توجه به دسترسی و توزیع باید بررسی شود. اکسیژن مایع حجم زیادی را در خود جای می‌دهد، با این حال، سیستم‌های بهداشتی باید با توجه به امکانات موجود (از لحاظ جغرافیایی) از این امکانات استفاده کنند. بومی‌سازی بیشتر دستگاه‌های PSA یک گزینه است، اما اگر در حال حاضر در محل مورد نظر وجود نداشته باشد، زمان تحویل و بهره‌برداری آن زمان‌بر خواهد بود. با توجه به دستگاه‌های تغلیظ‌کننده اکسیژن کنار تختخواب، این موارد گزینه‌های بسیار راحت‌تری از نظر استفاده هستند ولی از نظر تحویل اکسیژن با حجم بالا دارای محدودیت می‌باشند.

پس از آن‌که برآورد نیاز اکسیژن مطابق با COVID19 ESFT انجام شد و ارزیابی اکسیژن به پایان رسید، یک تحلیل فاصله بین نیاز پیش‌بینی تخمین زده شده با میزان موجودی اکسیژن انجام دهید . این بدان معناست که نیاز پیش‌بینی شده

تخمین زده شده و با میزان موجـــــودی اکسیژن مقایسه شود. این روش راهی برای شناسایی یک استراتژی افزایش اکسیژن امکان‌پذیر و متناسب با شرایط، مبتنی بر ساختار، قابلیت‌ها، عملکردها و فن‌آوری‌ها ارائه می‌دهد. تصمیم‌گیرندگان می‌توانند مراحل بعدی، از جمله نیازهای محصول را برای کمک به چارچوب و اجرای برنامه افزایش، به سرعت توصیه کنند.

آنچه در زیر آمده است، رویکردهای مختلف را توصیف می‌کند و عوامل اصلی آن باید در تعیین راه‌حل‌های عملی و کارآمد و تأثیرات مورد انتظار در نظر گرفته شود. برنامه افزایش اکسیژن باید در برنامه پاسخ کلی COVID19 ادغام شود. به‌عنوان مثال، اگر یک مرکز درمانی جدید COVID19 برنامه‌ریزی شده باشد، مکان و چیدمان محل ساخت و ســـــاز عامل اصلی برنامـــه‌ریزی برای افزایش اکسیژن خواهد بود.

اکسیژن مایع

۱- قابلیت دسترسی محلی و کشورهای همسایه، محدودیت‌های واردات و جابجایی را ارزیابی کنید؛
۲- ظرفیت حمل و نقل، قابلیت دسترسی مخزن بالک، فاصله‌ها و شرایط جاده‌ای و امنیت را ارزیابی کنید؛
توجه: مخازن بالک مخصوص تامین‌کننده است. مخازن کوچکتر / قابل حمل اغلب به راحتی در دسترس هستند، اما مخازن بزرگتر برای نصب دائمی باید سفارش داده شوند.
۳- اگر مخازن بالک در حال حاضر در مراکز درمانی وجود ندارند، ظرفیت ذخیره‌سازی را ارزیابی کنید؛
۴- ظرفیت تبخیر اکسیژن مایع به گاز، چه با تاسیسات موجود و چه در اجزای متصل به مخازن کوچکتر / قابل حمل را ارزیابی کنید؛
۵- تعیین کنید که آیا گاز از طریق سیستم لوله‌کشی موجود می‌تواند مستقیماً به بیماران لوله‌کشی شود یا نیاز به فشرده‌سازی گاز در سیلندرهای گازی است؛
۶- از لوازم جانبی کافی، از جمله شیرآلات و رگولاتورهای فشار و جریان، اطمینان حاصل کنید؛
۷- از دستگاه‌های پزشکی کافی برای تهیه اکسیژن در اکسیژن‌درمانی اطمینان حاصل کنید. به برنامه‌ریزی منابع اساسی WHO مراجعه کنید؛
۸- از منابع کافی (برای منابع انسانی و تجهیزات) برای انجام نگهداری لازم اطمینان حاصل کنید.

واحدهای کمیتی مورد نیاز:

اکسیژن مایع برای استفاده پزشکی بر حسب متر مکعب m^3 مایع بیان می‌شود. جریان کل بر حسب لیتر بر دقیقه L / min بیان می‌شود و می‌توان حجم کل مایع مورد نیاز را برای یک مدت زمان مشخص با استفاده از روابط زیر تعیین نمود:

۱ لیتر اکسیژن مایع = ۸۶۱ لیتر گاز اکسیژن
۱ متر مکعب = ۱۰۰۰ لیتر

تاسیسات PSA

۱- ارزیابی کنید که آیا تاسیسات محلی در دسترس هستند و عملکرد آن وجود دارد، یا اینکه تاسیسات در نقاط دیگر کشور دارای ظرفیت اضافی هستند؛
۲- تاسیسات PSA برای عملکرد ۲۴ ساعته در روز طراحی شده اند؛

درصورت موجود بودن:

۳- ظرفیت تولید PSA را به حداکثر برسانید؛
۴- درصورت امکان، ظرفیت حمل و نقل را از طریق تأمین بیشتر به کمک سیلندرها تقویت کنید. درصورت عدم وجود، تعداد و نوع مناسب سیلندرها را سفارش دهید؛
۵- پتانسیل نصب سیستم‌های لوله‌کشی برای بهینه‌سازی توزیع در محل را ارزیابی کنید (نه به‌عنوان یک راه‌حل کوتاه مدت)؛

درصورت عدم وجود

بازار محلی و بین‌المللی را برای خرید یک تاسیسات با توجه به شرایط و نیازهای خاص ارزیابی کنید. جزئیاتی که باید در نظر گرفته شود عبارتند از:

الف- مقدار تولید بر حسب متر مکعب در ساعت و پمپ بوستری برای پر کردن سیلندر؛

ب- زمان تحویل؛

پ- نیازهای نصب تأسیسات: اتاقی برای تاسیسات و پر کردن رمپ / منیفولد، منبع برق قابل اطمینان ۳ فاز، ذخیره‌سازی از طریق سیلندر؛

ت- آموزش و نگهداری.

۶. از دستگاه‌های پزشکی کافی برای تحویل اکسیژن‌درمانی اطمینان حاصل کنید. به وب سایت WHO مراجعه کنید:

Essential resource planning

۷. از منابع کافی (برای منابع انسانی و تجهیزات) برای انجام نگهداری لازم استفاده کنید.

واحدهای کمیتی مورد نیاز:

تاسیسات PSA با توجه به ظرفیت خروجی آن‌ها بر حسب متر مکعب بر دقیقه سایزبندی می‌شوند که در آن منظور متر مکعب گاز اکسیژن است. جریان کل بر حسب لیتر بر دقیقه گاز است، کل جریان در یک ساعت با استفاده از فاکتورهای تبدیل زیر قابل محاسبه است:

ساعت / L = ساعت / دقیقه L / min * ۶۰

L / hr * ۱m³ / ۱۰۰۰ L = m³ / hr

ملزومات برقی:

تاسیسات PSA به برق پایدار و با کیفیت متکی هستند.

یک حساب سرانگشتی این است که برای هر متر مکعب جریان به ۱/۲۲ کیلووات ساعت + ٪ ۵ نیاز است.

ضروری است که نیروگاه به منبع تغذیه قابل اعتماد و همراه با تثبیت ولتاژ متصل شود تا از هرگونه قطع شدن جلوگیری شود.

این موارد الزامات نشانگر است. همیشه مشخصات فنی تولیدکننده را برای برآورد دقیق‌تر نیروی مورد نیاز در نظر بگیرید.

تغلیظ‌کننده اکسیژن کنار تختخواب بیمار

۱-چنانچه نیاز به جریان اکسیژن بیشتر وجود داشته باشد، درصورت امکان تامین، می‌توانید تغلیظ‌کننده‌های اکسیژن کنار تخت را افزایش دهید، مانند تاسیسات PSA یا مخزن اکسیژن مایع؛

۲- پس از نصب و راه‌اندازی تاسیسات PSA ، می‌توان از تغلیظ‌کننده کنار تختخواب استفاده کرد تا قابلیت انتقال اکسیژن را در قسمت‌های مختلف مراکز درمانی ارتقا داد زیرا می‌توان آن‌ها را به راحتی در سایر مراکز درمانی مجدداً جابجا کرد؛

۳-از دستگاه‌های پزشکی کافی جهت اکسیژن‌درمانی اطمینان حاصل کنید. به وب سایت WHO مراجعه کنید:

Essential resource planning

۴-از منابع انسانی و تجهیزات کافی برای انجام تعمیر و نگهداشت لازم اطمینان حاصل کنید.

ملزومات برقی:

تغلیظ‌کننده‌های اکسیژن به برق پایدار و با کیفیت نیاز دارند. یک تغلیظ‌کننده اکسیژن ۱۰ لیتر بر دقیقه بین ۶۰۰-۳۵۰ وات برق نیاز دارد، که با جریان متغیر نکند.

ضروری است که تاسیسات همراه با منبع تثبیت ولتاژ به یک منبع تغذیه قابل اعتماد متصل شود تا از هرگونه قطع‌شدن جلوگیری شود.

دفترچه‌ها برای مستندسازی تولید و مصرف ضروری

است. این امر بهینه‌سازی منابع و درصورت امکان تخصیص بیشتر منابع اضافی برای پشتیبانی از مراکز بهداشتی درمانی مجاور با پاسخ COVID۱۹ آن‌ها را درصورت وجود هرگونه اکسیژن اضافی امکان‌پذیر می‌سازد.

مراجع

1.WHO-UNICEF technical specifications and guidance for oxygen therapy devices; Geneva: World Health Organization and United Nations Children's Fund (UNICEF); 2019.

2.Yang X, Yu Y, Xu J, et al. Clinical course and outcomes of critically ill patients with SARSCoV2 pneumonia in Wuhan, China: a singlecentered, retrospective, observational study. Lancet Respir. 2020. doi: 10.1016/S22132600(20)300795.

3.Wu Z, McGoogan JM. Characteristics of and important lessons from the coronavirus disease 2019 (COVID19) outbreak in China: summary of a report of 72314 cases from the Chinese Center for Disease Control and Prevention. JAMA. 2020; 323(13): 12391242. doi: 10.1001/jama.2020.2648.

4.Clinical management of severe acute respiratory infection (SARI) when COVID19 disease is suspected; Geneva: World Health Organization; 2020.

5.Rochwerg B, Brochard L, Elliot MW. Et al. Official ERS/ATS clinical practice guidelines: Noninvasive ventilation for acute respiratory failure. Eur Respir J. 2017; 50(4). doi: 10.1183/13993003.024262016.

6.Technical specifications for oxygen concentrators; Geneva: World Health Organization; 2015.

7.Coronavirus disease (COVID19) technical guidance: COVID19 critical items. On who.int [website]. Geneva: World Health Organization; 2020.

8.Hospital preparedness for epidemics. Geneva: World Health Organization; 2014.

۱. استاندارد ملی ایران شماره ۱۵۱۴۸ با عنوان «مداخلات پرستاری اکسیژن‌رسانی با کانولای بینی آیین کار» سال ۱۳۹۰.

۲. استاندارد ملی ایران شماره ۱۱۷۹۲ با عنوان «کیسه‌های مخزنی بیهوشی ویژگی‌ها و روش‌های آزمون» سال ۱۳۸۷ برگرفته از استاندارد ISO 5362: 2006.

۳. استاندارد ملی ایران شماره ۳۲۴۰ با عنوان «گاز اکسیژن طبی ویژگی‌ها و روش‌های آزمون» سال ۱۳۹۳.

۴. استاندارد ملی ایران شماره ۶۶۰۲ با عنوان «تغلیظ‌کننده‌های اکسیژن برای مصارف پزشکی الزامات ایمنی» سال ۱۳۸۱ برگرفته از استاندارد ISO 8359: 1996.

۵. استاندارد ملی ایران شماره ۱-۱۲۴۷۴ با عنوان «مخازن فراسرد مخازن ثابت عایق شده با خلاء قسمت ۱: طراحی، ساخت، بازرسی و آزمون» سال ۱۳۹۵ برگرفته از استاندارد ISO 210091: 2006.

۶. استاندارد ملی ایران شماره ۱۲۴۷۴۲ با عنوان «مخازن مادون سرد (کرایوژنیک) مخازن ساکن با عایق‌بندی خلاء قسمت ۲: الزامات عملکردی» سال ۱۳۸۸ برگرفته از استاندارد ISO 210092: 2006.

۷. استاندارد ملی ایران شماره ۱۰۷۶۶ با عنوان «سیستم تامین تغلیظ‌کننده اکسیژن برای استفاده به همراه سیتم لوله‌کشی گاز طبی» سال ۱۳۸۷ برگرفته از استاندارد ISO 10083: 2006.

۸. استاندارد ملی ایران شماره ۱۱۶۳۶۱ با عنوان «سیستم لوله‌کشی گاز طبی قسمت ۱: سیستم‌های لوله‌کشی گازهای طبی فشرده و خلاء» سال ۱۳۸۷ برگرفته از استاندارد ISO 73961: 2007.

۹.استاندارد ملی ایران شماره ۶۷۹۲ با عنوان «سیلندرهای گاز سیلندرها و تیوب‌های بدون درز فولادی و آلیاژ آلومینیومی بازرسی و آزمون دوره‌ای» سال ۱۳۹۸ برگرفته از استاندارد ISO 18119: 2018.

۱۰. استاندارد ملی ایران شماره ۷۵۶۶ با عنوان «سیلندرهای گاز جابجایی ایمن آئین کار» سال ۱۳۸۹ برگرفته از استاندارد ISO 11625: 2007.