

سوزان ویلکاکس، آنی آیدین، ایوی مارکولینی

اصول تہویہ مکانیکی

در بخش اورژانس



مرۆت گیوی

اصول تهویه مکانیکی

در بخش اورژانس

توجه :

کتاب حاضر حاصل زحمات مرّوت گیوی، کارشناس ارشد آموزش داخلی و جراحی می باشد. فایل کتاب حاوی اطلاعات **DRM** (مدیریت حقوق دیجیتال) است. وقتی برای اولین بار فایل را باز می کنید، کد شناسایی کتاب به همراه آدرس IP سیستم شما ذخیره شده و زمانیکه آنلاین شوید، به سرور انتشارات ترجمک انتقال می یابد.

خواهشمند است به حقوق نگارنده و انتشارات ترجمک احترام گذاشته و از توزیع بدون مجوز فایل کتاب اجتناب نمایید. شما با خرید و دانلود این کتاب موافقت نموده اید که اطلاعات فایل DRM به سرور انتشارات ترجمک انتقال یابد و در صورت محرز شدن نقض حقوق صاحب اثر، کلیه خسارات حاصله در طی فرآیند حقوقی و مطابق قانون حمایت حقوق مؤلفان و مصنفان و هنرمندان و ناشران جمهوری اسلامی (مصوب دوازده اسفند ۱۳۶۵ یا بعد از آن) از شما دریافت شود.

از اینکه با عرضه مقرون به صرفه کتاب های الکترونیک و شکوفایی انتشارات ترجمک همیاری می کنید، سپاسگزاریم.

مدیریت

انتشارات ترجمک

اصول تهویه مکانیکی برای درمانگران بخش اورژانس

گردآوری و ترجمه

مروت گیوی

کارشناس ارشد آموزش داخلی و جراحی

بهار ۱۴۰۰



شناسنامه کتاب

نام کتاب: اصول تهویه مکانیکی در بخش اورژانس
گردآوری و ترجمه: مروت گیوی – کارشناس ارشد داخلی و جراحی

ناشر: انتشارات ترجمک

صفحه آرای: انتشارات ترجمک

طراحی جلد: محمدحسین گیوی

نوبت چاپ: چاپ اول، ۱۴۰۰

قیمت: ۸۵۰۰ تومان

چاپ: گروه نشر الکترونیک ترجمک

شابک: ۹۷۸-۶۲۲-۹۶۵۸۲-۵-۳

تلفن تماس: ۰۹۱۸۱۵۰۶۱۰۰

تارنمای اینترنتی: <https://tarjomac.com>

ISBN:978-622-96582-5-3



9

786229

658253

پیشگفتار

در این کتاب اصول تهویه مکانیکی در محیط های اورژانس (Mechanical Ventilation In Emergency Settings) بحث شده است و درمان بیماران از زمان لوله گذاری تا انتقال به بخش ICU پوشش داده شده است. در این کتاب مفاهیم کلیدی فیزیولوژیک مرتبط با تهویه مکانیکی معرفی شده و اصول مبتنی بر شواهد تهویه مکانیکی بیماران بازنگری شده است.

در این کتاب مدیریت تهویه مکانیکی بیماران بحرانی و بدحال مبتلا به اختلالات و وضعیت های همزمان و چند گانه که به بخش اورژانس مراجعه می کنند؛ بویژه مبتلایان سندرم دیسترس حاد تنفسی، آسم، بیماری مزمن انسدادی ریه و مبتلایان سکته مغزی و آسیب های تروماتیک مغز؛ مورد بحث و بررسی قرار گرفته است.

کتاب با مرور ترمینولوژی و تعریف واژگان شروع، سپس پاتوفیزیولوژی و فیزیولوژی مربوطه بحث شده است. سپس به تبیین استفاده از ونتیلاتور در مدهای مختلف تهویه، فشارهای ونتیلاتور، معرفی صفحه نمایش ونتیلاتور، انواع تنظیمات تهویه مکانیکی و همچنین اقدامات مشکل زدایی در مواجهه با آلارم دستگاه ونتیلاتور پرداخته شده است. سپس کتاب با معرفی چند مورد با بیماری های رایج بخش اورژانس و مدهای تهویه و مفاهیم کلیدی متنوع خاتمه داده شده است.

کتاب تهویه مکانیکی در طب اورژانس یک مرجع ضروری برای درمانگران بخش اورژانس از پزشکان EM تا تنفس درمانگران و پرستاران و سایر پرسنل درمانی است. پرسنل فوریت های پزشکی، پرستاران خارج بیمارستانی و درمانگاهها و بیمارستان ها به مطالعه این کتاب نیاز دارند.



فهرست مندرجات کتاب

صفحه	عنوان
۹	فصل ۱: مقدمه
۱۲	فصل ۲: واژگان و تعاریف آنها
۱۲	اساس ونتیلاتور
۱۲	اصطلاحات فیزیولوژیک
۱۴	فازهای تنفس مکانیکی
۱۶	تنظیمات ونتیلاتور
۱۹	حالات (مد) ونتیلاتور
۱۹	حالات معمول تهویه
۲۲	منابع پیشنهادی
۲۳	فصل ۳: مرور فیزیولوژی و پاتوفیزیولوژی
۲۳	تبادل گازی
۲۶	مشکلات اکسیژناسیون
۲۶	هیپوکسمی
۳۴	انقباض عروقی هیپوکسیک
۳۵	آتلکتازی و بکارگیری مجدد
۳۶	مشکلات تهویه

۳۷	..... کمپلیناس و مقاومت راه هوایی
۴۳	..... منابع پیشنهادی برای مطالعه بیشتر
۴۴	فصل ۴ - حمایت تنفسی غیرتهاجمی
۴۴	..... تجویز اکسیژن
۴۴	..... نازال کنیولا جریان بالا
۴۶	..... تهویه فشار مثبت غیرتهاجمی
۵۰	..... منابع فصل
۵۲	فصل ۵ - مدهای تهویه مکانیکی تهاجمی
۵۲	..... مدهای تهویه تهاجمی
۵۸	..... فشارها در ونتیلاتور
۶۲	..... منابع فصل
۶۲	..... منابع پیشنهادی برای مطالعه بیشتر
۶۴	فصل ۶ - استفاده از نمایشگر دستگاه ونتیلاتور
۶۴	..... صفحه نمایشگر ونتیلاتور
۷۱	..... منابع پیشنهادی برای مطالعه بیشتر
۷۲	فصل ۷ - قرارداد بیمار تحت ونتیلاتور
۷۲	..... پیش بینی تغییرات فیزیولوژیک
۷۳	..... تنظیم کردن ونتیلاتور
۷۷	..... تنظیمات پس از شروع تهویه مکانیکی
۷۸	..... منابع پیشنهادی برای مطالعه بیشتر
۷۹	فصل ۸ - اختلالات خاص: سندرم دیسترس حاد تنفسی
۷۹	..... سندرم دیسترس حاد تنفسی
۱۳	..... مانورهای بکارگیری مجدد
۱۶	..... بلوک عصبی عضلانی
۸۸	..... منابع فصل
۹۱	فصل ۹ - شرایط خاص: آسم و COPD

آسم و بیماری مزمن انسدادی ریه.....	۹۱
بیماری مزمن انسدادی ریه.....	۹۷
منابع پیشنهادی برای مطالعه بیشتر.....	۱۰۲
فصل ۱۰ - شرایط خاص: آسیب های نورولوژیک.....	۱۰۳
آسیب های نورولوژیک.....	۱۰۳
آسیب های تروماتیک مغزی.....	۱۰۳
سکته مغزی ایسکمیک.....	۱۰۶
خونریزی داخل جمجمه.....	۱۰۸
صرع مقاوم.....	۱۰۸
منابع مورد استفاده.....	۱۰۹
فصل ۱۱ - مشکل گشایی بیمار تحت تهویه.....	۱۱۱
منابع پیشنهادی برای مطالعه بیشتر.....	۱۱۴
فصل ۱۲ - مطالعات موردی بیماران تحت تهویه مکانیکی.....	۱۱۵
بیمار ۱.....	۱۱۵
بیمار ۲.....	۱۱۶
بیمار ۳.....	۱۱۸
بیمار ۴.....	۱۲۰
پاسخ سئوالات مطالعات موردی.....	۱۲۲
بیمار ۱.....	۱۲۲
بیمار ۲.....	۱۲۳
بیمار ۳.....	۱۲۵
بیمار ۴.....	۱۲۷
منابع پیشنهادی برای مطالعه بیشتر.....	۱۲۸
فصل ۱۳ - نتیجه گیری و مفاهیم کلیدی.....	۱۳۰
ایندکس.....	۱۳۴



فصل ۱: مقدمه

تهویه مکانیکی^۱ رویه ای است که اغلب در بخش اورژانس (ED)^۲ برای بیمارانی استفاده می شود که با دیسترس تنفسی مراجعه می کنند. اندیکاسیون های تهویه مکانیکی شامل حفاظت از راه هوایی، درمان نارسایی تنفسی هیپوکسمیک^۳، درمان نارسایی تنفسی هیپرکاپنیک^۴ یا درمان نارسایی تنفسی مرکب هیپوکسیک و هیپرکاپنیک می باشد. گاهی اوقات بیماران اینتوبه (لوله گذاری تراشه) شده و برای رویه های اورژانسی در بخش اورژانس تحت تهویه مکانیکی قرار می گیرند، از قبیل بیمارانی که آسیب های تروماتیک داشته یا بیماران میدان نبرد که به تصویربرداری اورژانس نیاز دارند. هرچند لوله گذاری تراشه و شروع تهویه مکانیکی مستلزم درجات بالایی از دقت و احتیاط است، زیرا انجام این درمان می تواند روی دوره کلی بیماری بیمار تاثیر بگذارد.

بطور سنتی تهویه مکانیکی به عنوان بخشی از دوره طب اورژانس آموزش داده نمی شود، بجای آن اصول تهویه و اجرای لوله گذاری و تهویه مکانیکی بیماران بخش اورژانس نیز به دست درمانگران بخش ویژه و تنفس درمانگران گذاشته می شود. هرچند با افزایش زمان اقامت بیماران در بخش اورژانس و افزایش میزان شدت و حاد بودن بیماران مراجعه کننده به بخش اورژانس، پزشکان و درمانگران بخش اورژانس غالباً به مراقبت از بیماران تحت تهویه مکانیکی برای مدت بلندتر و دوره های طولانی تری نیاز دارند. بعلاوه، داده ها و شواهد مطالعات قبلی از اهمیت درمان تهویه ای خوب

¹ Mechanical ventilation

² Emergency Department

³ Hypoxemic Respiratory Failure

⁴ hypercapnic respiratory failure

در بیماران بحرانی پشتیبانی کرده و این شواهد در حال افزایش است.

در مقایسه با بسیاری از رویه های دیگر و معیاناتی که پزشکان بخش اورژانس انجام می دهند، درمان پایه تهویه مکانیکی می تواند نسبتاً ساده و آسان باشد. در حالی که گاهی تهویه و اکسیژنه کردن بعضی از بیماران می تواند خیلی سخت باشد و تهویه مکانیکی مستلزم کمک متخصص است، اکثریت بیماران را می توان براحتی با بکارگیری اصول معمول و مبتنی بر شواهد تحت درمان قرار داد. از آنجایی که تهویه مکانیکی ترمینولوژی سردرگم کننده ای دارد (بسیاری از درمانگران از اصطلاحات مترادفی برای روش ها و تنظیمات مشابه استفاده می کنند)، تنوع جزئی در برندها و انواع ونتیلاتور وجود دارد، عدم آشنایی با رویه یا پاس دادن درمان به دیگران؛ درمان تهویه ای با ونتیلاتور تا حدودی مشکل و ترسناک به نظر می رسد. هدف این فصل عبارتست از:

۱- آشناسازی درمانگران بخش اورژانس با اصطلاحات رایج تهویه مکانیکی

۲- مرور اصول کلیدی فیزیولوژی تنفسی مرتبط با تهویه مکانیکی

۳- بحث در مورد اصول پایه انتخاب تنظیمات ونتیلاتور

۴- تدوین راهبردهای مراقبت از بیماران تحت تهویه بخش اورژانس مبتلا به سندرم دیسترس حاد

تنفسی (ARDS)^۱، آسم، بیماری انسدادی مزمن ریوی (COPD)^۲، آسیب های تروماتیک مغزی

۵- ارزیابی، معاینه و اقدامات حین اورژانس های تهویه مکانیکی

کمی شرح این کتاب آموزشی و مرجع درسی لازم است. اولاً، مولفان فرض دارند که مخاطبان کتاب دانش پایه را داشته، درمانگران مجربی هستند که تا کنون با تهویه مکانیکی کار نکرده اند. شرح تهویه عمداً ساده و مقدماتی ارائه شده است، زیرا کتاب ها و متون آموزشی بسیار پیچیده و پر حجم زیادی در دسترس است و علاقمندان می توانند برای جزئیات خیلی تخصصی تر به آنها رجوع کنند. دوماً، اصول تهویه مکانیکی در این کتاب عمداً چندین بار تکرار شده است، روی اصول آموزشی نمایانگر این اطلاعات کار شده است تا اطلاعات به طرق مختلف عرضه شده و درک و یادآوری موضوع را بهینه و تقویت کند. سوماً، هدف از این محتوا ارائه مفاهیم کلیدی است. مخاطبان بایستی آگاه باشند که ونتیلاتورهای خیلی پیچیده و مدرن دارای سیستم پشتیبانی و حالات ایمنی و خودکار

¹ Acute Respiratory Distress Syndrome

²Chronic Obstructive Pulmonary Disease

هستند و می‌توانند برای تطبیق با ایمنی بیمار از این مدهای خودکار استفاده کنند. جزئیات این کارکردهای پیچیده و نتایج آنها خارج از حوزه این کتاب است. هرچند قصد مولفان این است که اصول اصلی و محوری تهویه مکانیکی بحث شود تا درمانگران بخش اورژانس بتوانند براحتی مراقبت ویژه مبتنی بر شواهد برای بیماران تحت تهویه خود فراهم سازند و با درمانگران و همکاران بخش ویژه و تنفس درمانگر خود براحتی و اثربخش ارتباط برقرار کنند. همانند هر جنبه دیگری از علم پزشکی و طب، راه‌های صحیح متعددی برای ارائه داده‌های مرتبط با تهویه مکانیکی وجود دارد. در این دوره ما از روش تکرار موضوع برای تسهیل یادگیری و یادآوری استفاده می‌کنیم.

از آنجایی که هدف آموزش مختصر تهویه مکانیکی است، در بحث این کتاب وارد جزئیات نشده و روی درمان‌های فراتر از تهویه مکانیکی تمرکز نمی‌شود و پیش‌فرض آن است که درمانگران بخش اورژانس با این بیماری‌ها و مشکلات زمینه‌ای از قبل آشنا هستند. به علاوه، در حالی که تفسیر گازهای خون شریانی برای ارائه مراقبت تهویه‌ای خوب بیمار ضروری و حیاتی است، بحث مفصل و با جزئیات در مورد تجزیه و تحلیل گازهای خون شریانی خارج از حوزه این کتاب است.



فصل ۲: واژگان و تعاریف آنها

اساس ونتیلاتور

متغیرهای کنترل (هدف)^۱: شامل اهدافی است که براساس مد تهویه مکانیکی انتخابی تنظیم می شوند. برای مثال، مدهای کنترل-فشاری و کنترل-حجمی تهویه وجود دارد.

متغیرهای شرطی^۲: متغیرهای وابسته در تهویه مکانیکی می باشند. برای مثال، در مد کنترل حجمی تهویه، حجم جاری یک پارامتر ست شده است در حالی که فشار متغیر شرطی است و می تواند از یک نفس به تنفس دیگر فرق کند.

ماشه کننده^۳: عاملی است که دم را تحریک و آغاز می کند. تنفس ممکن است توسط فشار ماشه شود، توسط جریان ماشه شود یا ماشه زمانی داشته باشد.

چرخه^۴: تعیین پایان دم و شروع بازدم است. برای مثال، ونتیلاتور مکانیکی می تواند دارای چرخه حجمی، چرخه فشاری یا چرخه زمانی باشد.

اصطلاحات فیزیولوژیک

مقاومت راه هوایی (Airway resistance): به نیروهای محدود کننده ای اطلاق می شود

¹ Control (target) variables

² Conditional variables

³ Trigger

⁴ Cycle

که در طی چرخه تنفس مکانیکی در مقابل جریان هوا قرار دارد. مقاومت نرمال راه هوایی کمتر مساوی ۵ سانتیمتر آب ($\leq 5 \text{ cmH}_2\text{O}$) است.

قدرت اتساع ریه (Lung compliance): به میزان ارتجاعی بودن ریه ها و یا سهولت باز و بسته شدن ریه ها اطلاق می شود تا با تغییرات حجم یا فشار منطبق شود. اگر باز شدگی و اتساع ریه کم باشد یا کشش و برگشت پذیری الاستیک بالایی داشته باشد، در روند بازدم مشکل رخ می دهد و به طور عامیانه به آن ریه "سخت" اطلاق می شود. نمونه بازشدگی و انطباق ضعیف ریه در بیماران مبتلا به بیماری محدود کننده یا تحدیدی ریه^۱ مانند فیروز ریوی است. در مقابل، ریه های با قدرت اتساع یا باز شدگی بالا، یا در صورتی که کشش الاستیک و برگشت پذیری ریه ضعیف باشد، در روند بازدم مشکل بیشتری مشاهده می شود، همانطور که در مبتلایان بیماری های انسدادی ریه^۲ دیده می شود.

عدم بکارگیری (Derecruitment): به معنای از دست دادن سطح تبادل گازی در اثر آتلکتازی است. عدم بکارگیری یکی از مهمترین دلایل هیپوکسمی تدریجی در بیماران لوله گذاری است و با افزایش PEEP می توان آن را به حداقل رساند.

بکارگیری مجدد (Recruitment): بازیافت سطوح بدون تبادل گازی از طریق بکارگیری فشار است که نواحی کولاپس شده یا مبتلا به آتلکتازی ریه که در تبادل گازی شرکت ندارند را باز کرده و مجدداً فعال می کند.

وزن پیش بینی شده بدن (Predicted body weight): همان وزنی است که باید برای تعیین تنظیمات ونتیلاتور استفاده شود و هرگز وزن واقعی بدن نیست. حجم ریه ها عمدتاً براساس جنسیت و قد تعیین می شود و بنابراین این دو فاکتور در تعیین وزن پیش بینی شده بدن استفاده می شوند. فرمول پیش بینی وزن در مردان و زنان به صورت زیر است:

$$\text{PBW (kg)} = 50 + 2.3 (\text{height (in)} - 60) \quad \text{فرمول پیش بینی وزن مردان:}$$

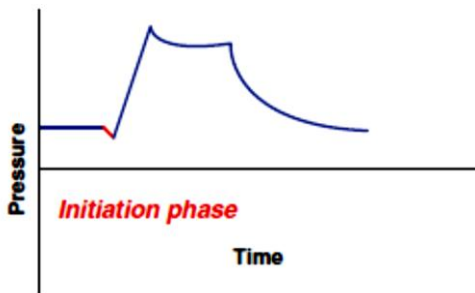
$$\text{PBW (kg)} = 45.5 + 2.3 (\text{height (in)} - 60) \quad \text{فرمول پیش بینی وزن زنان:}$$

¹ Restrictive Lung Disease

² Obstructive Lung Diseases

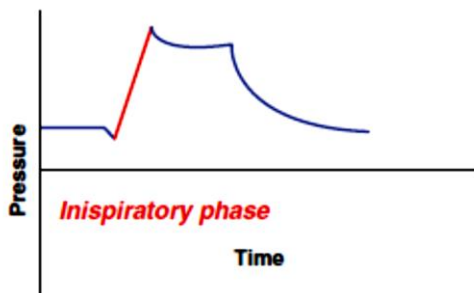
فازهای تنفس مکانیکی

فاز مقدماتی (Initiation phase) شروع تنفس مکانیکی است، چه توسط خود بیمار ماشه شود یا توسط ماشین ونتیلاتور. با شروع شدن تنفس بیمار، انحنای منفی جزئی (فشار منفی یا مکیدگی) در منحنی تنفس مشاهده خواهد شد (شکل ۱-۲).



شکل ۱-۲: شکل موجی نمایش فاز مقدماتی یا تریگر تنفس

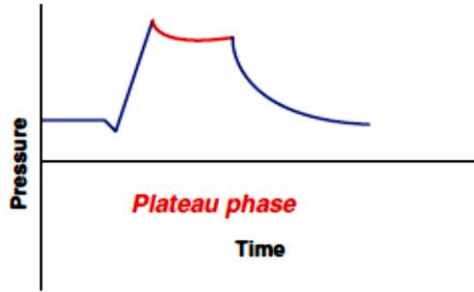
فاز دمی (Inspiratory phase) بخشی از تنفس مکانیکی است که در آن هوا به داخل ریه های بیمار جریان می یابد تا به بیشترین فشار ممکن یا اوج فشار راه هوایی (PIP یا Ppeak) و حجم جاری (TV یا VT) دست یابد (شکل ۲-۲).



شکل ۲-۲: شکل موجی نمایشگر فاز دمی

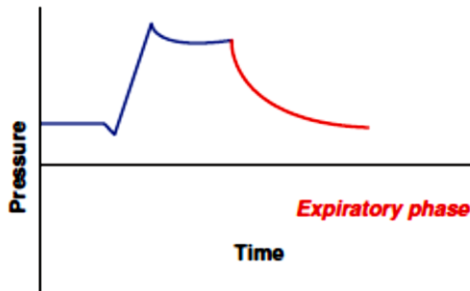
فاز پلاتو (Plateau phase) بطور روتین در نفس های تحت تهویه مکانیکی رخ نمی دهد

اما به عنوان یک مانور تشخیصی مهم برای بررسی و شناخت فشار پلاتو (Pplat) چک می شود. با قطع شدن جریان هوا، فشار پلاتو و حجم جاری (TV یا VT) بطور کوتاهی ثابت می شوند (شکل ۲-۳).



شکل ۲-۳: شکل موجی نمایشگر فاز پلاتو

فاز بازدمی (Expiratory pahse) یک فرآیند انفعالی در تهویه مکانیکی است. شروع فرآیند بازدم می تواند به صورت چرخه حجمی (وقتی بیشینه حجم جاری بدست آمد)، چرخه زمانی (بعد از سپری شدن ثانیه های ست شده در ونتیلاتور) یا بصورت چرخه جریانی (پس از رسیدن به ریت جریان مشخص خاص) باشد (شکل ۲-۴).



شکل ۲-۴: شکل موجی نمایشگر فاز بازدمی

تنظیمات ونتیلاتور

اوج فشار دمی^۱ (PIP یا Ppeak): اوج فشار دمی برابر حداکثر فشار راه های هوایی در پایان فاز دم است. مقدار آن اغلب بر روی صفحه نمایشگر ونتیلاتور نمایش داده می شود. از آنجایی که این مقدار در طی زمان جریان هوا ایجاد می شود، PIP براساس مقاومت راه هوایی و میزان بازشدگی ریه ها تعیین می شود. طبق قاعده، تمامی فشارها در تهویه مکانیکی برحسب واحد سانتیمتر آب (cmH₂O) گزارش می شوند. بهتر است که $PIP < 35 \text{ cmH}_2\text{O}$ هدف قرار داده شود.

فشار پلاتو^۲ (Pplat) فشاری است که در طی فاز پلاتو در آلئول ها باقی می ماند و در طی آن جریان هوا قطع شده یا نفس حبس می شود. برای محاسبه این مقدار، درمانگر دکمه «وقفه دم» ونتیلاتور را می زند. فشار پلاتو در اصل فشار داخل آلئول هایی است که نفس مکانیکی را دریافت می کنند و نمایانگر میزان بازشدگی راه های هوایی است. برای پیشگیری از آسیب به ریه، Pplat بایستی در حد $30 \text{ cmH}_2\text{O}$ نگهداری شود.

فشار مثبت پایان بازدمی (PEEP)^۳ فشار مثبتی است که در پایان بازدم در ریه ها نگهداری می شود. این فشار مثبت اضافه ای که اعمال می شود به پیشگیری از آتلکتازی توسط پیشگیری از کولاپس آلئول ها در پایان بازدم کمک می کند. مقدار PEEP معمولاً در سطح $5 \text{ cmH}_2\text{O}$ یا بیشتر تنظیم می شود و بخشی از تنظیمات اولیه ونتیلاتور است. مقدار PEEP ست شده توسط درمانگر تحت عنوان PEEP خارجی یا ePEEP شناخته می شود و با فشاری که ممکن است در اثر احتباس هوا رخ دهد، فرق دارد. طبق قاعده و اگر از قبل تعیین نشده باشد، از PEEP بجای ePEEP استفاده می شود.

PEEP داخلی (iPEEP) یا auto-PEEP فشاری است که در اثر بازدم ناقص و یا در بیماران مبتلا به بیماری انسدادی ریه ممکن است در ریه ها باقی بماند. این مقدار را می توان با نگه داشتن دکمه «وقفه بازدم» یا «ایست بازدم» بر روی دستگاه ونتیلاتور مکانیکی اندازه گیری نمود.

¹ Peak inspiratory pressure

² Plateau pressure

³ Positive end-expiratory pressure

فشار محرکه^۱ (ΔP) اصطلاحی است که برای توصیف تغییرات فشاری استفاده می شود که در طی دم رخ می دهد و معادل تفاوت بین فشار پلاتو و PEEP است ($P_{plat} - PEEP$). برای مثال، بیمار دارای فشار پلاتو $30 \text{ cmH}_2\text{O}$ و فشار مثبت پایان بازدمی $10 \text{ cmH}_2\text{O}$ دارای فشار محرکه $20 \text{ cmH}_2\text{O}$ خواهد بود. به عبارت دیگر، $20 \text{ cmH}_2\text{O}$ فشاری است که برای باز کردن ریه ها اعمال می شود.

زمان دم^۲ (iTime) به مقدار زمانی اطلاق می شود که برای رسیدن به حجم جاری ست شده (در تنظیمات کنترل حجم) یا فشار ست شده (در تنظیمات کنترل فشار) سپری میشود.

زمان بازدمی^۳ (eTime) به زمان سپری شده برای تخلیه کامل نفس مکانیکی داده شده به بیمار اطلاق می شود.

نسبت I:E یا نسبت دم به بازدم که معمولاً به صورت ۱:۲ یا ۱:۳ و غیره بیان می شود. نسبت I:E را می توان مستقیماً یا بطور غیر مستقیم بر روی ونتیلاتور ست کرد که توسط تغییر زمان دم، ریت جریان دم یا ریت تنفس انجام می شود. طبق قاعده، کاهش ریت به معنی افزایش زمان بازدمی است. برای مثال، نسبت ۱:۳ کاهش از ۱:۲ است، همانطور که $1/3$ از $1/2$ کمتر است.

اوج جریان دم^۴ همان ریت تنفس است که به صورت لیتر در دقیقه (L/min) بیان می شود. ریت معمول $60 L/\text{min}$ است. افزایش و کاهش جریان دمی راهی است که می توان بطور غیرمستقیم روی نسبت I:E اثر گذاشت. اگر ریت تنفس بیمار به 20 ست شده باشد و تعداد تنفس برای وی زیادی نباشد، به ازای هر ۳ ثانیه یک چرخه تنفس کامل دارد. اگر جریان دمی افزایش داده شود، تنفس سریعتر داده می شود و زمان بیشتری برای بازدم باقی می ماند. بنابراین جریان دمی به طور غیرمستقیم موجب تغییر نسبت I:E می شود.

حجم جاری^۵ (TV یا VT) حجم گازی است که در هر نفس به بیمار داده می شود. حجم

¹ Driving pressure

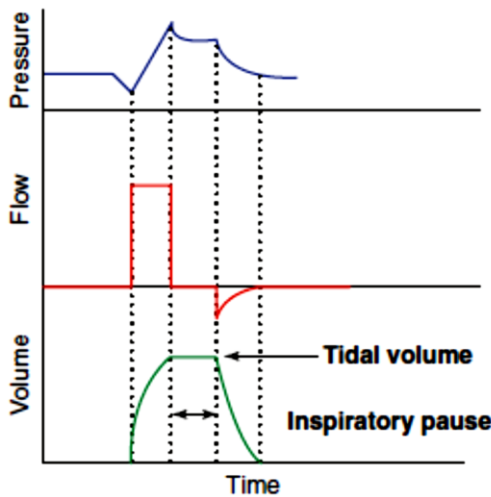
² Inspiratory time

³ Expiratory time

⁴ Peak inspiratory flow

⁵ Tidal volume

جاری هم به صورت میلی لیتر (مثلا 450 mL) و هم میلی لیتر بر کیلوگرم (مثلا، 6 mL/kg) به ازای وزن پیش بینی شده بدن بیان می شود، تقریباً همانطوری که دوز دارو در بخش کودکان بیان می شود. درمانگر ممکن است ونتیلاتور را در مد کنترل حجمی قرار دهد، که در آن حجم جاری در هر نفس ثابت خواهد بود. در مد کنترل فشاری، فشار ثابت می ماند اما حجم جاری یک متغیر وابسته است و در هر نفس اندکی فرق خواهد کرد. صرفنظر از مد مورد استفاده، تمامی مد های تهویه مکانیکی یک حجم جاری مشخص ارائه می دهند. در شکل ۲-۵ همبستگی بین حجم جاری، جریان هوا و شکل موجی فشار نمایش داده شده است. این شبیه چیزی است که ممکن است بر روی صفحه نمایشگر ونتیلاتور دیده شود. برای مشاهده یک مثال بالینی از شکل موج مشابه بیمار تحت ونتیلاتور، صفحه نمایش ونتیلاتور در شکل ۱-۶ را ببینید.



شکل ۲-۵: شکل موجی معمول ونتیلاتور که حجم، جریان و فشار را نشان می دهد
 ریت تنفسی^۱ (f یا RR) عدد تعداد تنفس ارائه شده توسط ونتیلاتور در هر دقیقه است. هرچند بایستی بخاطر داشت که بیمار می تواند بیشتر از این ریت ست شده نفس بکشد و

¹ Respiratory rate

بنابراین بایستی هم RR ست شده و هم RR حقیقی بیمار را گزارش کرد، هر دوی این مقادیر بر روی صفحه ونتیلاتور دیده می شود. برای مثال، اگر بیمار دارای RR برابر ۱۰ تنفس در دقیقه (bpm) است، یعنی در هر ۶ ثانیه یک نفس می کشد:

$$(60 \text{ s/min}) / 10 \text{ bpm} = 6 \text{ s/ breath}$$

بنابراین RR معادل 20 bpm فقط امکان یک چرخه تنفسی کامل در هر ۳ ثانیه را می دهد.

دقیقه تهویه^۱ (\dot{V}_E ، \dot{V}_E یا MV): تهویه ای است که بیمار در هر ۱ دقیقه دریافت می کند، به صورت حجم جاری ضرب در ریت تنفسی ($TV \times RR$) محاسبه می شود و به صورت لیتر در دقیقه (L/min) بیان می شود. بیشتر بالغین سالم دارای دقیقه تهویه مبنای ۴-۶ لیتر در دقیقه می باشند، اما بیماران بحرانی از قبیل زمانی که سعی می شود اسیدوز متابولیک جبران شود، ممکن است به تهویه دقیقه ای ۱۲ تا ۱۵ لیتر در دقیقه یا حتی بالاتر نیاز داشته باشند تا بتوانند تقاضای بدن خود را برآورده کنند.

کسر اکسیژن دمی^۲ (FiO_2): مقدار اکسیژن ارسالی به بیمار تحت تهویه در طی دم می باشد که به صورت درصد بیان می شود. هوای اتاق هوای ۲۱ درصد اکسیژن است. ونتیلاتور می تواند مقادیر متغیری از اکسیژن را به بیمار برساند که حداکثر اکسیژن ۱۰۰ درصد است.

حالات (مد) ونتیلاتور

حالات معمول تهویه

کنترل کمکی (AC)^۳ مد پر استفاده تهویه است و یکی از ایمن ترین حالات تجویز تهویه مکانیکی در بخش اورژانس است. در این مد بیمار همان تنفسی را می گیرد که پارامترهای آن توسط درمانگر برای هر نفس تعیین شده است. بیمار ممکن است تنفس اضافی داشته یا تنفس زیادی بگیرد، اما همه نفس ها دارای پارامترهای تعیین شده مشابهی هستند. کنترل کمکی می تواند با هدف حجمی باشد (کنترل حجمی، AC/VC) که در آن درمانگر حجم

¹ Minute ventilation

² Fraction of inspired oxygen

³ Assist control

مطلوب مورد نظر را تعیین می کند و یا می تواند با هدف فشاری باشد (کنترل فشاری، AC/PC) که در آن درمانگر فشار مورد نظر را انتخاب می کند.

تهویه هماهنگ شده اجباری متناوب (SIMV)^۱: نوعی تهویه متناوب اجباری یا IMV است. پارامترهای ست شده مشابه ست پارامترهای AC است و تنظیمات می تواند تحت کنترل حجمی (SIMV-VC) یا کنترل فشاری (SIMV-PC) باشد. همانند AC هر تنفس اجباری در SIMV با مجموعه پارامترهای یکسانی ارائه می شود. هرچند با وجود تنفس خودبخودی اضافه، بیمار فقط حمایت فشاری یا CPAP دریافت خواهد کرد. برای مثال، در SIMV-VC می توان حجم جاری (TV) ست کرد و تا وقتی که بیمار دارای تنفس خودبخودی نباشد، هر تنفس مکانیکی ارائه شده به همان حجم جاری خواهد رسید. هرچند تنفس های خودبخودی در این مد از تهویه دارای حجم جاری خیلی متغیری بوده که براساس بیمار و فاکتورهای راه هوایی مشخص می شود.

کنترل حجمی با تنظیم فشاری (PRVC)^۲: نوعی تنفس کنترل کمکی است که در آن بهترین خصیصه های کنترل حجمی و کنترل فشاری با هم ترکیب شده است. درمانگر حجم جاری مطلوب را انتخاب کرده و ونتیلاتور حجم جاری را در هر نفس با کمترین فشار ممکن ارائه می دهد. اگر فشار خیلی بالا بوده و به سطح ماکزیمم از قبل تعیین شده ای رسید، ونتیلاتور جریان هوا را قطع کرده و وارد فاز بازدم می شود تا از بالا رفتن افراطی فشار داخل راه هوایی و آسیب ریوی ناشی از آن پیشگیری کند. در این مد تهویه، هدف فشاری براساس میزان باز شدگی ریه تنظیم می شود تا به رسیدن به حجم جاری مورد نظر کمک شود.

حمایت فشاری یکی از مدهای حمایت نسبی تهویه است که در آن بیمار فشار مستمری (PEEP) به عنوان مکمل دریافت می کند، حمایت فشاری زمانی ایجاد می شود که تنفس ونتیلاتور ماشه می شود. در این مد درمانگر می تواند PEEP و فشار اضافی مورد نظر را علاوه بر PEEP ست کند. هرچند اوج جریان هوای دمی، ریت تنفسی و حجم جاری همگی متغیر وابسته بوده و براساس تلاش بیمار تعیین می شوند. بیمار هر نفس را ماشه می کند و زمانی که بیمار دیگر تلاش نکند، ونتیلاتور تجویز محرک فشاری و یا فشار بیشتر از PEEP

¹ Synchronized intermittent mandatory ventilation

² Pressure regulated volume control

را قطع می کند. بنابراین بیماری در این مد تهویه قرار داده می شود که توانایی تنفس خودبخودی دارد.

تهویه فشار مثبت غیرتهاجمی^۱ (NIPPV): به دو مد تهویه غیرتهاجمی اطلاق می شود که در آن برای بیمار لوله تراشه گذاشته نمی شود. بلکه این مد تهویه از طریق ماسک صورت فوق العاده فیت یا لوله بینی دو شاخه داده می شود. این مد اندیکاسیون های متعددی دارد و موارد منع استفاده از این مد تهویه کاملا روشن است. برای اطلاعات بیشتر فصل ۴ را بخوانید. دو مد تهویه CPAP و BPAP هر دو تهویه غیرتهاجمی هستند.

فشار مثبت مداوم راه هوایی^۲ (CPAP): حالت حمایت تهویه ای نسبی است که در آن بیمار فشار راه هوایی مداومی در چرخه تنفسی دریافت می کند. اوج جریان هوای دم، ریت تنفسی و حجم جاری همگی متغیرهای وابسته بوده و براساس تلاش بیمار تعیین می شوند. بنابراین بیمار بایستی هوشیار بوده، به مقدار کمینه آرامبخش گرفته و توانایی تنفس خودبخودی در طی این مد تهویه را داشته باشد.

فشار مثبت راه هوایی دو سطحی^۳ (BPAP یا BiPAP): حالتی از حمایت تهویه ای نسبی است که در آن بیمار دو سطح از فشار راه هوایی را در سراسر چرخه تنفس دریافت می کند. یک فشار بالا دمی (iPAP) مشابه تنظیم اوج فشار راه هوایی است. فشار بازدمی (ePAP) پایین شبیه به PEEP است و بطور فیزیکی در پایان بازدم قابل مشاهده است و به باز ماندن آلونول ها کمک می کند. بیمار بایستی هوشیار بوده، کمی آرامبخش گرفته و قادر به تنفس خودبخودی در طی این مد تهویه باشد.

مدهای غیر متداول تهویه: مدهای دیگر تهویه وجود دارد که در شرایط خاص و در محیط مراقبت ویژه (ICU) استفاده می شود؛ از جمله، تهویه آزاد سازی فشار راه هوایی (APRV)^۴ که به آن تهویه دو سطحی یا دو دریچه ای، تهویه نوسانی فرکانس بالا، تهویه

¹ Noninvasive positive pressure ventilation

² Continuous positive airway pressure

³ Bilevel positive airway pressure

⁴ Airway pressure release ventilation

کمی سهمی (PAV)^۱ و کمک تهویه تنظیم شده عصبی (NAVA)^۲ که این مدها برای بخش اورژانس و بدون مشاوره متخصص مناسب نیستند.

منابع پیشنهادی

1. Crimi C, Hess D. Principles of mechanical ventilation. In: Bigatello LM, editor. The critical care handbook of the Massachusetts General Hospital. 5th ed. Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins; 2010a.
2. Crimi E, Hess D. Respiratory monitoring. In: Bigatello LM, editor. The critical care handbook of the Massachusetts General Hospital. 5th ed. Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins; 2010b.
3. Singer BD, Corbridge TC. Basic invasive mechanical ventilation. South Med J. 2009;102(12):1238–45.
4. Wood S, Winters ME. Care of the intubated emergency department patient. J Emerg Med. 2011;40(4):419–27.

¹ Proportional assist ventilation

² Neurally adjusted ventilator assist