

آموزش تنظیم ونتیلاتور

تنظیم حجم جاری (Tidal Volume):

حجم جاری، حجمی از گاز است که در هر تنفس توسط ونتیلاتور به بیمار تحویل میگردد. این حجم از ۵ تا ۱۵ میلی لیتر به ازای هر کیلوگرم وزن بیمار قابل تنظیم است و بستگی به ظرفیت ریهها، مقاومت راههای هوایی و پاتولوژی بیماری دارد. افراد با ریه طبیعی حجم های ۱۲-۱۵ cc/kg را تحمل میکنند اما در بیماران با بیماری های محدود کننده ریوی از حجمهای ۵-۸ cc/kg استفاده میشود.

تنظیم درصد اکسیژن دمی FiO_2 :

بر روی ونتیلاتور FiO_2 بین ۲۱ تا ۱۰۰ درصد قابل تنظیم است. اساس تنظیم بر پایه Pao_2 حاصل از ABG است، به نحوی که Pao_2 در سطح قابل قبول قرار گیرد (۹۰% تنظیم دم عمیق (Sigh))

دم عمیق بطور طبیعی در افراد حدود ۱۰ بار در ساعت انجام می گیرد و هدف از دم عمیق در ونتیلاتور جلوگیری از انسداد راه هوایی کوچک است که ممکن در صورت ارائه حجم جاری یکنواخت بروز نماید. معمولاً دم عمیق ۶ تا ۱۰ بار در ساعت و هر بار ۲ تا ۳ دم

عمیق پی در پی با حجمی معادل 5/1 تا 2 برابر حجم جاری توسط دستگاه داده می شود. در صورتی که حجم جاری بیش از 15 میلی متر به ازای هر کیلو گرم وزن بدن بکار رود یا از PEEP استفاده شود نباید دم عمیق مورد استفاده قرار گیرد زیرا احتمال افزایش شدید فشار حداکثر راه هوایی و بروز باروترومای ریه وجود خواهد داشت.



حجم دقیقه ای (Minute volume (Mv))

عبارت است از حاصل ضرب تعداد تنفس (F یا RR) در حجم جاری

$$TV \times RR = MV$$

زمان دم (Inspiratory Time (Ti))

در ونتیلاتورهای زمانی با تنظیم مستقیم نسبت دم به بازدم، زمان دم با توجه به تعداد تنفس و نسبت دم به بازدم تنظیم می گردد. بعنوان مثال اگر تعداد تنفس ۱۲ بار در دقیقه باشد و نسبت دم به بازدم ۱:۲ در

نظر گرفته شود. زمان هر سیکل تنفسی ۵ ثانیه و زمان دم ۷/۱ ثانیه می گردد. در ونتیلاتورهای حجمی نسبت دم به بازدم با میزان Flow تنظیم میشود و هرچه قدر زمان Flow بیشتر باشد سرعت جریان هوا در دم بیشتر شده و زمان دم کوتاهتر میشود و بر عکس با کاهش Flow سرعت جریان هوا در دم کمتر و در نتیجه زمان دم بیشتر میشود. در ونتیلاتورهای پیشرفته تر زمان دم مستقیماً تنظیم شده و به هنگام تنظیم زمان دم پارامترهای I:E و Flow در صفحه نمایش ونتیلاتور به نمایش در میآید تا کاربر بتواند بر اساس آنها زمان دم را دقیقاً تنظیم نماید.

جریان هوا Flow

سرعت جریان هوا در طول دم است که بر حسب لیتر در دقیقه محاسبه میشود و منظور از فلو این است که حجم مشخصی از گاز (حجم جاری) با چه سرعتی به بیمار برسد هر چه فلو بیشتر باشد زمان دم کوتاهتر میشود و در نتیجه فشار حداکثر ریه بیشتر خواهد شد و بر عکس با کاهش فلو زمان دم طولانی تر میگردد. مقدار نرمال آن تقریباً ۳۰ تا ۵۰ لیتر در دقیقه است. در بیماران با دیسترس تنفسی و یا حجم های جاری بالا میزان میزان فلو بین ۶۰-۱۰۰ لیتر در دقیقه تنظیم میشود تا کار تنفسی کاهش یافته و عوارض جانبی ناشی از آن کم شود.

مثالی برای اندازه گیری میزان فلو:

RR: 10 VT: 500 BW: 50 Kg

"I:E Ratio: 1:2 → Inspiration time = 2" 700cc 2"

X 60" Flow= x=flow=22lit/mint

نسبت دم به بازدم (Inspiratory, Expiratory Ratio یا Ratio
(E: I

این نسبت نمایانگر طول مدت دم در مقایسه با بازدم است. معمولاً نسبت دم به بازدم به نحوی تنظیم میشود که مرحله دم کوتاهتر از بازدم باشد (۱:۴ ، ۱:۳ ، ۱:۲ ، ۱:۱٫۵) در تهویه مصنوعی بالغین از نسبت ۱:۲ استفاده میشود که در این حالت ۳۳٪ از هر سیکل تهویهای را دم و ۶۷٪ آن را بازدم در بر میگیرد. اعتقاد بر این است که این تنظیم تقلیدی از دم ارادی (طبیعی) در ریه‌هایی است که از عملکرد طبیعی برخوردارند. از نسبت‌های بالاتر (۱:۴ ، ۱:۳) ممکن است جهت تهویه ریه بیماران دچار COPD و کسانی که احتباس هوا air trapping دارند، استفاده شود. زیرا در این حالت طولانیتر شدن زمان بازدم موجب بازدم کاملتر شده و منجر به کاهش به تله افتادن هوا در ریهها میگردد.

نسبت معکوس دم به بازدم یعنی نسبت ۲:۱ و بالاتر میتواند موجب افزایش قابل ملاحظه فشار متوسط راههای هوایی و عوارض همودینامیکی گردد مگر آنکه بافت ریه بسیار سفت باشد.

کسر (درصد) اکسیژن دمی (Fractional Inspired Oxygen) F_{iO_2} :

درصد یا کسر اکسیژن دمی مقدار اکسیژنی است که به بیمار داده میشود و بین ۲۱٪ (هوای اتاق) تا ۱۰۰٪ قابل تنظیم است. اگر چه

توصیه میشود برای پیشگیری از مسمومیت با اکسیژن نباید به مدت طولانی از اکسیژن ۱۰۰٪ استفاده شود، اما در ابتدای وصل کردن بیمار به ونتیلاتور معمولاً جهت جلوگیری از هیپوکسی از اکسیژن ۱۰۰٪ استفاده میگردد. مسمومیت با اکسیژن ساختار غشای آلوئولی-مویرگی را متغیر میکند و باعث ادم ریوی، آتلکتازی و کاهش Pao2 میگردد. بنابر این به محض ثابت شدن وضعیت بیمار بر اساس پالس اکسی متری و ABGs درصد اکسیژن بتدریج پایین آورده میشود.

در صورتیکه علیرغم تجویز اکسیژن ۶۰٪، Pao2 به ۶۰ میلیمترجیوه نرسید به جای بالابردن Fio2 باید از PEEP استفاده کرد. در اکثر ونتیلاتورها امکاناتی تعبیه شده است که در مواردی مانند ساکشن ترشحات ریوی، برونکوسکپی، فیزیوتراپی ریوی، انتقال بیمار یا انجام سایر پروسیجرهای استرس زا میتوان بطور موقت به بیمار اکسیژن ۱۰۰٪ داد.

تنظیم حساسیت Sensitivity یا Trigger:

در تنفس های اجباری طبق فواصل از پیش تنظیم شده، دم اجباری ارائه میگردد. اما در صورت شروع تنفس مجدد بیمار، با تنظیم حساسیت، ونتیلاتور شروع به ارائه جریانی میکند که یک افت فشار، در مدار دستگاه احساس شود. بنابراین تنظیم حساسیت (Sensitivity setting) نمایانگر مقدار افت فشار در زیر خط پایه (انتهای بازدم) است که بیمار بایستی در مدار ونتیلاتور ایجاد کند (Triggering effort) تا موجب تحریک دستگاه جهت ارائه حجم جاری تنظیمی بر روی آن شود. با تنظیم صحیح کلید حساسیت، میتوان پاسخ تهویهای

دستگاه را با کوششهای بیمار هماهنگ کرد. در مد کنترلرله کلید حساسیت (off) است، بنابراین دستگاه پاسخی به کوشش تنفسی بیمار نمی دهد، در حالیکه در مدهای کمکی مانند SIMV با تنظیم صحیح میزان حساسیت، دستگاه به کوشش تنفسی بیمار با یک تنفس اجباری هماهنگ با دم بیمار پاسخ می دهد. بنابراین حساسیت ونتیلاتور مقدار تلاش تنفسی بیمار را که جهت شروع دم ونتیلاتور لازم است را تعیین می کند و بر اساس فشار یا حجم تنظیم می گردد.

در ونتیلاتورهای جدید غالباً بجای حساسیت فشاری از حساسیت جریانی (Flow Triggering) یا (Flow by) استفاده میشود. در سیستم حساسیت جریانی، زمانی که جریان دم ارادی بیمار به حجم از پیش تنظیم شده برسد یک تنفس حمایتی توسط ونتیلاتور تحویل می گردد. اساس کار حساسیت جریانی به این صورت است که یک جریان مداوم از داخل مدار ونتیلاتور باز می گردد (جریان تحویلی = جریان برگشتی)، زمانی که بیمار تنفس ارادی را شروع نماید، قسمتی از جریان گاز عبوری وارد ریه بیمار شده، بنابراین حجم گاز برگشتی کاهش می یابد. (جریان برگشتی > جریان تحویلی). ونتیلاتور این اختلاف جریان را حس کرده و با ارایه جریان کافی، از دم بیمار حمایت میکند. برای مثال اگر میزان حساسیت جریان (Flow Sense) سه لیتر در دقیقه و مقدار جریان پایه (Flow Base)، شش لیتر در دقیقه تنظیم شود، جریانی به میزان ۶ لیتر در دقیقه در طی بازدم در مدار ونتیلاتور جریان مییابد. اگر بیمار تنفس ارادی نداشته باشد، ۶ لیتر هوا در مدار بازدمی برمی گردد. لیکن اگر تنفس بیمار شروع و مقدار برگشتی از ۶ لیتر به ۳ لیتر افت نماید، نمایانگر دم ارادی بیمار به میزان ۳ لیتر در دقیقه می باشد که محرک دستگاه برای تحویل حجم جاری تنظیمی بر روی ونتیلاتور می باشد.

انتخاب میزان Trigger بستگی به مد تنفسی و میزان کوشش تنفسی بیمار دارد. به عبارت دیگر حساسیت بر اساس نوع ونتیلاتور حساسیت دستگاه، میزانی از تلاش بیمار (فشار منفی یا حجمی) است که برای تحویل تنفس از طرف ونتیلاتور لازم است. حساسیت دستگاه باید به نحوی تنظیم شود که به بیمار امکان تحریک ونتیلاتور جهت ارائه حجم جاری را بدهد. در صورتی که برای تحریک دستگاه نیاز به کوشش تنفسی بیشتری باشد و یا بین زمان کوشش تنفسی بیمار و شروع جریان گاز تاخیری پیش آید، افزایش کار عضلات تنفسی و در نهایت خستگی بیمار در انجام تنفس ارادی اتفاق میافتد. برعکس بالا بردن حساسیت موجب کاهش مقدار کوشش مورد نیاز برای تحریک ونتیلاتور توسط بیمار خواهد شد. در این حالت ونتیلاتور نسبت به کوشش دمی بیمار بیش از حد حساس میشود، در این حالت سیکلهای ونتیلاتوری خودبخود یا سیکل های خودکار ایجاد خواهد شد. در این سیکلها ونتیلاتور بدون در نظر گرفتن جایگاه بیمار در سیکل تنفسی، یک تنفس را بلافاصله بعد از تنفس قبلی ارائه میکند.

فشار مثبت انتهای بازدم و فشار مثبت مداوم راههای هوایی:

(Positive End expiratory ventilation (PEEP

(Continues Positive Airway pressure (CPAP

فشار مثبت انتهای بازدم را میتوان حین تهویه مکانیکی مداوم ایجاد کرد که در این صورت به آن PEEP گفته میشود. اگر PEEP در تنفس خودبخودی همراه یا بدون حمایت تنفسی مورد استفاده قرار گیرد به آن

CPAP میگویند. PEEP و CPAP مشخصا به منظور کاهش آتلکتازی بازدمی در بیمارانی که دچار صدمات حاد ریوی شده‌اند بکار میروند و باعث اصلاح اکسیژناسیون میگردند. سطح معمول PEEP، ۵ تا ۱۵ سانتی متر آب است.

PEEP داخلی

PEEP داخلی یا PEEP خودکار یا Auto PEEP, intrinsic PEEP یا PEEP یا اسامی مانند: محبوس کننده گاز ریوی Pulmonary gas Trapping، PEEP درونزا PEEP، Endogenous PEEP، مخفی PEEP، Occult PEEP سهوی یعنی PEEP ایجاد شده ناشی از زمان بازدمی ناکافی. علل دیگر ایجاد PEEP خودکار شامل: تعداد تنفس بالا، تهویه دقیقه ای بالا، انسداد راههای هوایی و تهویه با نسبت معکوس دم به بازدم (Inverse I:E). با کوتاه شدن زمان بازدم از تخلیه کامل ریهها و رسیدن حجم آن به حجم طبیعی در زمان استراحت (FRC (Functional Residual Capacity جلوگیری میشود. بعبارت دیگر زمان بازدمی ناکافی موجب به تله افتادن گازها در ریهها شده در نتیجه در پایان هر بازدم حجم و فشار داخل ریهها شروع به افزایش مینماید. در نتیجه حالت برگشت پذیری ریه نیز افزایش می یابد. در نتیجه ادامه PEEP خودکار زمانی فرا میرسد که نیروهای برگشت پذیری (الاستیکی ریه) نسبت به تله افتادن بیشتر گازها غلبه کند. حاصل PEEP خودکار افزایش FRC و تسهیل تبادلات گازی است و اکسیژناسیون را بهبود میبخشد.

فشار کفه ای یا فشار استاتیک (Plateau pressure)

فشاری است که در پایان دم و قبل از شروع بازدم در راههای هوایی وجود دارد و نشاندهنده فشار آلوئولی و ظرفیت ریه است. مقدار آن بین صفر تا ۲ ثانیه قابل تنظیم است و مقدار معمول آن ۳/۰ ثانیه است. بالا رفتن فشار پلاتو و حداکثر فشار **Peak pressure** نشانه کاهش ظرفیت ریهها است اما بالا رفتن حداکثر فشار بدون بالا رفتن فشار پلاتو نشانه وجود مقاومت در راههای هوایی میباشد. در صورت افزایش فشار پلاتو به ۳۰ تا ۳۵ سانتی متر آب خطر ایجاد باروتروما وجود دارد.

Ramp

تنظیم شیب افزایش فشار در **ASB** برحسب ثانیه است و زمان رسیدن فشار به حداکثر جریان ست شده را مشخص میکند. در ونتیلاتورهای **Benet** مدل ۷۰۰ (۷۴۰ و ۷۶۰)، از عبارت **Rise Time Factor** بجای **Ramp** استفاده شده است که مقدار آن از ۵ تا ۱۵ قابل تنظیم است. در بعضی از ونتیلاتورها، تنظیم جداگانهای جهت تحویل گاز به اشکال مختلف وجود دارد که تحت عنوان طرحهای موج دمی **Flow wave pattern** نامیده میشوند که جریان دمی را در زمان های متفاوت وارد ریه بیمار میکنند.

فشار حمایتی (PS (pressure support

از فشار حمایتی همراه با مد **SIMV** و یا بطور مستقل (**PSV** **Ventilation pressure support**) جهت غلبه بر مقاومت مدار

تنفسی، لوله های ونتیلاتور و پیشگیری از افزایش کار تنفسی در تنفسهای ارادی استفاده میشود. در بالغین طوری آنرا تنظیم میکنیم که حجم جاری 10-12 ml/kg به بیمار تحویل شود. (در بعضی از ونتیلاتورها برای حمایت از تنفسهای خودبخودی پارمتری بنام) Assisted spontaneous Breathing = (ASB در قسمت تنظیمات تعبیه شدهاست.

دم عمیق Sigh

دم عمیق ۶ تا ۱۲ بار در ساعت (هر ۵ تا ۶ دقیقه ۲ تا ۳ تنفس عمیق و پی در پی) و با حجمی ۱/۵ تا ۲ برابر حجم جاری است. هدف از دم عمیق مقابله با انسداد راه های هوایی کوچک است که ممکن است در صورت حجم جاری کوچک بروز کند. در هنگام استفاده از حجم های جاری بالاتر از حد فیزیولوژیک (۱۰-۱۵ میلیلیتر پارکیلو گرم) یا بکارگیری PEEP معمولاً نباید از دم عمیق استفاده کرد، زیرا در چنین شرایطی دم عمیق ممکنست منجر به افزایش شدید فشار حداکثر راههای هوایی PIP یا بروز بارو تروما در ریهها گردد.

Apnea Ventilation

یک مد تنفسی است که در آن هنگام آپنه بیمار (عدم احساس تنفس های خودبخودی بیمار توسط ونتیلاتور در زمان مشخص از پیش تعیین شده) ونتیلاتور بطور اتوماتیک وارد تهویه اجباری میگردد. در این مد تعداد تنفس و حجم جاری جهت تهویه اجباری از پیش برای ونتیلاتور

تعریف می‌گردد. به عبارت دیگر در کلیه مدهایی که مشروط به تنفس خودبخود بیمار هستند (مدهای غیر از CMV یا IPPV)، حتما باید قبل از اتصال بیمار به ونتیلاتور مد Apnea Ventilation با حجم و تعداد تنفس مناسب برای ونتیلاتور تعریف گردد تا در هنگام آپنه بیمار حیات وی تهدید نشود.

تنفس های خودبخودی با فشار مثبت مداوم راههای هوایی در دو سطح متفاوت

(BIPAP Biphasic positive airway pressure)

تنفس های خودبخودی در فشار مثبت مداوم راههای هوایی در دو سطح متفاوت یک مد تنفسی است که در آن بیمار در دو سطح CPAP بطور خودبخود نفس میکشد. در حقیقت یک مد تهویه زمانی فشاری است که در طی آن بیمار در دو سطح حداکثر فشار راههای هوایی PIP و PEEP در یک تناوب زمانی نفس میکشد. BIPAP شبیه SIMV یا CPAP است و معمولا در استفاده از این مدها به جای یکدیگر کاربران دچار سردرگمی میگردند. BIPAP فشار مثبت در راههای هوایی را در طی دم و بازدم اعمال می کند. منظور از فشار مثبت در طی دم یعنی IPAP (Inspiratory Positive Airway pressure) و منظور از فشار مثبت در در طی بازدم یعنی EPAP (Expiratory Positive Airway pressure) (دوره های بین IPAP و EPAP را یا کوششهای تنفسی بیمار تعیین میکند یا اینکه با تنظیم تعداد تنفس و زمان دم مشخص می‌گردد. از مزایای IPAP افزایش حجم جاری و تهویه دقیقهای و کاهش Paco₂، رفع دیسپنه و کاهش استفاده از عضلات فرعی تنفسی است از مزایای EPAP نیز

افزایش ظرفیت باقیمانده عملی FRC و در نتیجه افزایش Pao₂ می باشد.

حداکثر فشار راه‌های هوایی Peak airway pressure or Peak (inspiratory pressure (PIP

نشاندنده فشار لازم جهت باد کردن ریه‌ها است و بستگی به مقاومت راه‌های هوایی و ظرفیت ریه دارد. مقدار طبیعی فشار راه‌های هوایی در مرحله دم ۱۵ تا ۳۰ سانتیمتر آب است که در انتهای دم به ۲۰ تا ۳۰ سانتیمتر آب میرسد. هنگام تنظیم آلارم حداکثر فشار Pmax معمولاً مقدار آن ۵ تا ۱۰ سانتی متر آب بالاتر از PIP در نظر گرفته میشود.

MAP یا (Mean airway pressure) فشار متوسط راه‌های هوایی

منظور از فشار متوسط راه‌های هوایی مقدار متوسط فشار راه هوایی در کل زمان دم و بازدم می باشد. برای بررسی اثرات سوء افزایش فشار راه هوایی استفاده از این معیار بیش از حداکثر فشار راه هوایی ارزش دارد چرا که در این معیار مدت زمان تاثیر فشار نیز در نظر گرفته میشود. هر عاملی زمان دم را طولانی کند و یا شروع بازدم را به تاخیر بیندازد فشار متوسط راه‌های هوایی را افزایش خواهد داد. چون استفاده از Flow بالا زمان دم را کم میکند بنابر این فشار متوسط راه‌های هوایی با Flow بالا، کمتر می شود.

افزایش یا کاهش فشار راههای هوایی (Airway pressure low or high)

کاهش فشار راههای هوایی هنگامی اتفاق میافتد که یا بیمار از ونتیلاتور جدا شده (Disconnect) یا نشتی (leak) در مدار تنفسی وجود داشته باشد که عمده علل آن عبارتند از: کم بودن هوا در کاف لوله تراشه یا تراکئوستومی، پارگی کاف لوله تراشه یا تراکئوستومی، جدا شدن قسمتی از مسیر دم یا بازدم، شل شدن اتصالات بیمار به ونتیلاتور، پارگی یا ترک خوردگی لوله های رابط، نشتی در محل اتصال Humidifier یا نبولایزر یا سنسور درجه حرارت، وجود مشکلات ریوی مانند Bronchopleural air leak که باعث انتقال هوا به داخل فضای جنب میشود که با مشاهده حباب های هوا در بطریهای چست تیوپ مشخص میگردد و تنظیم نادرست محدوده آلام فشار.

افزایش فشار راههای هوایی هنگامی اتفاق میافتد که انسداد در مسیر جریان هوا وجود داشته باشد انسداد به علل مختلفی پیش میآید که عمده علت های آن عبارتند از: سرفه کردن بیمار، گاز گرفتن لوله تراشه، عدم هماهنگی بین تنفسهای بیمار و ونتیلاتور، وجود ترشحات در راههای هوایی، جاگذاری نادرست لوله تراشه، وارد شدن لوله تراشه به برونش راست، گرفتگی (kink) یا تا شدهگی لوله های رابط و ونتیلاتور به بیمار، گرفتگی فیلترها، اسپاسم برونش، افزایش تعداد تنفسهای بیمار و تغییرات در طرح تنفسی بیمار (به علت هیپوکسمی، ترس و اضطراب بیمار، اختلالات متابولیک یا CNS و غیره)، تلاش بیمار برای حرف زدن، کاهش ظرفیت ریویها مانند پنومونی، ادم ریوی،

پنوموتوراکس، تنظیم نادرست PEEP یا حجم جاری، تنظیم نادرست Flow rate ، تنظیم نادرست محدوده آلام فشار.

نگهداشتن ریه ها در حالت دم (Inspiratory Hold)

جهت انجام پروسیجرهای خاص مانند انجام گرافی سینه یا اندازه گیری مقاومت Resistance و ظرفیت ریهها Compliance استفاده میشود.

نگهداشتن ریه ها در حالت بازدم (Expiratory Hold)

جهت انجام اندازه گیری های خاص مانند اندازه گیری Auto PEEP یا PEEP استفاده میشود.

مقاومت راههای هوایی (Resistance airway)

مقاومت طبیعی راههای هوایی بین 2-4 cmH₂O/L/sec است که تا 6 متغیر میباشد. در صورت وجود لوله آندوتراکیال در تراشه مقدار مقاومت به 6 cmH₂O/L/sec یا بیشتر و با آمفیزم یا آسم مقاومت راههای هوایی تا 18 cmH₂O/L/sec افزایش مییابد. در شرایط زیر نیز مقاومت راههای هوایی افزایش می یابد: افزایش ترشحات، ادم مخاط، برونکواسپاسم، اسپیره کردن.

با درمان علت می توان افزایش مقاومت راههای هوایی را جبران نمود مثلا ساکشن کردن راه هوایی، برطرف کردن انسداد و یا دادن یک

داروی برونکودیلاتور، تغییر دادن سرعت و یا نحوه جریان گاز نیز میتواند افزایش فشار راههای هوایی ناشی از مقاومت راههای هوایی را تغییر دهد.

منبع: سایت rahamozteb.com