

Revijalni članak

MODOVI MEHANIČKE VENTILACIJE

MECHANICAL VENTILATION MODES

Dejan Marković^{1, 2}, Dragana Unić Stojanović³,
Jasna Jevđić^{4, 5}, Dušanka Janjević⁶,
Vladimir Dolina⁶, Radmilo Janković^{7, 8}

Dejan Marković^{1, 2}, Dragana Unić Stojanović³,
Jasna Jevđić^{4, 5}, Dušanka Janjević⁶,
Vladimir Dolina⁶, Radmilo Janković^{7, 8}

¹ Medicinski fakultet Univerziteta u Beogradu

² Centar za anesteziologiju i reanimatologiju Kliničkog centra Srbije, Beograd

³ Klinika za anesteziju i intenzivno lečenje, Institut za kardiova-
skularne bolesti Dedinje, Beograd

⁴ Fakultet medicinskih nauka, Univerziteta u Kragujevcu

⁵ Centar za anesteziju i reanimaciju Kliničkog centra Kragujevac

⁶ Služba za anesteziju, Klinika za bolesti uva, grla i nosa, Klinički
centar Vojvodine, Novi Sad

⁷ Medicinski fakultet Univerziteta u Nišu

⁸ Centar za anesteziju i reanimatologiju Kliničkog centra Niš

¹ School of Medicine, University of Belgrade

² Center for Anesthesiology and reanimatology, Clinical Center
of Serbia, Belgrade

³ Department of Anesthesiology and intensive therapy, Institute
for Cardiovascular Diseases Dedinje Belgrade

⁴ Faculty of Medical Sciences, University of Kragujevac

⁵ Center for Anesthesiology and reanimatology, Clinical Center
Kragujevac

⁶ Department of Anesthesiology, Clinic for Ear, Nose and Throat,
Clinical Center of Vojvodina, Novi Sad

⁷ School of Medicine, University of Niš

⁸ Center for Anesthesiology and reanimatology, Clinical Center
Niš

Sažetak. U poslednjih trideset godina značajno je povećan broj i kompleksnost modova mehaničke ventilacije. U ovom radu opisani su neki od najčešće korišćenih modova mehaničke ventilacije: kontrolisana mandatorna ventilacija (CMV), asistirana kontrolisana ventilacija (A/C), sinhrona intermitentna mandatorna ventilacija (SIMV), BILEVEL mod ventilacije, PSV – pritiskom potpomognuta ventilacija, APRV – airway pressure release ventilation, CPAP- ventilacija kontinuiranim pozitivnim pritiskom, ASV – inteligentni mod ventilacije, PAV-proporcionalna asistirana ventilacija, VSV –volumenom podržana ventilacija, PRVC- pritiskom regulisana volumenom kontrolisana ventilacija, HFOV – visokofrekventna oscilatorna ventilacija i najnoviji mod ventilacije - NAVA – neurally adjusted ventilation assist mod.

Ključne reči: mehanička ventilacija, modovi ventilacije, mehanički respiratorni ciklus

Summary. There has been a dramatic increase in the number and complexity of ventilation modes over the last 30 years. In this paper several of these modes are reviewed: continuous mandatory ventilation(CMV), assist/control mode (A/C), synchronized intermittent mandatory ventilation (SIMV), BILEVEL mode of ventilation, PSV (pressure support ventilation), CPAP (continuous airway pressure release ventilation), ASV (adaptive support ventilation), PAV (proportional assisted ventilation), VSV (volume support ventilation), PRVC (pressure regulated volume controlled ventilation), HFOV (high frequency oscillatory ventilation), and the newest mode of ventilation - NAVA (neurally adjusted ventilatory assist).

Key words: mechanical ventilation, modes of ventilation, respiratory cycle during mechanical ventilation

Uvod

Mehanička ventilacija pluća može biti invazivna i neinvazivna. Invazivna ventilacija podrazumeva intubaciju bolesnika (ili prisustvo traheotomne kanile) i upotrebu ventilatora, dok neinvazivna ventilacija podrazumeva korišćenje specijalnih maski (za nos ili za usta i nos) koje dobro prijanjaju za lice bolesnika i korišćenje specijalnih aparata za neinvazivnu ventilaciju. Ventilatori novije generacije imaju mogućnost kako invazivne, tako i neinvazivne ventilacije.

Mehanički respiratorni ciklus

Da bismo razumeli mehaničku ventilaciju pluća i modove mehaničke ventilacije potrebno je najpre razjasniti terminologiju kojom se opisuje jedan mehanički respiratorni ciklus.

Svaki mehanički respiratorni ciklus je determinisan varijablama. Postoje dve vrste varijabli: kontrolne i fazne varijable. U kontrolne varijable spadaju volumen, pritisak, protok i vreme. Samo jedna od njih može da se koristi da bi se odredio oblik mehaničkog disanja. Izabrana kontrolna varijabla predstavlja nezavisnu varijablu, dok ostale varijable postaju zavisne. U zavisnosti od toga koja od njih je izabrana da bude kontrolna varijabla, ventilatori se dele na ventilatore kontrolisane volumenom, pritiskom, protokom ili vremenom. Iako su i protok i vreme definisani kao kontrolne varijable, one se retko koriste, a najčešće se kao kontrolna varijabla koristi volumen ili pritisak (volumenom ili pritiskom kontrolisana ventilacija).

Fazne varijable određuju pojedine faze respiratornog ciklusa. Postoje četiri faze respiratornog ciklusa: promena iz ekspirijuma u inspirijum, inspirijum, promena iz inspirijuma u ekspirijum i ekspirijum. Za ove četiri faze respiratornog ciklusa odgovorne su četiri fazne varijable: triger, limit, ciklovanje (završetak inspirijuma) i „baseline“ -varijabla koja određuje šta se dešava u toku ekspirijuma.

Triger je mehanizam koji ventilator koristi da bi započeo inspirijum (tačnije završio ekspirijum i započeo inspirijum). Mehanički udisaj može biti isporučen kada je započet (trigerovan) od strane bolesnika ili nezavisno od napora bolesnika – kada udisaj započinje nakon određenog perioda vremena. Kao triger mogu da se koriste volumen, protok

ili pritisak – kada ventilator registruje promenu volumena, protoka ili pritiska kao posledicu napora bolesnika da započne udisaj. Kao triger može da se koristi i vreme kada ventilator započinje mehanički udisaj u zavisnosti od zadate frekvence i isporučuje se u pravilnim vremenskim intervalima nezavisno od napora bolesnika.

Limit – vrednost ove varijable nemože biti prekoračena u bilo kom trenutku u toku inspirijuma. Kao limit mogu da se koriste volumen, pritisak i protok, dok vreme ne može da bude limitirajuća varijabla.

Ciklovanje – promena iz inspirijuma u ekspirijum se naziva ciklovanje. Ventilatori koriste različite načine za ciklovanje:

Volumen – nakon što se isporuči zadati volumen, inspirijum prelazi u ekspirijum

Vreme – inspirijum prelazi u ekspirijum nakon isteka određenog inspiratornog vremena.

Protok – kada se protok smanji na 25% od maksimalnog inspiratornog protoka – inspirijum prelazi u ekspirijum.

Pritisak – inspirijum se završava i započinje ekspirijum kada se dostigne maksimalna vrednost pritiska (bez obzira da li je postignut volumen ili nije).

„Baseline“ varijabla – ova varijabla kontroliše kraj ekspirijuma. Kao „baseline“ varijabla najčešće se koristi pritisak. Pritisak na kraju ekspirijuma može biti nula (kada se naziva ZEEP – „zero end expiratory pressure“) ili da bude veći od nule kada se naziva PEEP – „positive end expiratory pressure“).

Pored terminologije koja opisuje mehanički respiratorni ciklus potrebno je razjasniti i terminologiju vezanu za pojedine vrste udisaja u toku mehaničke ventilacije.

Mandatorni udisaj – udisaj pod pozitivnim pritiskom koji je kontrolisan, trigerovan i ciklovan od strane ventilatora u odnosu na zadate parametre.

Asistirani udisaj – udisaj koji trigeruje bolesnik, ali je kontrolisan i ciklovan od ventilatora. Kada nema trigeru od strane bolesnika tada asistirani udisaj postaje identičan mandatornom udisaju.

Podržani udisaj – udisaj pod pozitivnim pritiskom koji je trigerovan i ciklovan od strane bolesnika, ali kontrolisan od ventilatora.

Spontani udisaj – udisaj pod negativnim pritiskom, trigerovan, ciklovan i kontrolisan od strane

bolesnika.

Podela modova ventilacije

Postoji veliki broj modova invazivne mehaničke ventilacije. Neki modovi su međusobno slični ili isti, ali se drugačije nazivaju u zavisnosti od proizvođača ventilatora, što može da dovede do konfuzije. Svi modovi, u zavisnosti od zastupljenosti spontanog disanja bolesnika, mogu se, najjednostavnije, podeliti u tri grupe: modovi kontrolisane mehaničke ventilacije (kada ventilator kontroliše svaki respiratorni ciklus, bez spontanog disanja bolesnika), modovi sinhronizovane mandatorne ventilacije (pored obaveznih respiratornih ciklusa koje generiše ventilator, bolesniku je omogućeno da diše spontano) i modovi spontane ventilacije (kada bolesnik diše spontano, uz podršku ventilatora, a bez respiratornih ciklusa koje generiše ventilator).

Lekar podešava nekoliko obaveznih parametara na ventilatoru da bi obezbedio adekvatnu ventilaciju bolesnika. Najčešće podešavani parametri su: disajni volumen (TV) ili pritisak, frekvencija disanja, frakcija kiseonika u udisajnoj smeši gasova (FiO_2), pritisak u disajnim putevima, vrednost PEEP-a, vrednost PS (pressure support) i mod ventilacije.

U zavisnosti od toga koja kontrolna varijabla (volumen ili pritisak) reguliše respiratorni ciklus, modovi ventilacije se dele na¹:

1) *Volumenom cilljane modove ventilacije (volumen kontrolisana ventilacija):*

Npr. Volumenom kontrolisana - kontrolisana mandatorna ventilacija (VC CMV), volumenom kontrolisana asistirana kontrolisana mandatorna ventilacija (VC Ass/Control), volumenom kontrolisana - sinhrona intermitentna mandatorna ventilacija (VC SIMV)

2) *Pritiskom ciljane modove ventilacije (pritiskom kontrolisana ventilacija):*

Npr. Pritiskom kontrolisana - asistirana kontrolisana ventilacija (PC Ass/Control), pritiskom kontrolisana - sinhrona intermitentna mandatorna ventilacija (PC SIMV), ventilacija pozitivnim pritiskom na dva različita nivoa pritiska (BiPAP), pritiskom podržana ventilacija (PS), proporcionalna asistirana ventilacija (PAV)...

3) *Dvostruko kontrolisane modove ventilacije:*

Npr. Pritiskom regulisana volumenom kontrolisana ventilacija (PRVC), volumenom podržana ventilacija plus (VS+), volumenom kontrolisana

ventilacija plus (VC+), „adaptive support ventilation“ (ASV) ...

U odnosu na zastupljenost pojedinih modova u svakodnevnom radu, modovi mehaničke ventilacije mogu se dalje podeliti na konvencionalne (najčešće korišćene modove ventilacije) i novije modove ventilacije.

Konvencionalni modovi ventilacije

U konvencionalne, najčešće korišćene modove ventilacije, spadaju: kontinuirana (stalna) mandatorna (zadata) ventilacija (CMV), intermitentna (povremena) mandatorna ventilacija (IMV), sinhrona (sinhronizovana) intermitentna mandatorna ventilacija (SIMV), „bilevel positive pressure ventilation“ (BiPAP), tj. ventilacija na dva različita nivoa pritiska, ventilacija uz primenu kontinuiranog pritiska (CPAP, continuous positive airway pressure) i pritiskom potpomognuta ventilacija (PSV, pressure support ventilation) koja predstavlja spontano disanje, uz podršku ventilatora. Uz različite modove ventilacije, može se dodati pozitivan pritisak na kraju ekspirijuma (PEEP, positive end-expiratory pressure).

1 . Kontinuirana mandatorna ventilacija - Continuous mandatory ventilation (CMV)

a) Kontrolisana mandatorna ventilacija (Controlled mandatory ventilation)

Ovim modom ventilacije ventilator isporučuje bolesniku zadati disajni volumen (kod volumenom kontrolisane ventilacije) zatom frekvencom. Mandatorni (obavezni) respiratorni ciklusi nisu sinhronizovani sa eventualnim pokušajima bolesnika da napravi inspirijum, tako da je ovaj mod ventilacije pogodan za bolesnike koji nemaju pokušaje spontanog disanja. Ukoliko bolesnik diše spontano ventilator ne prepoznaje napore bolesnika pa dolazi do „sudaranja“ aparata i bolesnika. Ovaj mod ventilacije pripada istoriji i kod modernih ventilatora je zamenjen modom asistirane kontrolisane ventilacije.

b) Asistirana kontrolisana mandatorna ventilacija (Assist/Control mandatory ventilation)

Ukoliko ne postoje naponi bolesnika da napravi inspirijum, ovaj mod ventilacije je potuno isti kao prethodni mod. Međutim, ako bolesnik pokuša da

napravi inspirijum i ventilator to prepozna, bolesniku se isporučuje zadati - mandatorni disajni volumen (kod volumenom kontrolisane ventilacije) sa svakim inspiratornim naporom bolesnika koji ventilator registruje. Dakle za razliku od prethodnog moda, ovde je sinhronizacija između ventilatora i bolesnika bolja. Bolesnik može da pokrene inspirijum – ali on neće biti spontan već je uvek kontrolisan od strane ventilatora (ventilator uvek – za svaki bolesnikov pokušaj obezbeđuje prethodno zadat disajni volumen), a bolesnik kontroliše disajnu frekvencu.² Ukoliko bolesnik prestane da diše, ventilator će isporučivati prethodno zadati disajni volumen frekvencom koja je zadata kao što je to slučaj kod kontrolisane mandatorne ventilacije.

Ovaj mod ventilacije se preporučuje nakon intubacije bolesnika i započinjanja mehaničke ventilacije. Osnovni nedostatak ovog moda je taj što ne dozvoljava bolesniku spontano disanje već samo započinjanje inspirijuma i kontrolu frekvence, što može da dovede do atrofije respiratorne muskulature.

2. *Intermitentna mandatorna ventilacija (IMV) i sinhrona intermitentna mandatorna ventilacija (SIMV)*

Intermitentna mandatorna ventilacija (IMV) je mod ventilacije koji dozvoljava bolesniku spontano disanje volumenom i frekvencom koje kontroliše bolesnik, a povremeno – intermitentno (zadatom frekvencom) ventilator isporučuje bolesniku obavezne (mandatorne) respiratorne cikluse prethodno zadatog disajnog volumena (kod volumenom kontrolisane ventilacije). Ovi mandatorni respiratorni ciklusi su trigerovani vremenom i nisu sinhronizovani sa bolesnikovim disanjem, tako da inspirijum mandatornog ciklusa može da započne u bilo kojoj fazi spontane respiracije (npr u ekspirijumu, što može dovesti do diskomforta bolesnika). Ovaj mod se retko koristi, a mnogo korišćeniji mod u svakodnevnom radu je sinhrona intermitentna mandatorna ventilacija (SIMV). Isto kao kod IMV, bolesnik kontroliše frekvencu i volumen spontanih respiracija, a ventilator povremeno (zadatom frekvencom), isporučuje obavezni (mandatorni) disajni volumen, ali tako da su mandatorni respiratorni ciklusi sinhronizovani sa spontanim disanjem bolesnika. Sinhronizacija se postiže takozvanim „vremenskim prozorom,“ što znači da ventilator, u vreme kada

treba da isporuči mandatorni ciklus, to čini tek kada registruje inspiratorni napor bolesnika (tako da mandatorni inspirijum ne može da započne asinhrono u toku spontanog ekspirijuma). Svaki spontani udisaj bolesnika van mandatornih udisaja može da bude potpomognut određenim pritiskom (PS). Ukoliko ventilator ne registruje bolesnikove pokušaje spontanih respiracija, onda se isporučuje zadati disajni volumen zadatom frekvencom kao u modu kontrolisane mandatorne ventilacije. Razlika između SIMV-a i A/C moda je u tome što bolesnik može da diše spontano između mandatornih udisaja. Mod SIMV se koristi u procesu odvikavanja od mehaničke ventilacije, a omogućavajući spontano disanje sprečava nastanak atrofije respiratornih mišića. Međutim, rezultati nekih studija su pokazali da je u procesu odvikavanja od mehaničke ventilacije inferiorniji u odnosu na BILEVEL i PSV - mod spontanog disanja.^{3,4}

3. *„Bilevel positive pressure ventilation“ (BiPAP)*

„Bilevel“ mod ventilacije podrazumeva ventilaciju bolesnika pozitivnim pritiskom na dva različita nivoa pritiska. Kako je ovde pritisak kontrolna varijabla treba obratiti pažnju na isporučeni disajni volumen za zadate vrednosti pritiska u zavisnosti od komplijanse pluća i otpora u disajnim putevima. Ovaj mod ventilacije je potisnuo SIMV kao najkorišćeniji mod ventilacije zato što ne postoji rizik od nastanka barotraume, a sinhronizacija između bolesnika i ventilatora je bolja nego kod SIMV-a. Na ventilatoru se zadaju dva nivoa pritiska – inspiratorni pritisak u disajnim putevima IPAP („PEEP high“ - vrednosti pozitivnog pritiska u inspirijumu) i EPAP („PEEP low“ - vrednosti pozitivnog pritiska na kraju ekspirijuma), respiratorna frekvenca i vreme trajanja inspirijuma. Bolesniku je omogućeno spontano disanje na oba nivoa pritiska, frekvencom i volumenom koje bolesnik sam određuje. Respiratorni ciklusi koje generiše ventilator su sinhronizovani sa spontanim disanjem bolesnika. Ovaj mod ventilacije može da se kombinuje sa pritiskom podržanim (PSV) modom ventilacije, kada je svaki započeti spontani inspirijum podržan od strane ventilatora određenim zadatim pritiskom (PS) bilo na donjem ili gornjem pritisku. Ukoliko bolesnik prestane da diše, ventilacija se nastavlja kontrolisanim udisajima zadatom

frekvencom, i volumenom koji se ostvaruje u zavisnosti od podešenih pritisaka (IPAP i EPAP). I ovaj mod ventilacije se koristi u procesu odvikavanja bolesnika od mehaničke ventilacije.

4. PEEP i CPAP

(positive endexpiratory pressure; continuous positive airway pressure)

PEEP – pozitivni pritisak na kraju ekspirijuma nije mod ventilacije, već predstavlja jednu od četiri fazne varijable. Dodaje se različitim modovima ventilacije kako bi se popravila oksigenacija, sprečio nastanak atelektaza i smanjio disajni rad bolesnika potreban za ponovno otvaranje alveola.

CPAP (continuous positive airway pressure) je za razliku od PEEP-a, poseban mod ventilacije koji podrazumeva obavezno prisustvo spontanog disanja bolesnika. Dakle, bolesnik diše spontano na jednom - zatom nivou pozitivnog pritiska, nema respiratornih ciklusa generisanih od ventilatora pa nema IPAP i EPAP kao kod BiPAP-a već samo jedna zadata vrednost kontinuiranog pozitivnog pritiska. Primenom CPAP-a popravljaju se razmena gasova, smanjuje se disajni rad bolesnika i potiskuje se tečnost iz plućnog intersticijuma. Primenom CPAP-a popravljaju se prevashodno oksigenacija bolesnika, ali se ne utiče na ventilaciju. Njegova primena može da bude invazivna uz pomoć ventilatora kod intubiranog bolesnika ili neinvazivna kod neintubiranih bolesnika. Neinvazivna primena CPAP-a je indikovana kod respiratorne slabosti blažeg stepena, postoperativnih atelektaza i kod hipoventilacionih sindroma a invazivna primena CPAP-a je indikovana kao mod za odvikavanje od mehaničke ventilacije. Uobičajene vrednosti podešavanja pritiska za CPAP su od 5-20 cm H₂O.

5. PSV (pressure support ventilation) – pritiskom potpomognuta ventilacija

PSV je jedan od modova spontanog disanja. To je bolesnikom trigerovan, pritiskom ciljan, protokom ciklovan mod ventilacije. Neophodno je prisustvo spontanog disanja (nema respiratornih ciklusa koje generiše ventilator), a ventilator podržava svaki inspiratorni napor bolesnika koji registruje određenim zadatim pozitivnim pritiskom. Podešava se samo nivo pritiska (PS) bez podešavanja frekvence

i disajnog volumena. Ovaj mod ventilacije je komforan za bolesnika i koristi se kao zaseban mod u procesu odvikavanja od mehaničke ventilacije ili kao podrška spontanom disanju kod drugih modova ventilacije (SIMV, Bilevel...) zato što smanjuje disajni rad neophodan za savladavanje otpora u endotrahealnom tubusu i sistemu creva ventilatora. Uobičajene vrednosti podešavanja ovog pritiska su između 5 i 30 cm H₂O.

Noviji modovi ventilacije

U novije modove ventilacije spadaju: APRV (airway pressure release ventilation), ASV (adaptive support ventilation), proporcionalna asistirana ventilacija (PAV), volumenom podržana ventilacija (VSV, volume support ventilation), pritiskom regulisana volumenom kontrolisana ventilacija (PRVC, pressure regulated volume control), visoko frekventna oscilatorna ventilacija (HFOV, high frequency oscillatory ventilation) i najnoviji mod, baziran na registrovanju aktivnosti dijafragme, tzv. NAVA (neurally adjusted ventilatory assist) .

1. APRV (airway pressure release ventilation)

Ovaj mod ventilacije po svom obliku je blizak sa BILEVEL modom ventilacije, a u isto vreme najviše liči na CPAP. Naime, bolesnik diše spontano na zadatoj vrednosti gornjeg PEEP – a (što je ustvari CPAP od oko 20-25 cm H₂O), a samo na kratko (u trajanju od 0,4 sekunde) ventilator otpusti konstantni pritisak tako da on pada na nultu vrednost i odmah zatim se vraća na nivo gornjeg pritiska kada bolesnik nastavlja da diše kao na CPAP-u. Ovo otpuštanje pritiska služi za bolju eliminaciju ugljen-dioksida, tako da za ovaj mod ventilacije možemo da kažemo da je poboljšani CPAP. Odnos inspirijuma i ekspirijuma kod ovog moda ventilacije je veći od 10:1. Prednosti ovog moda ventilacije su: niži pritisak u disajnim putevima, minimalan efekat na kardiovaskularni system i smanjena potreba za sedacijom bolesnika. Ovaj mod je preporučen mod za ventilaciju traumatizovanih bolesnika sa ARDS-om. APRV mod ventilacije je kontraindikovana kod bolesnika sa hroničnom obstruktivnom bolešću pluća i kod bolesnika sa prisutnom bronhopneuralnom fistulom.

2. ASV (*adaptive support ventilation*)- *inteligentni mod ventilacije*

ASV mod ventilacije je idealan za korišćenje na onim odelenjima gde ne postoji dovoljno obučenog kadra za mehaničku ventilaciju. Na ventilatoru je potrebno podesiti samo nekoliko parametara, a dalje podešavanje parametara ventilacije vrši sam ventilator. Potrebno je da se unesu: visina bolesnika (ventilator preračunava idealnu telesnu masu), pol bolesnika, FiO_2 , PEEP i procenat minutne ventilacije bolesnika (100% ili više kod npr septičnog bolesnika). Ventilator uz pomoć softvera preračunava optimalnu minutnu ventilaciju na osnovu idealne telesne mase, zatim vrši nekoliko test udisaja, procenjuje mrtvi prostor i određuje optimalnu disajnu frekvencu ako nema bolesnikovih pokušaja disanja. Željeni disajni volumen se dostiže APC (*adaptive pressure control*) modom – to znači da se dostiže zadati minimalni disajni volumen kontrolisanjem pritiska. Ventilator sve vreme vrši monitoring nad respiratornim karakteristikama bolesnika i podešava parametre u odnosu na aktuelne potrebe.

3. PAV – *proporcionalna asistirana ventilacija*

PAV je mod spontanog disanja, sličan PS (isto je udisaj bolesnika potpomognut određenim pritiskom) ali osnovna razlika je u tome što je PAV dinamički mod ventilacije. Kod PS svaki inspiratorni napor bolesnika koji registruje ventilator podržan je određenim - zadatim pritiskom (PS) koji je uvek konstantan. Kod PAV softver ventilatora u kratkim vremenskim intervalima procenjuje komplijansu pluća i otpor u disajnim putevima, izračunava ukupni disajni rad, disajni rad bolesnika i određuje nivo pomoći spontanim udisajima tako da disajni rad bolesnika uvek bude u optimalnim granicama. Ovaj vid ventilacije je proporcionalan disajnim naporima bolesnika – veći disajni napor - veća podrška (kako bi disajni rad bolesnika ostao u granicama normale) za razliku od PS gde za različite disajne napore bolesnika uvek sledi podrška konstantnim pritiskom. U podešavanjima na ventilatoru unose se dijametar endotrahealnog tubusa i idealna telesna masa bolesnika i određuje procenat potrebne asistencije-pomoći bolesniku (od 5% - 95%) a na

displeju ventilatora se može pratiti veličina disajnog rada u realnom vremenu. Ovaj mod ventilacije je izuzetno komforan za bolesnika, odlično je sinhronizovan sa bolesnikom i preporučuje se u procesu odvikavanja od mehaničke ventilacije.⁵

4. VSV –(*Volume support ventilation*) – *Volumenom podržana ventilacija*

Ovaj mod ventilacije je dvostruko kontrolisan. Kako bi se kod pritiskom podržane ventilacije (PSV) isporučio minimalno zagarantovani disajni volumen, ventilator započinje sa test udisajem kojim se određuje komplijansa pluća, a nakon toga određuje se nivo podrške pritiskom (povećavajući za po 3 cm H₂O) da bi se isporučio zadati disajni volumen.

5. PRVC – (*Pressure regulated volume control*) – *pritiskom regulisana volumenom kontrolisana ventilacija*

Mod sličan VSV modu, ventilator započinje inicijalni udisaj kako bi izmerio komplijansu pluća, a zatim nastavlja pritiskom kontrolisano disanje postepenim povećanjem pritiska sve dok se ne isporuči zagarantovan – zadat disajni volumen. Na ovaj način se izbegava opasnost od nastanka barotraume sa jedne strane i nastanka hipoventilacije i malog disajnog volumena sa druge strane.

6. HFOV-(*High frequency oscillatory ventilation*) – *Visoko frekventna oscilatorna ventilacija*

Ovaj mod ventilacije podrazumeva upotrebu specijalnih ventilatora koji mogu da isporuče veoma veliku disajnu frekvencu. Koristi se u pedijatriji ali može da se koristi i kod odraslih kod refraktarne hipoksemije kada su drugi modovi ventilacije neuspešni.^{6,7} Pri velikoj disajnoj frekvenci disajni volumen je mali, manji od mrtvog prostora. Cilj ovakvog načina ventilacije je da se pluća drže „otvorenim“ kako bi se ventilacija održala difuzijom gasova. Od komplikacija kod HFOV najopasniji je nastanak pneumotoraksa i respiratorne acidoze. Ovaj vid ventilacije zahteva sediranog i relaksiranog bolesnika.

7. NAVA – *Neurally adjusted ventilatory assist*

NAVA je mod ventilacije budućnosti. Baziran je na registrowanju aktivnosti dijafragme (preko elektrode plasirane u jednjak) kako bi se što bolje sinhronizovao rad ventilatora sa disajnim naporima bolesnika uključujući i varijabilnost između spontanijh udisaja bolesnika koji su karakteristični pri normalnom disanju.⁸

Zaključak

Savršen mod mehaničke ventilacije ne postoji. Na raspolaganju je veliki broj modova ventilacije, a dobro poznavanje karakteristika svakog od njih omogućuje izbor najoptimalnijeg moda za datog bolesnika, u zavisnosti od njegovih aktuelnih potreba i prisutnog komorbiditeta.

Literatura

1. Ashfaq H. Understanding Mechanical Ventilation. A Practical Handbook. Second Ed. Springer-Verlag London Limited 2010;71-110.
2. Hala H, Hisham I, Yehia K, Ezzat A. Ventilation and ventilators in the ICU: What every intensivist must know. *Current Anaesthesia & Critical Care* 2006;17: 77–83.
3. Brochard L, Rauss A, Benito S, Conti G, Mancebo J, Rekik N, et al. Comparison of three methods of gradual withdrawal from ventilatory support during weaning from mechanical ventilation. *Am J Respir Crit Care Med* 1994;150(4): 896–903.
4. Esteban A, Frutos F, Tobin MJ, Alia I, Solsona JF, Valverde I, et al. A comparison of four methods of weaning patients from mechanical ventilation. Spanish Lung Failure Collaborative Group. *N Engl J Med* 1995;332(6):345–50.
5. Younes M, Puddy A, Roberts D, Light RB, Quesada A, Taylor K, et al. Proportional assist ventilation. Results of an initial clinical trial. *Am Rev Respir Dis* 1992;145(1):121–129.
6. Fort P, Farmer C, Westerman J, Johannigman J, Beninati W, Dolan S, et al. High-frequency oscillatory ventilation for adult respiratory distress syndrome—a pilot study. *Crit Care Med* 1997;25(6):937–47.
7. Mehta S, Lapinsky SE, Hallett DC, Merker D, Groll RJ, Cooper AB, et al. Prospective trial of high-frequency oscillation in adults with acute respiratory distress syndrome. *Crit Care Med* 2001;29(7):1360–9.
8. Navalesi P, Costa R. New modes of mechanical ventilation: proportional assist ventilation, neurally adjusted ventilatory assist, and fractal ventilation. *Curr Opin Crit Care* 2003; 9(1):51–8.