

## Neinvazivna mehanička ventilacija u bolesnika s kroničnom opstruktivnom plućnom bolešću

*Noninvasive ventilation in chronic obstructive pulmonary disease patients*

Gordana Pavliša, Taida Alfirević-Ungarov, Eugenija Kasap\*

---

### Sažetak

U posljednjem je desetljeću značajno povećana upotreba neinvazivne mehaničke ventilacije (NIV) u liječenju akutne respiracijske insuficijencije (RI) različitih uzroka. U pogoršanju kronične opstruktivne plućne bolesti (KOPB) pokazano je da NIV značajno smanjuje parcijalni tlak ugljičnog dioksida, povećava pH, smanjuje frekvenciju disanja i smanjuje težinu zaduhe. Time bitno smanjuje potrebu za endotrahealnom intubacijom, duljinu boravka u bolnici i bolnički mortalitet. U KOPB bolesnika, NIV omogućava raniju ekstubaciju, čime se mogu izbjeći komplikacije produžene invazivne ventilacije. Također, NIV je korisna i u prevenciji i liječenju neuspješnog pokušaja odvajanja od invazivne ventilacije u pacijenata s visokim rizikom. Studije u bolesnika sa stabilnim KOPB-om nisu uspjele dokazati značajan učinak na preživljenje, pa je dugotrajno liječenje kisikom i dalje zlatni standard liječenja KOPB bolesnika s kroničnom RI. NIV se može primijeniti pomoću ventilatora namijenjenih za intenzivno liječenje, kao i prijenosnih ventilatora, a značajne razlike u učinkovitosti pojedinih načina ventilacije nisu dokazane. Izbor sučelja za NIV od ključne je važnosti za njezin ukupan uspjeh, a educirano i iskusno osoblje neophodno je u započinjanju i praćenju NIV-a. Pažnja treba biti usmjerena na vitalne znakove, izmjenu dišnih plinova i pacijentovu toleranciju sučelja. U pacijenata koji ne odgovore zadovoljavajuće na NIV treba odmah razmotriti intubaciju. Kako je NIV učinkovita metoda liječenja RI u KOPB bolesnika, svaki liječnik koji je uključen u zbrinjavanje KOPB bolesnika trebao bi biti upoznat s ovom metodom.

**Ključne riječi:** neinvazivna mehanička ventilacija, kronična opstruktivna plućna bolest, respiracijska insuficijencija

---

### Summary

The use of non-invasive ventilation (NIV) has dramatically increased over the last decade in the treatment of acute respiratory failure (ARF) due to various causes. In acute exacerbation of chronic obstructive pulmonary disease (COPD) it has been shown to significantly decrease partial pressure of carbon dioxide, increase pH, decrease respiratory rate, and diminish the severity of breathlessness. Additionally, it is associated with a marked reduction of the need for endotracheal intubation, reduction of complication rate, duration of hospital stay and hospital mortality. NIV can be useful in facilitating extubation of COPD patients to avoid the complications of prolonged invasive ventilation. Also, NIV is a useful tool for the prevention and treatment of extubation failure in high risk patients. The studies of NIV in stable COPD patients with respiratory failure have not shown a significant impact on survival, and long term oxygen therapy remains the gold standard. NIV may be delivered either by critical care ventilators or portable ventilators. Studies failed to show significant differences in efficacy between different ventilator modes. The major determinant of NIV overall success is the choice of interface. When initializing NIV, patients should be closely monitored by trained and experienced staff, and attention should be paid to vital signs, gas exchange and tolerance of the interface. Patients who do not respond adequately to NIV should be considered for immediate intubation. Since NIV is an effective tool in the treatment of respiratory failure in COPD, every involved clinician should be familiar with this technique.

**Key words:** non-invasive ventilation, chronic obstructive pulmonary disease, respiratory failure

*Med Jad 2011;41(3-4):135-141*

---

\* Specijalna bolnica za plućne bolesti, Zagreb (dr. sc. Gordana Pavliša, dr. med., Taida Alfirević-Ungarov, dr. med.); Opća bolnica Zadar, Odsjek za suzbijanje i liječenje bolesti pluća i tuberkuloze (Eugenija Kasap, dr. med.)

Adresa za dopisivanje / Correspondence address: Dr. sc. Gordana Pavliša, dr. med., Specijalna bolnica za plućne bolesti, Rockefellerova 3, 10000 Zagreb; e-mail adresa: gordana\_pavlis@net.hr

Primljeno / Received 2011-03-03; Ispravljeno / Received 2011-07-08; Prihvaćeno / Accepted 2011-09-01

## Uvod

Neinvazivna mehanička ventilacija (NIV) predstavlja oblik mehaničke ventilacijske potpore u kojem nije potrebna intubacija bolesnika. Povijest neinvazivne mehaničke ventilacije seže još u 19. stoljeće kada su konstruirani prvi ventilatori koji su stvarali negativni tlak oko bolesnikovog prsišta i trbuha i time pomagali inspiririj.<sup>1</sup> Takvi ventilatori poznati su pod imenom čelična pluća. Danas se NIV gotovo isključivo provodi primjenom pozitivnog tlaka na dišni sustav bolesnika preko različitih sučelja, pa će se daljnji tekst odnositi na neinvazivnu mehaničku ventilaciju pozitivnim tlakom.

Glavni razlog rastućeg interesa za primjenu NIV-a je izbjegavanje komplikacija invazivne mehaničke ventilacije. Iako je invazivna ventilacija vrlo učinkovita, nosi rizik od razvoja niza komplikacija, kao što su ozljeda glasnica ili traheje pri intubaciji, iritacija i ozljeda sluznice, edem, upala, povećana mukozna sekrecija zbog prisustva endotrahealnog tubusa, aspiracija želučanog sadržaja, gastrointestinalno krvarenje, tromboembolijski incidenti, baro-trauma i ventilator vezana pneumonija (VAP).<sup>2,3</sup>

Pokazano je da pacijenti s akutnom respiracijskom insuficijencijom (RI) u sklopu egzacerbacije kronične opstruktivne plućne bolesti (KOPB) imaju značajne koristi od primjene NIV-a, te se ona danas drži standardnim oblikom zbrinjavanja respiracijske insuficijencije (RI) u sklopu ovog entiteta.<sup>4</sup> Važan preduvjet za primjenu NIV-a je da bolesnik spontano diše.

U daljnjem tekstu prikazati ćemo glavne učinke NIV-a u bolesnika s KOPB-om i RI, tehničke aspekte primjene NIV-a i ulogu zdravstvenih djelatnika pri primjeni ovog modaliteta liječenja.

### Patofiziološka osnova razvoja respiracijske insuficijencije u KOPB-u

Akutno pogoršanje KOPB-a često je praćeno značajnim pogoršanjem dišnih plinova. U razvoju akutnog pogoršanja kronične RI bolesnika s KOPB-om, značajnu patofiziološku ulogu ima nesposobnost respiratornog sustava da održi dostatnu alveolarnu ventilaciju. Bronhokonstrikcija, upala dišnih putova i povećana sekrecija mukoznih žlijezda rezultiraju porastom plućne rezistencije. Smanjeni protok zraka u ekspiririju posljedično povećava rezidualni funkcijski kapacitet, što vodi razvoju dinamičke hiperinflacije, odnosno intrizičkog pozitivnog tlaka na kraju ekspiririja (auto-PEEP). Kao posljedica patološke respiratorne mehanike karakterizirane velikom respiratornom rezistencijom i razvoja dinamičke hiperinflacije, nastupa zamor respiratorne muskulature. Time se zatvara krug

koji vodi daljnjem pogoršanju izmjene plinova, mentalnog statusa i hemodinaskoj nestabilnosti.

NIV pomaže inspiririj i uravnotežuje auto-PEEP, čime smanjuje dišni rad i lomi ovaj zatvoreni krug.<sup>5</sup> Prema tome, ciljevi NIV-a u liječenju akutne RI u sklopu pogoršanja KOPB-a su redukcija razine parcijalnog tlaka ugljičnog dioksida u arterijskoj krvi (PaCO<sub>2</sub>) i poboljšanje alveolarne ventilacije s posljedičnim poboljšanjem vrijednosti pH.<sup>3,6</sup>

### NIV u zbrinjavanju akutne hiperkapnične respiracijske insuficijencije kod KOPB bolesnika

Akutna hiperkapnična RI, kao posljedica pogoršanja KOPB-a, vezana je uz visoki mortalitet.<sup>6</sup> Standardno liječenje ovih bolesnika uključuje primjenu lijekova, kontroliranu primjenu kisika i uklanjanje sekreta. Randomizirane, kontrolirane kliničke studije u ove skupine bolesnika uniformno su pokazale da primjena NIV-a poboljšava ishode liječenja akutne egzacerbacije KOPB-a: smanjuje potrebu za endotrahealnom intubacijom (ETI), smanjuje komplikacije liječenja, boravak u jedinici intenzivnoga liječenja (JIL) i bolnički mortalitet.<sup>7-12</sup>

Multicentrična, prospektivna, randomizirana studija koja je provedena na dvije skupine podudarnih bolesnika s akutnim pogoršanjem KOPB-a, uspoređivala je učinak standardnog liječenja i primjene kombinacije standardnog liječenja i NIV-a. NIV već nakon sat vremena značajno poboljšava parcijalni tlak kisika u arterijskoj krvi (PaO<sub>2</sub>) i pH, smanjuje stupanj encefalopatije i frekvenciju disanja u odnosu na standardni medikamentozni pristup. U skupini bolesnika koji su provodili NIV bila je rjeđa potreba za endotrahealnom intubacijom (ETI) i invazivnom ventilacijom (26% naprama 74%;  $p < 0,001$ ), bilo je značajno manje komplikacija liječenja (14% naprama 45%;  $p < 0,01$ ) i kraća hospitalizacija ( $23 \pm 17$  dana naprama  $35 \pm 33$  dana;  $p < 0,02$ ). Bolesnici koji su bili invazivno ventilirani imali su značajno veću smrtnost (9% naprama 29%;  $p < 0,02$ ).<sup>7</sup>

Metaanaliza Keena i suradnika pokazala je da NIV, uz standardnu terapiju u pacijenata s akutnim pogoršanjem KOPB-a, smanjuje učestalost ETI (28% redukcija rizika, 95% interval pouzdanosti (confidence interval – CI 15–40%), skraćuje duljinu boravka u bolnici (4,57 dana, 95% CI 2,30–6,83 dana), i mortalitet tijekom bolničkog liječenja (10% redukcija rizika, 95% CI 5–15%).<sup>13</sup>

Cochrane analiza je također zamijetila brži oporavak vitalnih znakova, pH, izmjene dišnih plinova i redukciju duljine bolničkoga liječenja.<sup>14</sup>

Prednost NIV-a pred invazivnom ventilacijom je i u tome što se može primijeniti izvan jedinica

intenzivnog liječenja. Multicentrična, randomizirana kontrolirana studija u koju je uključeno 236 pacijenata, pokazala je da je primjena NIV-a na plućnim odjelima reducirala ETI i mortalitet bolesnika liječenih radi akutnoga pogoršanja simptoma KOPB-a. Analiza podgrupa je sugerirala da je ishod liječenja u pacijenata čiji je pH niži od 7,3 bio lošiji kada se uspoređuje s rezultatima studija provedenih u JIL-u. Rezultati ove studije sugeriraju da s adekvatnom edukacijom osoblja, NIV može biti uspješno primijenjena izvan JIL-a, te da rano započinjanje NIV-a izvan JIL-a dovodi do boljih ishoda nego ukoliko se ne primijeni ventilatorna podrška. Također, rezultati ove studije sugeriraju da je ranija intervencija uspješnija.<sup>15</sup>

NIV u akutnoj egzacerbaciji KOPB-a dozvoljava sigurnu primjenu kisika s dobrom kontrolom PaCO<sub>2</sub> u većine bolesnika. Oprez je potreban u bolesnika s vrlo teškom hiperkapnijom i smanjenim dišnim podražajem. Meecham Jones i sur. su pokazali da primjenom NIV-a hiperkapnija ima tendenciju pada u bolesnika s nižim početnim PaCO<sub>2</sub>, dok u onih s visokim vrijednostima PaCO<sub>2</sub>, hiperkapnija dodatno raste. Ova studija govori u prilog tome da se pacijenti s jako visokim vrijednostima PaCO<sub>2</sub> često teško ventiliraju i da je kod njih suradljivost tijekom primjene NIV-a otežana.<sup>16</sup> To može objasniti nekoliko mehanizama. NIV povećava minutnu ventilaciju uglavnom na način da povećava volumen udara. Tijekom akutne egzacerbacije KOPB-a otpor dišnih putova je velik, a rastezljivost (eng. compliance) je smanjena. Neki ventilatori koji se koriste za NIV nisu sposobni proizvesti dovoljan tlak kako bi mogli adekvatno povećati minutnu ventilaciju u bolesnika s vrlo teškim pogoršanjem bolesti. Osim toga, neadekvatna korekcija PaCO<sub>2</sub> može biti i posljedica drugih važnih patofizioloških mehanizama, kao što je poremećaj ventilacijsko perfuzijskog omjera. Također, porast PaO<sub>2</sub> pomoću ventilacije dodatno smanjuje podražaj za disanje i pacijentov aktivni doprinos ventilaciji.

Čini se da rana primjena NIV-a može imati neke prednosti i za dugoročnu prognozu ovih bolesnika. Confalonieri M i sur. pratili su ishod liječenja nakon 12 mjeseci u dvije podudarne skupine bolesnika liječenih radi akutnog pogoršanja simptoma KOPB-a. Jedna je skupina liječena standardnim načinom, a u druge je, uz standardno liječenje, primijenjen i NIV. Preživljenje nakon 12 mj bilo je značajno niže u standardno liječene skupine (50% naprama 71%,  $p < 0,05$ ), a broj i duljina naknadnih hospitalizacija radi plućnih pogoršanja bila je značajno viša ( $7 \pm 10$  dana naprama  $25 \pm 22$  dana,  $p = 0,003$ ).<sup>9</sup>

Kako primjena NIV-a ima dobro dokumentirane prednosti u liječenju akutne hiperkapničke respi-

racijske insuficijencije KOPB bolesnika, ona je široko prihvaćena kako standardni pristup liječenja ovog entiteta.

Prema standardima Globalne inicijative za KOPB (GOLD), indikacije za NIV su:

- umjerena do teška zaduha, uz upotrebu pomoćne dišne muskulature i paradokсне pokrete abdomena
- umjerena do teška acidoza s pH nižim od 7,35 i/ili hiperkapnija s PaCO<sub>2</sub> većim od 45 mmHg
- frekvencija disanja veća od 25/min

NIV je kontraindiciran u bolesnika s respiratornim arestom, kardiovaskularnom instabilnošću (hipotenzija, aritmije, infarkt miokarda), promjenama mentalnog statusa, u nekooperabilnih pacijenata, pacijenata s visokim rizikom aspiracije, obilnom viskoznom sekrecijom, kraniofacijalnom traumom, fiksiranim nazofaringealnim abnormalnostima, opeklinama i u ekstremno gojaznih.<sup>6</sup>

### Uloga NIV-a u odvajanju od invazivne mehaničke ventilacije

Invazivna ventilacija preko endotrahealnog tubusa može biti mjera koja spašava život pacijenata s akutnom respiratornom insuficijencijom, ali je vezana uz brojne komplikacije.<sup>2,3</sup> Mortalitet bolesnika raste s trajanjem invazivne mehaničke ventilacije.<sup>17</sup> Zbog toga je racionalno skratiti vrijeme invazivne ventilacije na najkraće moguće. NIV može pomoći u odvajanju bolesnika od invazivne mehaničke ventilacijske potpore, osobito KOPB bolesnika s akutnim pogoršanjem kronične RI. Nava i sur. su u svoje istraživanje uključili 68 KOPB bolesnika s teškim akutnim pogoršanjem kronične RI (prosječni PaCO<sub>2</sub> bio je  $94,2 \pm 24,2$  mm Hg, a pH  $7,18 \pm 0,06$ .) Nakon intubacije i invazivne ventilacije u trajanju od dva dana, u svih je pacijenata proveden dvosatni test spontanoga disanja na T-tubus (SBT). Naime, drži se da je 48 sati invazivne ventilacije dovoljno vremena za oporavak respiratorne muskulature u pacijenata s KOPB-om.<sup>18</sup> Pacijenti koji nisu uspješno prošli dvosatni test SBT-a randomizirani su u dvije skupine. Kod jedne je proveden standardni postupak odvajanja, korištenjem tlačno potpomognute ventilacije (eng. pressure support ventilation – PSV) putem endotrahealnog tubusa, a druga je bila ekstubirana i stavljena na NIV. Skupina bolesnika koja je stavljena na NIV bila je značajno kraće mehanički ventilirana i imala je značajno bolje tromjesečno preživljenje u odnosu na kontrolnu skupinu.<sup>19</sup>

Neuspješni pokušaj odvajanja od ventilatora i potreba za ponovnom reintubacijom čest je problem.

Neuspješnim pokušajem odvajanja držimo kada RI, koja se manifestira potrebom za reintubacijom, nastupi unutar 48-72 sata od ekstubacije.<sup>20</sup> U bolesnika koji zahtijevaju reintubaciju je učestalost pneumonija i mortalitet značajno veći nego u bolesnika koji su uspješno odvojeni.<sup>3,21</sup> Kako bi se smanjio rizik od potrebe za ponovnom intubacijom, pokušana je primjena NIV-a odmah nakon ekstubacije. Randomizirane, kontrolirane studije nisu uspjele dokazati korisnost rane primjene NIV-a u neselektiranoj populaciji invazivno mehanički ventiliranih bolesnika.<sup>22</sup>

KOPB bolesnici s akutnim pogoršanjem kronične RI, mogu imati koristi od primjene NIV-a odmah nakon ekstubacije. U studiji Nava S. i sur skupina KOPB bolesnika u kojih je odmah nakon ekstubacije primijenjen NIV, imala je značajno manju potrebu za reintubacijom (4,8% naprama 12,2%) i značajno kraći boravak u JIL-u.<sup>23</sup>

NIV se pokazala uspješnom metodom liječenja KOPB bolesnika koji ponovno razviju RI unutar 72 sata nakon ekstubacije. Hilbert i sur. proveli su studiju na KOPB bolesnicima koji su razvili RI nakon ekstubacije. RI se očitovala frekvencijom disanja većom od 25/min, padom pH ispod 7,35 i/ili porastom PaCO<sub>2</sub> za više od 25% unutar 72 sata nakon ekstubacije. Pacijenti su podijeljeni u dvije skupine: prvoj je primijenjen NIV, a na drugoj standardno liječenje. Komparirajući s podudarnom kontrolnom skupinom, NIV je bio vezan uz manje reintubacija (20% naprama 67%) i kraći boravak u JIL-u (8 naprama 14 dana).<sup>24</sup>

U neselektirane skupine bolesnika koji su ponovno razvili RI nakon ekstubacije NIV se nije pokazala uspješnom metodom liječenja.<sup>25</sup>

### NIV u stabilnom KOPB

Dugotrajno liječenje kisikom (DLO<sub>2</sub>) značajno produljuje život u pacijenata s RI kao posljedicom KOPB-a. Ipak, pokazano je da pacijenti s hiperkapnijom imaju lošiju prognozu, kraće preživljenje i manje koristi od DLO<sub>2</sub>.<sup>26,27</sup> Osim toga, pacijenti s teškim KOPB-om imaju visoku prevalenciju poremećaja disanja u spavanju, uključujući sindrom apneje tijekom spavanja (sleep apnea syndrome – OSAS) i epizode hipoventilacije koje vode desaturaciji.<sup>28</sup> Posljedično, ovi pacijenti imaju manje REM faza tijekom spavanja, lošu kvalitetu i kraću ukupnu duljinu spavanja. Stoga je pretpostavljeno da bi korištenje NIV-a noću moglo prevenirati epizode poremećaja disanja u spavanju i dovesti do oporavka centra za disanje i njegove osjetljivosti na razinu CO<sub>2</sub>. Posljedično se očekivalo da bi dnevne vrijednosti

dišnih plinova bile bolje, a da bi poboljšana kvaliteta spavanja imala pozitivan učinak na ukupnu kvalitetu života.<sup>29,30</sup> Za razliku od akutne RI kod koje postoji niz studija koje dokazuju njezinu korist, samo je nekoliko randomiziranih, kontroliranih studija ispitalo učinak kombinacije NIV-a i DLO<sub>2</sub> kod stabilnog KOPB s kroničnom RI.

Dvogodišnja multicentrična, prospektivna, randomizirana studija provedena na 100 hiperkapničnih KOPB bolesnika pokazala je da NIV noću, uz DLO<sub>2</sub>, smanjuje dnevnu razinu PaCO<sub>2</sub>, stupanj zaduhe i poboljšava kvalitetu života.<sup>31</sup>

Prospektivna, randomizirana studija Casanova C i sur. uspoređivala je ova dva oblika liječenja u 52 stabilna KOPB bolesnika s teškim oblikom bolesti (FEV<sub>1</sub> < 45%). Broj akutnih egzacerbacija bio je jednak u obje skupine bolesnika. Nakon 3 mjeseca praćenja, broj hospitalizacija bio je značajno manji u NIV grupi (5% naprama 15%; p < 0,05), ali razlika nije potvrđena nakon 6 mjeseci (18% naprama 19%). Jedina značajna korist pokazana je u stupnju zaduhe procijenjenim prema Borgovoj skali i u psihomotornoj koordinaciji nakon 6 mjeseci korištenja NIV-a. Prosječni stupanj zaduhe je u NIV skupini pao sa 6 na 5 (p < 0,039).<sup>32</sup> Ni jedna od ovih studija nije uspjela pokazati pozitivan učinak primjene NIV-a na preživljenje bolesnika.<sup>31,32</sup>

Dakle, kontrolirane randomizirane studije nisu uspjele dokazati pozitivan učinak NIV-a na prirodni tijek bolesti stabilnih KOPB bolesnika, te je danas mišljenje da je primjena NIV-a u pacijenata s teškim KOPB-om u stabilnom stanju, od granične koristi.<sup>1,32</sup>

Drži se da korist od NIV-a mogu imati KOPB bolesnici sa simptomatskim poremećajem disanja u spavanju (osobito ako im je pridružena OSAS), oni koji zbog teške hiperkapnije ne toleriraju DLO<sub>2</sub> i bolesnici s rekurentnim hiperkapničkim egzacerbacijama.<sup>1</sup>

### Tehnički aspekti NIV-a

#### Sučelja

S napretkom tehnologije, razvijen je veliki broj različitih sučelja (eng. interface) kako bi se zadovoljile potrebe kliničara, te pružila udobnost i sigurnost pacijentima tijekom NIV-a. Nekoliko je osnovnih vrsta: usnici (eng. mouthpiece), nosne maske (eng. nasal masks), nosni jastučići (eng. nasal pillows), nosnounsne maske (eng. oronasal masks), maske preko cijeloga lica (full-face masks), te kacige (eng. helmets). Svaka od njih ima svoja karakteristična obilježja. Podaci koji su skupljeni u internetskom istraživanju koje je obuhvatilo oko 300 intenzivnih

jedinica i pulmoloških odjela diljem Europe pokazalo je da se u liječenju akutne RI najčešće koriste oronazalne maske, potom slijede nosne maske, maske za cijelo lice i kacige.<sup>32</sup> Svaka od ovih sučelja na tržištu se nalazi u nekoliko veličina i oblika. Izbor adekvatnog sučelja za NIV od ključne je važnosti za njezin ukupni uspjeh i izbjegavanje najčešćih komplikacija. Stoga je pri započinjanju NIV-a neophodno posvetiti dovoljno vremena izboru optimalne maske i njezinoj adaptaciji pojedinom bolesniku.

Nosne maske prekrivaju nos, dok nosnounsne maske prekrivaju nos i usta. Najčešće komplikacije pri primjeni maski su gubitak zraka (ili curenje), klaustrofobija, eritem kože na licu, oštećenje kože i iritacija očiju.<sup>33</sup> Nazalne maske u odnosu na nosnounsne maske i maske preko cijeloga lica imaju nekoliko prednosti. Pacijenti uz njih mogu pričati i iskašljavati, a i rjeđe se javlja klaustrofobija. U odnosu na nosne maske, one dozvoljavaju više gubitka zraka, osobito kroz usta, pa je obično pri njihovoj upotrebi potrebna nešto dulja prilagodba pacijenata. Zbog toga se oronazalne maske preferiraju u inicijalnom zbrinjavanju akutne RI. Nosne i nosnounsne maske čine izravni pritisak na nosni greben i paranazalne strukture, što može uzrokovati iritaciju kože i ulceracije. Kako bi se reducirao pritisak na ove strukture, maske imaju gelom ili zrakom punjene jastuke koji povećavaju udobnost.<sup>34,35</sup> Ipak najvažnija strategija prevencije oštećenja kože je pravilno namještanje maske. Maska treba biti pričvršćena za glavu na način da dva prsta mogu proći između lica i traka za fikaciju. Ovime se dozvoljava gubitak male količine zraka iz sustava, što je prihvatljivo i ne utječe značajno na interakciju pacijenta i ventilatora.<sup>3</sup>

Maske preko cijeloga lica mogu dopremiti veću tlačnu podršku, uz manji gubitak zraka. One zahtijevaju manju suradnju pacijenta i dozvoljavaju disanje na usta. Ipak, one su manje udobne, te onemogućavaju komunikaciju i prehranu na usta.<sup>3</sup>

Kaciga se sastoji od cilindra koji obavija glavu i dio ili pak cijeli vrat. Studije koje su uspoređivale masku preko cijeloga lica i kacigu u tretiranju akutne RI u KOPB bolesnika, pokazale su da kaciga postiže usporedivo poboljšanje vitalnih znakova, uzrokuje manje komplikacija, bila je ekvivalentna učestalost intubacija i mortalitet, ali je PaCO<sub>2</sub> bio viši unatoč većoj razini tlačne potpore.<sup>36</sup> U studiji koja je provedena na 33 KOPB pacijenta koja su provodila NIV preko kacige i 33 pacijenta sličnih karakteristika tretirana preko maske, učestalost intubacija i ishodi liječenja bili su slični u obje grupe. Ipak pri primjeni NIV-a preko maske, pad PaCO<sub>2</sub> bio je značajniji i brži nego preko kacige ( $p = 0,01$ ).<sup>37</sup> Naime, pri primjeni

kacige pacijent ponovno udiše prethodno izdahnuti zrak s povišenim CO<sub>2</sub> iz kacige. To se može riješiti visokim protocima zraka u kacigi, iznad 100 l/min. Dakle, iako kaciga ima neke prednosti vezane uz udobnost pacijenta, ona je manje učinkovita u ispiranju CO<sub>2</sub>, što je od osobite važnosti kod KOPB bolesnika.

### Ventilatori

NIV se može pružiti pomoću ventilatora namijenjenih za upotrebu u JIL-u ili pomoću transportabilnih ventilatora. Ventilatori koji su dizajnirani za upotrebu u JIL-u omogućuju preciznu kontrolu frakcije udahnutog kisika, te izbor više načina respiracije, a imaju i ekstenzivne mogućnosti monitoriranja i alarma. Njihova značajna prednost je to što imaju odvojene cijevi za inspiratorni i ekspiratorne plinove, čime se minimalizira ponovno udisanje CO<sub>2</sub>.

NIV se često provodi pomoću portabilnih ventilatora koji su u pravilu jednostavniji za rukovanje. Oni mogu pružiti tlačnu ili volumnu respiracijsku podršku. Danas se većinom koriste transportabilni ventilatori koji pružaju ventilacijsku podršku pomoću dvije razine tlaka (eng. bi-level ventilator). Ovi ventilatori pružaju pozitivni inspiratorni tlak, sinhrono s pacijentovim pokušajem udaha (tlačna potpora) i održavaju atmosferski ili niski pozitivni tlak na kraju izdaha (positive end-expiratory pressure – PEEP). Dodatak PEEP-a u bolesnika s teškim KOPB-om može uravnotežiti učinak zadržavanja zraka u alveolama (auto-PEEP), koji je odgovoran za 70-80% respiratornog opterećenja.<sup>38,39</sup>

Portabilni ventilatori najčešće nemaju odvojenu cijev za izdahnuti zrak, pa postoji opasnost od ponovnog udisanja izdahnutog CO<sub>2</sub>. Postavljenje PEEP-a na 3-4 cm H<sub>2</sub>O adekvatno rješava ovaj problem. Ova razina PEEP-a povećava curenje zraka oko maske, čime osigurava ispiranje CO<sub>2</sub> iz sustava i smanjuje njegovo ponovno udisanje.<sup>35</sup> Nekoliko je studija ispitivalo razlike između fizioloških učinaka različitih načina NIV-a. Studija koja je uspoređivala učinke asistiranog-kontroliranog NIV-a (eng. assist-control ventilation – ACV) i tlačno potpomognute NIV (eng. pressure support ventilation – PSV) u bolesnika s pogoršanjem KOPB-a nije našla razlike u ishodima liječenja, niti u vrijednostima dišnih plinova. Oba su modaliteta poboljšala obrazac disanja i omogućila odmor mišića.<sup>16,40</sup> Uz ACV dišni rad je bio manji, ali su ga pacijenti držali neudobnijim.<sup>41</sup> Nije nađena razlika u učinkovitosti volumno kontrolirane ventilacije, tlačno kontrolirane ventilacije ili kontinuiranog pozitivnog tlaka (eng. continuous positive airway pressure (CPAP) u pacijenata s akutnim pogoršanjem KOPB-a.<sup>16</sup>

Primjena tlačne podrške od 15-20 cm H<sub>2</sub>O značajno smanjuje dišni rad, dok PEEP od 4-5 cm H<sub>2</sub>O učinkovito uravnotežuje auto-PEEP.<sup>18</sup>

U nedostatku dokaza o prednosti pojedinog načina NIV-a, izbor treba biti baziran na iskustvu pojedinoga centra. Kontrolirani načini ventilacije mogu biti pogodni u pacijenta s teškim respiratornim poremećajem, nestabilnim ventilatornim podražajem, apnejama ili hipopnejama. U ostalim situacijama mogu se sigurno upotrijebiti potpomognuti načini NIV-a.<sup>3</sup>

### Uloga zdravstvenih djelatnika u provođenju NIV-a

Timski rad liječnika, respiratornih fizioterapeuta i sestara, neophodan je za uspješno provedenu NIV. Ovaj oblik pružanja respiracijske podrške zahtijeva dosta vremena. Pri započinjanju NIV-a potrebno je uložiti maksimalni trud u odabir adekvatnog sučelja i njegovu pravilnu adaptaciju pojedinom bolesniku. Dobro educirani i iskusni zdravstveni djelatnici trebaju pažljivo nadzirati pacijenta kojem je započet ovaj oblik mehaničke ventilacijske potpore. Pažnju treba obratiti, ne samo na vitalne znakove i vrijednosti dišnih plinova, već i na udobnost i pacijentovu toleranciju sučelja. Pribor za intubaciju treba biti pripremljen i u slučaju neadekvatnog odgovora treba bez odgađanja započeti invazivnu ventilaciju.

Edukacija svih sudionika procesa pri započinjanju NIV-a u nekoj ustanovi je zahtjevan proces. Neophodno je da svi sudionici tima budu dobro educirani o aspektima NIV-a koji su njihovo područje rada i brige za pacijente. Sestre trebaju znati pravilno aplicirati sučelja, interpretirati alarme, nadzirati pacijente i procijeniti rezultate liječenja, ovisno o stupnju težine bolesnikova stanja. Respiratorni fizioterapeuti trebaju biti educirani o logičnoj podlozi ovoga vida terapije, pravilnom postavljanju maski, adaptaciji ventilatora, verificiranju i rješavanju problema, te održavanju opreme.<sup>42</sup>

Uspješnost NIV-a raste s porastom iskustva respiracijskoga tima. Carlucci i sur. su u osmogodišnjoj retrospektivnoj studiji pokazali promjene u kliničkoj praksi primjene NIV-a u KOPB bolesnika. Stupanj neuspjeha NIV-a bio je konstantan tijekom vremena, unatoč tome što su je primjenjivali u sve težih bolesnika. Između 1992 – 1996. rizik neuspjeha NIV-a u teško bolesnih pacijenata (pH < 7,25 pri prijemu) je bio tri puta veći nego u razdoblju od 1997–1999. Autori su zaključili da je poboljšanje vještina koje su rezultat iskustva, progresivno pridonijelo uspjehu liječenja pacijenata koji su bili težega kliničkog stanja.<sup>43</sup>

### Zaključak

Danas se NIV u svijetu drži prvom linijom liječenja KOPB bolesnika s akutnim pogoršanjem KRI. S obzirom na dobro dokumentirane pozitivne učinke ovoga oblika liječenja, mišljenja smo da bi svaki liječnik koji je uključen u zbrinjavanje ovih bolesnika trebao biti upućen u ovu metodu liječenja.

### Literatura

1. Simonds AK, ur. Non-invasive respiratory support. A practical handbook. London: Arnold; 2001, str. 1-159.
2. Epstein S. Complications in ventilator supported patients. U: Tobin M, ur. Principles and practice of mechanical ventilation. New York: McGraw Hill; 2006, str. 877-902.
3. International consensus conferences in intensive care medicine non-invasive positive pressure ventilation in acute respiratory failure. Am J Respir Crit Care Med. 2001;163:283–91.
4. Kallet RH. Non-invasive ventilation in acute care: controversies and emerging concepts. Respir Care. 2009;54:259-63.
5. Conti G, Costa R, Craba A, et al. NIV treatment for acute exacerbation in COPD patients. Minerva Anesthesiol. 2005;71:249-53.
6. Rabe KF, Hurd S, Anzueto A, et al. Global Initiative for Chronic Obstructive Lung Disease. Global strategy for the diagnosis, management, and prevention of chronic obstructive pulmonary disease: GOLD executive summary. Am J Respir Crit Care Med. 2007; 176:532-55.
7. Brochard L, Mancebo J, Wysocki M, et al. Non-invasive ventilation for acute exacerbations of chronic obstructive pulmonary disease. N Engl J Med. 1995; 333:817-22.
8. Bott J, Carroll MP, Conway JH, et al. Randomised controlled trial of nasal ventilation in acute ventilatory failure due to chronic obstructive airways disease. Lancet. 1993;341:1555-7.
9. Confalonieri M, Parigi P, Scartabellati A, et al. Non-invasive mechanical ventilation improves the immediate and long-term outcome of COPD patients with acute respiratory failure. Eur Respir J. 1996; 9:422-30.
10. Kramer N, Meyer TJ, Meharg J, Cece RD, Hill NS. Randomized, prospective trial of non-invasive positive pressure ventilation in acute respiratory failure. Am J Respir Crit Care Med. 1995;151:1799-1806.
11. Martin TJ, Hovis JD, Costantino JP, et al. A randomized, prospective evaluation of non-invasive ventilation for acute respiratory failure. Am J Respir Crit Care Med. 2000;161:807-13.
12. Plant PK, Owen JL, Elliott MW. Early use of non-invasive ventilation for acute exacerbations of chronic obstructive pulmonary disease on general respiratory

- wards: a multicentre randomised controlled trial. *Lancet*. 2000;355:1931-5.
13. Keenan SP, Sinuff T, Cook DJ, Hill NS. Which patients with acute exacerbation of chronic obstructive pulmonary disease benefit from non-invasive positive pressure ventilation? A systematic review of the literature. *Ann Intern Med*. 2003;138:861–70.
  14. Ram FS, Picot J, Lightowler J, Wedzicha JA. Non-invasive positive pressure ventilation for treatment of respiratory failure due to exacerbations of chronic obstructive pulmonary disease. *Cochrane Database Syst Rev*. 2004;3:CD004104.
  15. Meecham Jones DJ, Paul EA, Grahame-Clarke C, Wedzicha JA. Nasal ventilation in acute exacerbations of chronic obstructive pulmonary disease: effect of ventilator mode on arterial blood gas tensions. *Thorax*. 1994;49:1222-4.
  16. Esteban A, Anzueto A, Frutos F, et al. Characteristics and outcomes in adult patients receiving mechanical ventilation: a 28-day international study. *JAMA* 2002;287:345-55
  17. Nava S, Ambrosino N, Clini E, et al. Non-invasive mechanical ventilation in the weaning of patients with respiratory failure due to chronic obstructive pulmonary disease: a randomized, controlled trial. *Ann Intern Med*. 1998;128:721-8.
  18. Epstein SK. Decision to extubate. *Intensive Care Med* 2002;28:535-46.
  19. Epstein SK, Ciubotaru RL, Wong JB. Effect of failed extubation on the outcome of mechanical ventilation. *Chest* 1997;112:186-92.
  20. Jiang JS, Kao SJ, Wang SN. Effect of early application of biphasic positive airway pressure on the outcome of extubation in ventilator weaning. *Respirology*. 1999;4:161-5.
  21. Nava S, Gregoretti C, Fanfulla F, et al. Non-invasive ventilation to prevent respiratory failure after extubation in high-risk patients. *Crit Care Med*. 2005;33:2465-70.
  22. Hilbert G, Gruson D, Portel L, Gbikpi-Benissan G, Cardinaud JP. Non-invasive pressure support ventilation in COPD patients with postextubation hypercapnic respiratory insufficiency. *Eur Respir J*. 1998; 11:1349-53.
  23. Esteban A, Frutos-Vivar F, Ferguson ND, et al. Non-invasive positive-pressure ventilation for respiratory failure after extubation. *N Engl J Med*. 2004;350: 2452-60.
  24. Casanova C, Celli BR, Tost L, et al. Long-term controlled trial of nocturnal nasal positive pressure ventilation in patients with severe COPD. *Chest*. 2000;118:1582-90.
  25. Nocturnal Oxygen Therapy Trial Group. Continuous or nocturnal oxygen therapy in hypoxemic chronic obstructive lung disease: a clinical trial. *Ann Intern Med*. 1980;93:391–98.
  26. Catterall JR, Douglas NJ, Calverley PM, et al. Transient hypoxemia during sleep in chronic obstructive pulmonary disease is not a sleep apnea syndrome. *Am Rev Respir Dis*. 1983;128:24–9.
  27. Roussos C. Function and fatigue of respiratory muscles. *Chest*. 1985;88:124S–32S
  28. Consensus Conference. Clinical indications for non-invasive positive pressure ventilation in chronic respiratory failure due to restrictive lung disease, COPD, and nocturnal hypoventilation – a Consensus Conference report. *Chest*. 1999;116:521–34.
  29. Clini E, Sturani C, Rossi A et al. The Italian multicentre study on non-invasive ventilation in chronic obstructive pulmonary disease patients (AIPO). *Eur Respir J* 2002;20:529-38.
  30. Crimi C, Nota A, Esquinas A, Nava S. Non-invasive ventilation practices: a European web-survey. *Eur Respir J*. 2010;36:362-9.
  31. Kwok H, McCormack J, Cece R, Houtchens J, Hill NS. Controlled trial of oronasal versus nasal mask ventilation in the treatment of acute respiratory failure. *Crit Care Med*. 2003;31:468–73
  32. Mehta S, Hill NS. Non-invasive ventilation. *Am J Respir Crit Care Med*. 2001;163:540-77.
  33. Cavaliere F, Conti G, Costa R, Proietti R, Sciuto A, Masieri S. Noise exposure during non-invasive ventilation with a helmet, a nasal mask, and a facial mask. *Intensive Care Med*. 2004;30:1755–60.
  34. Antonelli M, Pennisi MA, Pelosi P, et al. Non-invasive positive pressure ventilation using a helmet in patients with acute exacerbation of COPD: a feasibility study. *Anaesthesiology*. 2004;100:16–24.
  35. Smith TC, Marini JJ. Impact of PEEP on lung mechanics and work of breathing in severe airflow obstruction. *J Appl Physiol*. 1988;65:1488–99.
  36. Rossi A, Brandolese R, Milic-Emili J, Gottfried SB. The role of PEEP in patients with chronic obstructive pulmonary disease during assisted ventilation. *Eur Respir J*. 1990;3:818–22.
  37. Vitacca M, Rubini F, Foglio K, Scalvini S, Nava S, Ambrosino N. Non-invasive modalities of positive pressure ventilation improve the outcome of acute exacerbations in COPD patients. *Intensive Care Med*. 1993;19:450-5.
  38. Girault C, Richard JC, Chevron V, et al. Comparative physiologic effects of non-invasive assist-control and pressure support ventilation in acute hypercapnic respiratory failure. *Chest*. 1997;111:1639-48.
  39. Davies JD, Gentile MA. What does it take to have a successful non-invasive ventilation program? *Respir Care*. 2009;54:53-61.
  40. Carlucci A, Delmastro M, Rubini F, Fracchia C, Nava S. Changes in the practice of non-invasive ventilation in treating COPD patients over 8 years. *Intensive Care Med*. 2003;29:419–25.