

Revijalni članak

NEINVAZIVNA MEHANIČKA
VENTILACIJA PLUĆA

Vladimir Dolinaj¹, Tatjana Lončar¹, Teodora Božić^{2,3},
Marijana Karišik⁴, Dejan Marković^{5,6},
Dušanka Janjević¹

¹ Služba za anesteziju, Klinika za bolesti uva, grla i nosa, Klinički centar Vojvodine, Novi Sad

² Klinika za anesteziju i intenzivnu terapiju, Klinički centar Vojvodine, Novi Sad

³ Medicinski fakultet Univerziteta u Novom Sadu

⁴ Odeljenje anestezije i reanimacije, Institut za bolesti djece, Klinički centar Crne Gore, Podgorica

⁵ Medicinski fakultet Univerziteta u Beogradu

⁶ Centar za anesteziologiju i reanimatologiju Kliničkog centra Srbije, Beograd

NON-INVASIVE MECHANICAL
VENTILATION

Vladimir Dolinaj¹, Tatjana Lončar¹, Teodora Božić^{2,3},
Marijana Karišik⁴, Dejan Marković^{5,6},
Dušanka Janjević¹

¹ Department of Anesthesiology, Clinic for Ear, Nose and Throat, Clinical Center of Vojvodina, Novi Sad

² Center for Anesthesiology and intensive care, Clinical Center of Vojvodina, Novi Sad

³ School of Medicine University of Novi Sad

⁴ Department of Anesthesia and Reanimation, Institute of Children's Diseases, Clinical Center of Montenegro, Podgorica

⁵ School of Medicine, University of Belgrade

⁶ Center for Anesthesiology and reanimation, Clinical Center of Serbia, Belgrade

Sažetak. *Neinvazivna mehanička ventilacija pluća (NIV) se definiše kao ventilatorna potpora pozitivnim pritiskom u disajnim putevima, pri čemu se za obezbeđenje disajnog puta ne koristi endotrahealni tubus, laringealna maska ili endotrahealna kanila. Primjenjuje se kod bolesnika sa akutnom i hroničnom respiratornom insuficijencijom uzrokovanom egzacerbacijom hronične opstruktivne bolesti, neuromišićnim bolestima, srčanom insuficijencijom, kod imunokompromitovanih bolesnika, hirurških intervencija visokog rizika, te u slučaju nastanka respiratorne insuficijencije nakon elektivne ekstubacije. Kontraindikacije za primenu NIV su brojne i stalno se dopunjuju. Najčešće primenjivani modovi NIV su: kontinuirani pozitivni pritisak u disajnom putu (CPAP), bifazični pozitivni pritisak u disajnim putevima (BiPAP) i neinvazivna pritiskom podržana ventilacija (NIVPS). Da bi se NIV sprovedila efikasno, od izuzetnog je značaja izbor odgovarajuće i komforne opreme (interface) preko koje se ostvaruje ovaj tip ventilacije kao i odgovarajući klinički i laboratorijski monitoring. Nedostaci NIV su: gubici vazduha, isušivanje kornee, konjunktivitis, aerofagija, distenzija želuca, aspiracija želucaćnog sadržaja i lezije na koži.*

Ključne reči: *neinvazivna mehanička ventilacija, akutna respiratorna insuficijencija, kontinuirani pozitivni pritisak u disajnom putu, bifazični pozitivni pritisak u disajnim putevima, neinvazivna pritiskom podržana ventilacija*

Summary. *Non-invasive mechanical ventilation (NIV) is defined as ventilatory support with positive pressure in the airways, where the airway is not secured by using an endotracheal tube, laryngeal mask or endotracheal cannula. It is used in patients with acute and chronic respiratory failure caused by exacerbations of chronic obstructive pulmonary disease, neuromuscular disease, heart failure, in immune-compromised patients, high-risk surgical procedures, and in a case of respiratory insufficiency development followed elective extubation. Contraindications for NIV are numerous and are still updating. Most frequently used modes of NIV are continuous positive airway pressure (CPAP), bi-level positive airway pressure (BiPAP) and non-invasive pressure supported ventilation (NIVPS). In order to effectively implement the NIV, choose the appropriate and comfortable interface and appropriate clinical and laboratory monitoring, is very important. Disadvantages of NIV are: leakage, drying the cornea, conjunctivitis, aerophagia, stomach distension, aspiration of gastric contents, and skin lesions.*

Key words: *non-invasive mechanical ventilation, acute respiratory failure, continuous positive airway pressure, bi-level positive airway pressure, non-invasive pressure supported ventilation*

Uvod

Neinvazivna mehanička ventilacija pluća (NIV) se definiše kao ventilatorna potpora tj. ventilacija koja se ostvaruje stvaranjem pozitivnog pritiska u disajnim putevima, pri čemu se za obezbeđenje disajnog puta ne koristi endotrahealni tubus, laringealna maska ili endotrahealna kanila¹. Prvi neinvazivni ventilator, koji je stvarao negativni pritisak oko tela bolesnika, čime je pružana potpora inspirijumu, konstruisao je škotski lekar John Dalziel 1838. godine. Drinker i Shaw sa Univerziteta u Harvardu su 1929. godine konstruisali „čelična pluća“ (tank ventilator), koji je 1931. godine modifikovao John Emerson. Kako je početak primene invazivne mehaničke ventilacije vezan za epidemiju poliomijelitisa 1952. godine, neinvazivna mehanička ventilacija pluća pada u zaborav sve do početka osamdesetih godina prošlog veka kada počinje da se koristi u lečenju bolesnika sa opstruktivnom sleep apneom^{2,3}.

U poslednje tri decenije povećano je interesovanje za upotrebu neinvazivne NIV u lečenju respiratorne insuficijencije različite etiologije. Brojne studije ukazuju na prednosti primene NIV u odnosu na konvencionalnu mehaničku ventilaciju pluća. Primenom NIV se smanjuje broj komplikacija vezanih za obezbeđenje disajnog puta⁴, smanjena je učestalost pneumonija izazvanih ventilatorom (Ventilator-associated pneumonia – VAP), nozokomijalnih infekcija ali i neželjenih efekata upotrebe sedativa u jedinici intenzivne terapije (JIT)^{5,6}. Bolesnici kod kojih je korišćena NIV kraće su boravili u JIT, imali su manji broj bolničkih dana i manju stopu mortalita⁷. Intermitentna primena NIV omogućava bolesnicima peroralno uzimanje hrane i tečnosti, peroralnu medikamentoznu terapiju i kontakt sa svojom okolinom što sve zajedno deluje na komfor bolesnika⁸. Osim toga, NIV se može koristiti u JIT, jedinici poluintenzivne nege (High Dependency Units – HDU), bolničkim odeljenjima, bolničkom prijemnom odeljenju ali i u kućnim uslovima^{9,10}.

NIV je „neinvazivna“ tehnika ventilacije samo kada je reč o uspostavljanju disajnog puta. Za postizanje terapijskog uspeha NIV i smanjenje učestalosti komplikacija potrebno je: poznavanje kliničkih indikacija i kontraindikacija, adekvatan

izbor moda ventilacije, izbor odgovarajuće opreme za isporučivanje ventilacije (interface), adekvatan monitoring i blagovremeno je započeti.

Indikacije za primenu NIV

NIV je indikovana je kod bolesnika sa akutnom i hroničnom respiratornom insuficijencijom (umerena i teška dispnea, tahipnea, paradoksalno abdominalno disanje, parcijalni pritisak kiseonika (PaO_2) < 60 mmHg, parcijalni pritisak ugljen-dioksida (PaCO_2) > 45 mmHg, $\text{pH} < 7,35$, $\text{PaO}_2/\text{FiO}_2 < 200$ ¹¹. NIV se može primeniti kod respiratorne insuficijencije uzrokovane akutnom egzacerbacijom hronične opstruktivne bolesti pluća, neuromišićnim bolestima, akutnim kardiogenim edemom pluća, kod imunokompromitovanih bolesnika, postoperativne respiratorne insuficijencije, nakon ekstubacije bolesnika, bolesnika sa difuznom pneumonijom koji su hipoksični i pored primene svih ostalih terapijskih mera^{12,13}.

Kod bolesnika sa akutnim kardiogenim edemom pluća i sledstvenom respiratornom insuficijencijom može se primenjivati samo u odsustvu akutnog kardiogenog šoka. Primenom NIV u akutnom kardiogenom edemu pluća dolazi do povećanja funkcionalnog rezidualnog kapaciteta pluća čime se otvaraju kolabirane alveole i poboljšava oksigenacija, povećava se plućna komplijansa i smanjuje disajni rad¹¹. Takođe, NIV i CPAP smanjuju preload i afterload. CPAP-om se smanjuje transmuralni pritisak leve komore, čime se povećava cardiac output^{1,14-16}.

Kontraindikacije

Kontraindikacije za kliničku primenu NIV i CPAP-a su brojne, a lista se i dalje proširuje (Tabela 1). Pojedini autori kontraindikacije dele na apsolutne i relativne³. Prema preporukama Britanskog torakalnog udruženja, apsolute kontraindikacije ne postoje u odnosu na primenu NIV^{1,4,16}. Kako bi se izbegle komplikacije i povećala uspešnost NIV, od izuzetnog značaja je klinička procena svakog bolesnika, dobro poznavanje potencijalnih rizika od neuspešne primene NIV, i kreiranje sopstvenih protokola NIV u svakoj ustanovi u kojoj se ova tehnika ventilacije primenjuje⁷.

Tabela 1. Kontraindikacije za primenu neinvazivne mehaničke ventilacije pluća

Odsustvo spontanog disanja
Srčani zastoj (Cardiac arrest)
Povrede lica / Opekotine lica
Sveža hirurška intervencija lica, gornjeg disajnog puta ili hirurška intervencija u gornjem gastrointestinalnom traktu
Anatomska ili funkcionalna opstrukcija disajnog puta
Nemogućnost zaštite gornjeg disajnog puta
Teška hipoksemija ili acidoza ($\text{pH} < 7,1$)
Hemodinamska i ritmička nestabilnost bolesnika u stanjima kao što su kardiogeni šok, infarkt miokarda
Prisustvo teških komorbiditeta
Poremećaj stanja svesti
Teška encefalopatija
Epilesija
Povraćanje
Ileus
Krvarenje iz gastrointestinalnog trakta
Trudnoća
Obilna sekrecija iz respiratornog trakta
Prisustvo fokalne konsolidacije na RTG snimku grudnog koša
Nedrenirani pneumotoraks

Zbog nedostatka randomizovanih kontrolisanih studija ne preporučuje se upotreba NIV i CPAP-a kod bolesnika sa akutnom respiratornom insuficijencijom nastale usled: teške vanbolničke pneumonije u odsustvu anamneze o postojanju HOBP; acute lung injury (ALI); povrede grudnog koša¹⁵.

Modovi NIV

Izbor odgovarajućeg moda NIV je od najvećeg značaja za poboljšanje kliničkog statusa bolesnika kod kojih se koristi ovaj tip ventilatorne potpore. Primena odgovarajućeg moda NIV smanjuje se disajni rad i dispnea, a poboljšava gasna razmena u plućima.

NIV se može ostvariti putem standardnih ventilatora za mehaničku ventilaciju koji se koriste u JIT i portabilnih ventilatora konstruisanih isključivo za NIV. Za koji će se tip ventilatora kliničar odlučiti, zavisi od iskustva kliničara, stanja bolesnika, terapijskih zahteva i mesta izvođenja NIV [3]. Treba imati na umu da aparati koji se koriste u JIT nemaju mogućnost korekcije potencijalnih gubitaka ukoliko do njih dođe, dok mali portabilni aparati isključivo dizajnirani za NIV imaju ovu mogućnost zahvaljujući mikroprocesoru, koji beleži razliku između inspiratornog i ekspiratornog disajnog volumena¹⁷.

Kontinuirani pozitivni pritisak u disajnom putu-CPAP (Continuous Positive Airway Pressure) je

u kliničku praksu uveden osamdesetih godina prošlog veka i predstavlja najjednostavniji mod NIV. CPAP se isporučuje bolesnicima preko maska za nos i usta ili maska za lice koji se povezani sa ekspiratornom valvulom. Tokom primene CPAP-a pritisak u disajnom putu se održava kontinuirano (u inspirijumu i ekspirijumu) iznad vrednosti atmosferskog pritiska što omogućava da se alveole otvaraju u insprijumu i ujedno sprečava njihov kolaps u ekspirijumu-krajnji efekat je korigovanje hipoksemije. Dakle, primenom CPAP-a se poboljšava oksigenacija, smanjuju disajni rad i hipoksija, redukuje se intrapulmonalni šant⁴.

Bifazični pozitivni pritisak u disajnim putevima-BiPAP (Bilevel Positive Airway Pressure) je u kliničku praksu uveden 1989. godine. Pozitivni pritisak u toku ventilacije se ostvaruje na dva različita nivoa, gornjem i donjem: u toku inspirijuma (inspiratorni pozitivni pritisak u disajnom putu – IPAP) i ekspirijuma (eksipratorni pozitivni pritisak u disajnom putu – EPAP tj. CPAP). Razlika između IPAP-a i EPAP-a predstavlja pritiskom podržanu ventilaciju pluća. Ovaj mod neinvazivne ventilacije može da doprinese smanjenju inspiratornog disajnog rada u većoj meri u odnosu na CPAP¹⁸.

Neinvazivna pritiskom podržana ventilaciji – NIVPS (Non Invasive Pressure Support). Ovaj tip ventilacije je pritiskom limitiran a bolesnikom trigerovan pokušaj inspirijuma, dok je ekspirijum pasivan. Vreme trajanja inspirijuma i ekspirijuma određuje sam bolesnik. Ventilator isporučuje

prethodno zadat inspiratorni pritisak, s ciljem da se asistiraju spontani respiratorni pokušaji bolesnika. Ovaj tip ventilatorne potpore je ciklovan protokom, što znači da ekspirijum započinje u trenutku pada protoka ispod vrednosti koje su ventilatoru prethodno zadate. Na ovaj način se pomaže rad inspiratornih mišića, poboljšava efikasnost respiratornih napora bolesnika i smanjuje disajni rad.

Za uspeh terapije NIV od izuzetnog je značaja izbor odgovarajuće i komforne opreme (interface) preko koje se ostvaruje ovaj tip ventilacije kao što su: maska za nos, maska za nos i usta, maska za lice, kaciga, nosni jastuci i mastavak za usta. Prednosti i nedostaci najčešćih tipova opreme preko koje se sprovodi NIV dati su u Tabeli 2¹⁶.

Monitoring u toku primene NIV

Da bi se NIV sprovodila bezbedno i efikasno, potrebno je obezbediti odgovarajući monitoring: subjektivno stanje bolesnika, klinički parametri, parametri ventilacije i gasna razmena^{4,11}. Subjektivni parametri su: kako bolesnik toleriše sredstvo preko kojeg se primenjuje NIV (interface) i kako bolesnik toleriše zadati tip ventilacije i parametre. Od kliničkih parametara koji se odnose na bolesnika potrebno je pratiti: stanje svesti, pokrete grudnog koša, frekvencu disanja, srčanu frekvencu, arterijski krvni pritisak, kontinuirani EKG monitoring, korišćenje pomoćne disajne muskulature i paradoksalno disanje. U odnosu na ventilatorne parametre, prati se: da li postoji

Tabela 2. Prednosti i nedostaci najčešćih tipova *interface*

	Maska za nos	Maska za nos i usta	Kaciga
Gubitak na usta	-	+	+
Monitoring volumena	-	+	-
Inicijalni odgovor art. gasnih analiza	0	+	0
Govor	+	-	0
Iskašljavanje	+	-	-
Rizik od aspiracije	+	0	+
Gutanje vazduha (aerofagija)	+	0	0
Klaustrofobija	+	0	0
Mrtav proctor	+	0	-
Buka i nemogućnost	+	+	-

Legenda: + prednost, 0 nema prednosti ni nedostataka, - nedostatak

gubitak vazduha (air leaking), da li je potpora pritiskom (pressure support) adekvatna, da li je PEEP adekvatan, da li je adekvatan disajni volumen (5-7 ml/kg), da li postoji usaglašenost između bolesnika i ventilatora. Monitoring gasne razmene obuhvata kontinuiranu pulsnu oksimetriju i gasne analize arterijske krvi. Gasne analize se uzimaju u određenim vremenskim intervalima, a obavezno pre započinjanja primene ovog tipa ventilacije, pri čemu je ciljna vrednost SatO_2 iznad 92%. Kada su terapijski efekti NIV nezadovoljavajući, ključno pitanje je kada početi sa invazivnom mehaničkom ventilacijom pluća? Indikacije za prelazak sa NIV na invazivnu mehaničku ventilaciju pluća su: odsustvo poboljšanja gasne razmene, održavanje dispnee, pojava hemodinamske nestabilnosti, pogoršanje neurološkog stanja bolesnika i kada bolesnik ne toleriše NIV iz bilo kog razloga^{1, 4, 12}.

Algoritam za započinjanje NIV

- Ne odlagati endotrahealnu intubaciju i mehaničku ventilaciju pluća ako za time ima potrebe;
- Objasnite bolesniku proceduru NIV;
- Obavezna gasna analiza arterijske krvi pre započinjanja NIV;
- Podići uzglavlje kreveta tako da ono bude $\geq 45^\circ$;
- Odaberite odgovarajuću veličinu maske ili kacige;
- Procena kako bolesnik toleriše interface;
- Podešavanje parametara ventilatora za NIV (mod, trigger, FiO_2 , EPAP, IPAP i „backup”) sa ciljem da se sa zadatim parametrima postigne zadovoljavajući disajni volumen i eliminacija CO_2 .

Nedostaci NIV

Jedan od nedostataka NIV su gubici (leakage). Uprkos određivanju granica alarma na ventilatoru, u slučaju postojanja gubitaka ne može se precizno odrediti količina vazduha koju ventilator isporučuje bolesniku. Merenje end-ekspiratornog CO₂ takođe je nepouzđano i beskorisno u određivanju gubitaka. Pokušaji da se gubici kompenzuju podešavanjem ventilatora mogu ići u dva pravca: jedan je poboljšanje ventilacije a drugi povećanje gubitaka. „Curenje“ vazduha može dovesti do isušivanja kornee sa sledstvenim razvojem konjunktivitisa. Usled aerofagije dolazi do distenzije želuca, što povećava rizik od aspiracije želučastog sadržaja s obzirom da je disajni put neobezbeđen. Postavljanje nazogastrične sonde rešava problem distenzije želuca, ali ne i „curenja“ vazduha. Neadekvatan odabir interface-a narušava komfor bolesnika, a može dovesti i do lezija na koži^{12, 19}.

Zaključak

NIV je jedna od mogućih oblika ventilatorne potpore akutnoj i hroničnoj respiratornoj insuficijenciji. Za sprovođenje NIV potrebno je poznavanje indikacija, kontraindikacija, modova ventilacije i sredstava za povezivanje bolesnika sa respiratorom, kao i adekvatan monitoring uz stalno prisustvo dobro obučenog osoblja; samo tako se može se poboljšati efikasnost NIV, izbeći brojne komplikacije njene primene i preduprediti pogoršanje opšteg stanja bolesnika.

Literatura

1. British Thoracic Society Standards of Care Committee. Non-invasive ventilation in acute respiratory failure. *Thorax* 2002;57(3):192-211.
2. Bach JR. The history of mechanical ventilation and respiratory muscle aids. In: Bach JR, editor. *Noninvasive mechanical ventilation*. Philadelphia: Hanley&Belfus, Inc.; 2002. p. 45-72.
3. Peñuelas O, Frutos-Vivar F, Esteban A. Noninvasive positive-pressure ventilation in acute respiratory failure. *CMAJ*, 2007; 177(10):1211-8.
4. Bello G, De Pascale G, Antonelli M. Noninvasive ventilation: practical advice. *Curr Opin Crit Care* 2013; 19:1-8.
5. McNeill GBS, Glossop AJ. Clinical applications of non-invasive ventilation in critical care. *Contin Educ Anaesth Crit Care Pain* 2012; 12 (1): 33-7.

6. Girou E, Brun-Buisson C, Taillé S, Lemaire F, Brochard L. Secular trends in nosocomial infections and mortality associated with noninvasive ventilation in patients with exacerbation of COPD and pulmonary edema. *JAMA* 2003; 290(22): 2985-91.
7. Brochard L, Mancebo J, Elliott MW. Noninvasive ventilation for acute respiratory failure. *Eur Respir J*. 2002;19(4):712-21.
8. Majid A, Hill NS. Noninvasive ventilation for acute respiratory failure. *Curr Opin Crit Care* 2005; 11:77-81.
9. Crimi C, Noto A, Princi P, Esquinas A, Nava S. A European survey of noninvasive ventilation practices. *Eur Respir J* 2010; 36(2): 362-9.
10. Rose L, Gerdutz MF. Review of non-invasive ventilation in the emergency department: clinical considerations and management priorities. *J Clin Nurs* 2009; 18(23): 3216-24.
11. Hill NS, Brennan J, Garpestad E, Nava S. Noninvasive ventilation in acute respiratory failure. *Crit Care Med*. 2007;35(10):2402-7.
12. Bersten AD. Best practices for noninvasive ventilation. *CMAJ* 2011; 183(3): 293-4.
13. Nava S, Hill N. Noninvasive ventilation in acute respiratory failure. *Lancet* 2009; 374: 250-9.
14. L'Her e. Noninvasive mechanical ventilation in acute cardiogenic pulmonary edema. *Curr Opin Crit Care* 2003;9:67-71.
15. Keenan SP, Sinuff T, Burns KE, Muscedere J, Kutsogiannis J, et al. Clinical practice guidelines for the use of noninvasive positive-pressure ventilation and noninvasive continuous positive airway pressure in the acute care setting. *CMAJ*. 2011;183(3):E195-214.
16. Schönhofer B, Kuhlen R, Neumann P, Westhoff M, Berndt C, Sitter H. Clinical practice guideline: non-invasive mechanical ventilation as treatment of acute respiratory failure. *Dtsch Arztebl Int*. 2008;105(24):424-33.
17. Mathai AS. Non-invasive ventilation in the postoperative period: is there a role? *Indian J Anaesth* 2011;55:325-33.
18. Ho KM, Wong K. A comparison of continuous and bi-level positive airway pressure non-invasive ventilation in patients with acute cardiogenic pulmonary oedema: a meta-analysis. *Crit Care*. 2006; 10(2) :R49
19. Van der Sluijs AF. Non invasive ventilation; pro and cons. *Neth J Crit Care* 2013; 17(2):27-9.