



# MEHANIČKA VENTILACIJA NOVOROĐENČETA

*Ruždi Ramadani*

## DEFINICIJA

Mehanička ventilacija je način disanja koji se ostvaruje aparatom (IPPV i IMV), ili privremena mera podrške plućnoj funkciji dok pacijent ne uspostavi spontano disanje bez dodatne pomoći (PTV).

### **Metoda je veoma invazivna i zahteva:**

- Intubaciju;
- Dobro poznavanje fiziologije disanja;
- Patofiziologije plućnih oboljenja;
- Princip rada aparata.

### **Vrste mehaničke ventilacije (MV)**

IPPV, IMV, SIPPV (A/C), SIMV, PSV i HFOV.

## INDIKACIJE

- Ne mogu se šematizovati;
- Zavise od:
  - Težine kliničkog stanja;
  - Laboratorijskih rezultata;
  - Rtg nalaza na plućima.
- Dele se na:



### Apsolutne

- Dete nema spontanih respiracija.

### Relativne

- Silverman skor > 5;
- Rtg pluća > 3° stepena;
- Nema poboljšanja na CPAP od 10 mbara pri FiO<sub>2</sub> 100%;
- Periodično disanje sa progresivnim opadanjem BE;
- Progresivna rastuća ili iregularna tahipneja sa opadanjem BE;
- PaO<sub>2</sub> < 6,6 kPa pri FiO<sub>2</sub> > 60%;
- Hipoksemija iz odnosa PaO<sub>2</sub> / FiO<sub>2</sub> < 150 i
- Skor acidobaznog stanja > 3 (prikazan u tabeli):

Parametri	0	1	2	3
PaO <sub>2</sub> kPa	> 8	6,6 - 8	< 6,6	< 6,6
PaCO <sub>2</sub> kP	< 6,6	6,6 - 8	6,6 - 9,3	> 9,3
pH	> 7,30	7,2 - 7,29	7,1 - 7,19	< 7,1

### Najčešća oboljenja novorođenčadi koja zahtevaju primenu MV

- RDS / ARDS;
- Apneja;
- Aspiracioni sindrom;
- PPHN;
- Kongenitalna oboljenja srca;
- Teške infekcije (sepsa, meningitis);
- IVK/PVK;
- Kongenitalne malformacije;
- Postoperativni tretman;
- Pneumonije;

\* Za kraće vreme MV (4-6h) koristi se oro-trahealna intubacija

\* Za dugotrajnu primenu MV povoljnija je nazo-trahealna intubacija.

\* Pre nego što se konektira novorođenče na respirator treba uraditi proveru ispravnosti respiratora i njegovih performansi, zavisno od vrste aparata.



## OSOBNOSTI RESPIRATORA

U tretmanu novorođenčeta koristi se mešoviti tip respiratora, i to:

- Sa ograničenim pritiskom;
- Određenim trajanjem vremena disajnih faza i
- Konstantnim volumenom.

## OSOBNOSTI MEHANIČKE VENTILACIJE

Sušтина mehaničke ventilacije novorođenčadi je da se respiratorom postigne dobra oksigenacija i dobra ventilacija.

### Regulacija oksigenacije

Oksigenacija se obezbeđuje **optimalnim plućnim volumenom (OPV)** i zavisi od:

- $FiO_2$  i
- Vrednosti oksigenacionog pritiska (Paw, MAP, CDP):
  - PIP;
  - PEEP;
  - Flow;
  - It, odnosno Tc.

Oksigenacioni pritisak izračunava se formulom:

$$\text{MAP (Paw)} = K (\text{PIP} - \text{PEEP}) \cdot \frac{It}{It + Et} + \text{PEEP}$$

### Regulacija ventilacije

Ventilacijom se obavlja razmena gasova i zavisi od minutne ventilacije koja je proizvod;

- Frekvence (F);
- Disajnog volumena.



Disajni volumen se izračunava formulom:

$$V_t = (PIP - PEEP) \cdot CI$$

### INICIJALNI PARAMETRI

Inicijalni parametri mehaničke ventilacije zavise od prirode i težine oboljenja, gestacijske starosti i uzrasta novorođenčeta.

Izborom inicijalnih parametara mehaničke ventilacije treba obezbediti optimalan disajni volumen:

- Za prevremeno rođeno dete **5 - 7 ml/kg**;
- Za novorođenče rođeno u terminu **6 - 8 ml/kg**;
- Optimalan MAP.

### Za RDS, ARDS i pneumonije difuznog tipa

- FiO<sub>2</sub> 80 -98%;
- V<sub>t</sub> (disjani volumen) treba da je za 1 - 2 ml manji od normalnog;
- MAP (Mean, Paw, CDP) zavisi od potrebe novorođenčeta za FiO<sub>2</sub>:

FiO <sub>2</sub> %	MAP mbar
<30	5 - 7
30 - 40	6 - 9
41 - 50	8 - 10
51 - 60	9 - 11
61 - 80	10 - 13
> 81	> 12

Kod dece < 1500 g treba primenjivati niži MAP za 1 - 2 mbara.



- PIP u mbarima.

Telesna masa	Početni PIP	Stabilno stanje	Teško stanje	Pre ekstubacije
<1500 g	18 - 25	16 - 20	20 - 30	15 - 18
>1500 g	25 - 30	20 - 25	30 - 35	18 - 20
>3000 g	30 - 35	25 - 28	35 - 38	20 - 22

\* Za procenu PEEP važni su:

1. Gasovi u krvi;
  2. Podizanje grudnog koša i
  3. Kvalitet disajnog zvuka.
- PEEP 5 - 8 mbara.
  - It (inspiratorno vreme) 0,20 - 0,35 sec, odnosno 3-5 Tc (konstantno vreme);
  - Et (ekspiratorno vreme) ne sme biti kraće od 0,5 sec;
  - F (frekvencija) oko 60 u minuti;
  - Flow 4 - 8 l/min za prevremeno rođeno i 8 - 12 l/min za novorođenče rođeno u terminu, u svim slučajevima.

### Za različita patološka stanja i oboljenja u odnosu na RDS

Parametri	MAS	PPHN	CDH	HP	Apneja
FiO <sub>2</sub> %	60 - 80	80 - 98	60 - 98	60 - 80	40 - 60
MAP /RDS	>1 - 2	<2 - 4	kao za RDS	>2 - 4	<6 - 8
PIP /RDS	<2 - 4	>3 - 5	kao za RDS	>1 - 2	<8 - 10
PEEP /RDS	3 - 5	3 - 5	kao za RDS	5 - 8	3 - 4
It sec	0,5 - 0,6	0,2 - 0,4	0,35 - 0,45	0,5 - 0,7	0,3 - 0,4
Et sec	>0,5	>0,4	>0,5	>0,6	>0,6
F/min	oko 40	60 - 80	kao za RDS	kao za RDS	30 - 40



## VOĐENJE DETETA NA IPPV

- Po završenoj intubaciji i aspiraciji sekreta iz tubusa, dete se konektira na respirator sa prethodno podešenim inicijalnim parametrima.
- Suština vođenja novorođenčeta na MV je održavanje normalnog acidobaznog stanja u arterijskoj krvi (posebno pH i gasovi).

pH	7,30 - 7,45
PaO <sub>2</sub>	6,6 - 10,6 kPa ( 50 - 80 mmHg )
PaCO <sub>2</sub>	5,3 - 6,6 kPa (40 - 50 mmHg)

- Novorođenče na MV trebalo bi da ima plasiran arterijski umbilikalni kateter, a neophodan je u toku HFOV i endotrahealne primene surfaktanta.
- U nedostatku arterijske linije neophodan je pulsoksimetar, a po mogućnosti i kapnograf. Vrednosti SpO<sub>2</sub> treba održavati iznad 93%.
- Neophodan je monitoring krvnog pritiska i EKG.
- Korekcija parametara na respiratoru zavisi od kliničkog stanja novorođenčeta, Rtg nalaza na plućima, vrednosti gasova u arterijskoj krvi i saturacije hemoglobina kiseonikom (puls oksimetrom), te ukoliko je:

1. PaO<sub>2</sub> < 6,6 kPa treba:

- Povećati FiO<sub>2</sub> i/ili MAP ( povećanjem PEEP ili It );
- Povećati PIP ili F, samo ako je PaCO<sub>2</sub> > 6,6 kPa.

2. PaO<sub>2</sub> od 6,6 - 10,6 kPa uz normakapniju:

- Održavati parametre do sledeće kontrole acidobaznog stanja.

3. PaO<sub>2</sub> > 10,6 kPa treba:

- Smanjivati FiO<sub>2</sub> po 5% sve do 40%;
- Smanjivati PEEP za 1 mbar, ali da ne bude manji od 4 mbara;
- Druge parametre korigovati u zavisnosti od PaCO<sub>2</sub>.



4.  $\text{PaCO}_2 > 6,6$  kPa treba:

- Povećavati PIP dok se ne postigne normokapnija;
- Povećavati F, ali ne više od 80/min;
- Povećati  $\text{FiO}_2$  ili PEEP samo ako je i  $\text{PaO}_2$  manji od 6,6 kPa.

5.  $\text{PaCO}_2$  od 5,3 - 6,6 kPa:

- Ako je normoksemija ne korigovati parametre do sledeće kontrole acidobaznog stanja.

6.  $\text{PaCO}_2 < 5,3$  kPa treba:

- Smanjivati PIP za po 2 mbara.

\* PEEP smanjivati za 1 mbar.

\*  $\text{FiO}_2$  za 5 - 10 %.

\* PIP ne smanjivati za više od 2 mbara u jednom potezu da se izbegne pogoršanje nazvano "flip - flop".

- $\text{FiO}_2$ ,  $V_t$  i PIP najodgovorniji su za oštećenja u toku MV i njih prvo treba smanjivati, stoga je važno pri promeni parametara na respiratoru izračunati  $V_t$  i MAP (ukoliko se isti ne mogu očitati na respiratoru);
- Infekcija i pojačana sekrecija u traheobronhijalnom stablu najveći su problemi u toku MV. Sekrecija je retko problem u prvih 24 - 48 sati, te nema potrebe za rutinskom aspiracijom u tom periodu. Ako je sekrecija pojačana, aspiracija se mora izvoditi češće uz primenu inhalacije fiziološkim rastvorom i respiratorne fizioterapije sa promenom položaja tela na 3-4 sata.

### Aspiracija iz tubusa

Obavljati po uputstvu vođenja deteta na MV.

### ODVIKAVANJE OD RESPIRATORA

Odvikavanje od respiratora počinje sa smanjivanjem  $\text{FiO}_2$ , ako nije manji od 40% i smanjivanjem PIP, ukoliko nije smanjen za 20% od inicijalnih vrednosti. Zatim sledi smanjivanje frekvence do 8 /min, odnosno 6 /min za decu ispod 2000 g težine. PEEP smanjivati za 0,5-1 mbara. Trajanje inspirijuma neznatno povećavati, ne duže 0,45-0,5 sec.



Kada se postigne zadovoljavajuće kliničko stanje novorođenčeta, normalni gasovi u krvi i normalan Rtg nalaz na plućima sa  $\text{FiO}_2$  manjim od 25%, PIP 2/3 od početnih vrednosti i PEEP 4-5 mbara, nakon 6-8 sati novorođenče se prevodi na CPAP uz povećanje  $\text{FiO}_2$  za 10%. Treba izbegavati peroralnu ishranu za vreme trajanja CPAP. U toku CPAP blagu hiperkapniju treba tolerisati.

## POGORŠANJA U TOKU IPPV

### Akutna pogoršanja

Naglo pogoršanje kliničkog stanja (generalizovana cijanoza, gasping, hipotenzija, bradikardija, hiperkapnija i hipoksemija):

- Spontana ekstubacija (čujan plač, aspiracioni kateter ide dublje u tubus);
- Zapušenje tubusa (disajni zvuk nečujan, nema vidljivih pokreta grudnog koša, aspiracioni kateter ne ide dovoljno duboko);
- Tenzione komplikacije, najčešće pneumotoraks ( disajni zvuk je slabije čujan, naročito u prednjim partijama pluća - obostrano ili jednostrano, nadutost grudnog koša - obostrano ili jednostrano, širi interkostalni prostori - obostrano ili jednostrano i distenzija abdomena sa zategnutom i sjajnom kožom).

### Postepena pogoršanja:

- Infekcija;
- Intrakranijalna hemoragija;
- Hipotenzija;
- Anemija;
- DAP;
- Nekompletno zapušenje tubusa;
- Tehničke neispravnosti na sistemu za IPPV:
  - Kvar na respiratoru;
  - “Knikovanje” creva;
  - Nakupljanje vode u crevima;
  - Dekonektiranje;
  - Nedihtovanje i dr.





### **Postupak u toku pogoršanja**

- Dekonektirati dete sa respiratora i ručno ventilirati balonom sa sigurnosnim ventilom;
- Proveriti ispravnost respiratora (da li se skazaljka na manometru pomera) i otkloniti kvar.

### **KOMPLIKACIJE U TOKU IPPV**

- Promene na disajnim putevima;
- Promene zbog endotrahealnog tubusa;
- Tenzione komplikacije u plućima i grudnom košu;
- Promene na kardiovaskularnom sistemu;
- Hronična plućna oštećenja;
- Ostale komplikacije.

### **Posle ekstubacije**

- Postekstubacione atelektaze najčešće su sa desne strane u gornjem segmentu;
- Češće se javljaju kod dece nedovoljno pripremljene za ekstrubaciju.

## **VISOKOFREKVENTNA OSCILATORNA VENTILACIJA NOVOROĐENČADI**

### **DEFINICIJA**

Visokofrekventna oscilatorna ventilacija (HFOV) vrsta je mehaničke ventilacije kojom se razmena gasova do pluća obavlja malim disajnim volumenom (manji nego  $V_t$  mrtvog prostora), a velikom frekvencijom i visokim pritiskom.



## OSOBNOST HFOV

- To je jedina vrsta mehaničke ventilacije koja ima aktivan inspirijum i aktivan ekspirijum;
- Najbrže postiže optimalni plućni (Lung) pritisak - OLP (MAP, Paw, CDP);
- OLP dovodi do otvaranja krajnjih disajnih puteva i alveola i uvek je iznad "closing pressure";
- OLP je potreban da se postigne optimalan plućni volemen (OLV);
- OLV je stanje otvorenih pluća sa  $FiO_2$  manjim od 30%;
- OLV je proizvod OLP i  $FiO_2$  (treba da je  $< 3,1$ ).

## INDIKACIJE

- Homogena oboljenja pluća (RDS/ARDS, pneumonije difuznog tipa, plućno krvarenje);
- Nehomogena oboljenja pluća (sindrom aspiracije mekonijuma i fokalne pneumonije);
- Sindrom hipoplazije pluća (dijafragmalna hernija, Potterov sindrom, hidrops fetalis) i
- Sindrom curenja vazduha - "air leak" (pneumotoraks, pneumomedijastinum, pneumoperikardijum, pneumoperitoneum i plućni intersticijalni emfizem).

\* Pre nego što se konektira novorođenče na respirator treba proveriti ispravnost sistema za smešu gasova i performanse oscilatora.

## INICIJALNI PARAMETRI

### Homogena oboljenja i nehomogena oboljenja pluća

- Flow 10 l/min;
- MAP 6 - 8 mbara ili 1 - 2 mbara veći pri prevođenju sa  
konvencionalne MV;
- $FiO_2$  80-98%, da  $SpO_2$  bude 92-95%, a  $PaO_2 > 8$  kPa  
(60 mmHg);
- $\Delta P$  25-55 mbara, da  $PaCO_2$  bude 5,3-6 kPa (40-45 mmHg)
- F 10 Hz;
- It 33% od ukupnog disajnog ciklusa;



### Sindrom hipolazije pluća

- MAP 10 - 12 mbara;
- FiO<sub>2</sub> 40 -55%;
- F 10 Hz;
- Flow 10 litara u minuti;
- It 0,33%;
- ΔP 25 - 45 mbara;

### Sindrom curenja vazduha

- FiO<sub>2</sub> 80 - 98%;
- MAP 6 - 8 mbara;
- ΔP 45 - 65 mbara, a flow, F i It isti kao kod RDS.

### VOĐENJE NOVOROĐENČETA NA HFOV

- Prvo ↓FiO<sub>2</sub>, a MAP↑ da SpO<sub>2</sub> bude 92 - 93 %;
- MAP ↑ za 1-2 mbara na 15, 30 ili 60 minuta do postizanja OMAP 12-16 mbara za prevremeno rođenu decu ili 14-19 mbara za decu rođenu u terminu;
- Ako je potreba za FiO<sub>2</sub> > 40%, MAP↑ 1-2 mbara svakih 1-2 minuta (maksimum 25 mbara) sve dok potreba za FiO<sub>2</sub> bude < 40%;
- Ako je potreba za FiO<sub>2</sub> < 40% zadržati MAP na 12-16 mbara;
- Zadržati MAP na vrednostima da se održava dobra oksigenacija sa FiO<sub>2</sub> < 25%;
- Ako je došlo do pojave hiperinflacije (dijafragma je ispod 9. rebra) ↓ MAP za 2 mbara;
- Ako je došlo do dekonektiranja - MAP ↑ za 2 mbara (često 4- 6 mbara).

### Održavanje amplitude pritiska (ΔP)

- ΔP prilagoditi da se PaCO<sub>2</sub> održava između 5,3 - 6 kPa (40-45 mmHg);
- Da budu vidljive vibracije grudnog koša;
- Veći ΔP bolja je eliminacija ugljen-dioksida.



**Ako je potrebno  $\uparrow$ FiO<sub>2</sub>, pomisliti na:**

- Pneumotoraks  $\Rightarrow$  transiluminacija, Rtg;
- Hiperinflacija pluća  $\Rightarrow \downarrow$  MAP;
- Hipoinflacija pluća  $\Rightarrow \uparrow$  MAP.

**Slabe vibracije grudnog koša ukazuju na:**

- Mali promer tubusa;
- Tubus na ulazu u larinks;
- Nekorektna intubacija;
- Zapušen tubus.

**Oscilatorna snaga:**

- Raspon je 0 - 10;
- Najčešće korišćena snaga je 2 - 6;
- Veličina snage određuje amplitudu pritiska;
- Mala snaga - mala  $\Delta P \Rightarrow$  hiperkapnija,
- Veća snaga - veća  $\Delta P \Rightarrow$  hipokapnija.

**Frekvencija:**

- Raspon frekvence je 3 - 15 Hz;
- 10 Hz obezbeđuje dobar V<sub>t</sub>, retko se menja;
- Manja frekvencija veći V<sub>t</sub>;
- Kod novorođenčadi ekstremno male telesne mase preterana ventilacija se vidi i pri malim  $\Delta P$ , povećanje frekvence na 15 Hz (900/min) smanjuje V<sub>t</sub>  $\Rightarrow$  hipoventilacija  $\Rightarrow$  hiperkapnija.

**PROCES ODVIKAVANJA OD HFOV**

- $\downarrow$ MAP po 1-2 mbara ako je dobar klinički nalaz;
- Održavati FiO<sub>2</sub> < 25% optimalnim MAP;
- $\downarrow$  $\Delta P$  po 1 - 2 mbara < 20 mbara;
- F najčešće ostaje na 10 Hz;
- Snaga oscilatora se ne menja.



## **EKSTUBACIJA**

Ako je dobro opšte stanje, normalan nalaz na plućima, dijafragma između 8. i 9. rebra, SpO<sub>2</sub> 93-98% i PaO<sub>2</sub> 8-10,3 kPa (60-80 mmHg)

sa:

- MAP 8 - 5 m bara;
- FiO<sub>2</sub> < 0,25;
- ΔP < 20 m bara.

### **Izvršiti ekstubaciju i primeniti:**

- Nazalni CPAP
- Oksigenaciju (HOOD)

### **Prevođenje na CPAP, ako je:**

- FiO<sub>2</sub> < 0,40;
- MAP < 8 mbara, ako je TM < 1000g;
- MAP < 10 mbara, ako je TM > 1000g;
- F 20 - 30 / min.

### **Prevođenje na konvencionalnu MV sa sledećim parametrima:**

- FiO<sub>2</sub> < 0,40;
- PIP < 20 mbara;
- PEEP < 5 mbara;
- It 0,30 - 0,35 sec;
- F 20 - 40 /min;
- Flow 8 l/min.

## **KOMPLIKACIJE HFOV**

- Iste komplikacije koje se javljaju i pri konvencionalnoj MV, ali ređe;
- IVK/PVK;
- Zastoj venske krvi;
- Nekroza traheje.

## **KONTRAINDIKACIJE ZA HFOV**

- Urođene srčane mane;
- Srčana dekompenzacija;
- Intrakranijalno krvarenje.



## **LITERATURA**

1. Bertrand J. Disease specific clinical strategies for HFOV, 3100A Application training Neonatal, Bilthoven, The Netherlands 2002 Feb; 7-9.
2. Durinck H: Theory of Highfrequency oscillatory ventilation. 3100A Application training Neonatal, Bilthoven, The Netherlands 2002 Feb; 7-9.
3. Greenough A: New Concepts on Mechanical Ventilation in Newborns, Anual Congress European Respiratory Society, Stockholm; 2002.
4. Goldsmith J, Karotkin E: Assisted Ventilation of the Newborn, WB Saunders, Philadelphia; 1996.
5. Goldsmith J, Spitzer A: Contraversis in Neonatal Pulmonary Care, Clinics in Perinatology, 198; V 25, N1Null D, Bachman T, Ashurst J: A meta-analysis of the outcomes of the randomized controlled trials of the 3100A highfrequency oscillatory ventilation. Thirteenth Conference on High Frequency Ventilation of Infants and Children, Snowbird, Utah; 1996.
7. Ramadani R. Dijagnostičke i terapijske intervencije u neonatologiji, Beograd: Grafoprint; 2001.
8. Rimensberger P, Beghetti M, Hanquinet S, Berner M: First Intention High-Frequency Oscillation with Early Lung Volume Optimization Improves Pulmonary Outcome in Very Low Birth Weight Infants with Respiratory Distress Syndrome. Pediatrics 2000; (105);6.
9. Rimensberger P. New Strategy on Mechanical Ventilation, Beograd, XVIII Simpozijum Novine u neonatologiji. Beograd: Institut za neonatologiju; 2002.
10. Werner W, Veldman A, Roth B, Vierzig A, Kachel W, Vernholt V. et al.: A prospective, randomized, multicenter trial of high-frequency oscillatory ventilation compared with conventional ventilation in preterm infants with respiratory distress syndrome receiving surfactant. J Pediat 1997; (132); 2: 249-254.

