

# INTUBACIJA I OSNOVE MEHANIČKE VENTILACIJE

Vesna Milas<sup>1,2</sup>, Darjan Kardum<sup>1,2</sup>, Hana Dobrić<sup>1,2</sup>, Krešimir Milas<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Klinika za pedijatriju, Klinički bolnički centar Osijek, Josipa Huttlera 4, HR-31000 Osijek, Hrvatska

<sup>2</sup>Medicinski fakultet, Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Cara Hadrijana 10E, HR-31000 Osijek, Hrvatska

Autor za dopisivanje: prof. prim. dr. sc. Vesna Milas, dr. med.  
Klinika za pedijatriju, Klinički bolnički centar Osijek, Josipa Huttlera 4,  
HR-31000 Osijek, Hrvatska  
Adresa e-pošte: milas.vesna@kbo.hr

Stručni članak

Primljeno: 5. studenoga 2015. Prihvaćeno: 20. studenoga 2015.

## Sažetak

Intubacija i mehanička ventilacija agresivni su medicinski postupci, ali u određenim stanjima spašavaju život djeteta. Zadatak je liječnika provesti postupke što nježnije i stručnije, u što kraćem vremenu, kako dijete ne bi imalo akutne ili kronične komplikacije. Svi načini intubacije imaju svoje prednosti i nedostatke te su za pojedini način intubacije indikacije donekle različite. Postoje različiti načini mehaničke ventilacije djeteta, različiti putovi (modovi) za „prevođenje” djeteta preko životno ugrožavajućega stanja. U svakom centru provode se oni načini ventilacije koji daju najbolje rezultate i s kojima tim koji ih provodi ima najviše iskustva.

**Ključne riječi:** Intubacija, intratrahealna – štetni učinci, kontraindikacije, instrumenti, metode; Mehanička ventilacija - štetni učinci, kontraindikacije, instrumentacija, metode; Mehanički ventilatori; Novorođenče; Nedonošče; Bronhopulmonalna displazija – dijagnoza, etiologija

## Uvod

Život djeteta na „terenu” ili u bolnici često ovisi o vještinama liječnika i o rutini u primjeni istih. Intubacija i mehanička ventilacija ponekad su nužne agresivne mjere koje se moraju provesti da bi dijete prevelo preko „životno ugrožavajuće situacije” i omogućili mu da se oporavi. Tim hitnim, ali agresivnim postupcima „kupujemo vrijeme” koje je djetetu potrebno da se oporavi. Preživljavanje djeteta često ovisi o brzini i stručnosti tima koji provodi reanimaciju, koja se nerijetko sastoji od intubacije i mehaničke ventilacije. Postoji više načina intubacije, kao i više načina mehaničke ventilacije. Svi načini imaju svoje prednosti i nedostatke, svoje indikacije i kontraindikacije. Navedeni postupci, s obzirom na to da su agresivni, mogu dovesti do brojnih komplikacija. Neke od njih mogu ugroziti život djeteta, a neke mogu dovesti do kroničnih posljedica. Važno je poznavati osnovna načela u ventiliranju djece te znati fiziološke vrijednosti disanja u djece: plućnu elastičnost, otpor u dišnim putovima, vremensku konstantu, duljinu trajanja udaha, broj udisaja koji je fiziološki u djece

određene dobi. Potrebno je razumjeti patofiziologiju stanja koje je nastalo u djeteta kako bismo mogli odgovarajuće reagirati. Svako stečeno znanje i usvojena vještina bolesnom će djetetu povećati mogućnost izlaska iz životno opasne situacije.

## Intubacija

Indikacije za endotrahealnu intubaciju u hitnoj medicini jesu ove: insuficijencija (respiratorni ili kardijalni zastoj), neučinkovita i nedovoljna spontana ventilacija, nemogućnost ventilacije konvencionalnim metodama, teške politraume, vanjska ili unutarnja krvarenja s gubitkom krvi više od 20% cirkulatornoga volumena (šok), intoksikacija lijekovima te priprema za uvod u opću anesteziju u kirurških pacijenata. Urgentna endotrahealna intubacija može biti udružena s velikim brojem teških komplikacija (regurgitacija želučanoga sadržaja). Endotrahealna intubacija zlatni je standard osiguravanja dišnoga puta. Kontraindicirana je kod prijeloma vratne kralježnice, teških povreda lica i grkljana. Postoje razli-

čiti načini endotrahealne intubacije, a svaki ima svoje prednosti i nedostatke.

Taktilna intubacija metoda je orotrahealne intubacije. To je uvođenje endotrahealnoga tubusa u traheju pomoću prstiju umjesto laringoskopa. Pogodna je u vanbolničkim uvjetima kada oprema za intubaciju nije potpuna te u komatoznih bolesnika ili onih koji imaju ozlijeđenu vratnu kralježnicu. Tubus se postavlja pomoću kažiprsta i srednjega prsta lijeve ruke tako da se njima napalpira epiglotis. Desnom se rukom uvodi endotrahealni tubus u kojega se prethodno stavi vodilica. Tubus se mora podmazati lidokainom ili fiziološkom otopinom da bolje klizi. Vodilica u tubusu treba održavati zakrivljenost tubusa poput udice za pecanje. Vrh se tubusa u dušnik uvodi pomoću prstiju lijeve ruke (1).

Nazotrahealna intubacija izvodi se kroz nos pacijenta. Za uvođenje tubusa u dušnik izvođač si može pomoći Magillovim hvataljkama kojima prihvati vrh tubusa te ga usmjeri u dušnik. Intubacija se treba provesti nježno te je tubus potrebno namazati lokalnim anestetikom.

Indikacije za nazotrahealnu intubaciju jesu ove:

- ozljede usne šupljine s deformacijom donje čeljusti
- deformacije lica, nemogućnost otvaranja lica
- fraktura vratne kralježnice, reumatoidni artritis (kasni stadij)
- trismus s konvulzijama i hipoksijom
- sva stanja u kojima je orotrahealna intubacija neizvediva.

Kontraindikacije za nazotrahealnu intubaciju jesu ove:

- koagulopatije, fraktura baze lubanje
- infekcije nosa, deformacije
- povećane adenoidne vegetacije u djece.

Pomoću Magillovih hvataljki tubus se usmjerava u traheju pazeći da se ne primi *cuff* jer bi se mogao oštetiti. Laringoskop se koristi da bi hvataljke bile vidljive. Laringoskopom se pomiče čeljust i jezik prema naprijed te se tim postupkom podiže epiglotis. Prednost je intubacije kroz nos lako fiksiranje tubusa i stoga lakše manipuliranje s djetetom, a nedostatak su moguće deformacije nosnica naročito kod dugotrajne intubacije. Nastajanje istih može se spriječiti brižljivom toaletom nosa intubiranoga djeteta (2).

Priprema pacijenta za orotrahealnu intubaciju obuhvaća osiguravanje prohodnosti dišnoga puta zahvatima za podizanje korijena jezika, čišćenje usne šupljine te hiperventilaciju i oksigenaciju pacijenta. Premedikacija je „mač s dvije oštrice“ jer olakšava intubaciju, ali onemogućuje procjenu ostatne funkcije disanja. Mogu se davati mišićni relaksansi kratkoga djelovanja. Pacijenta

se za intubaciju treba postaviti tako da se u istu liniju dovedu usta, farings i larings. Isto se postiže ekstenzijom glave u atlantookcipitalnome zglobu i fleksijom vrata. Ako dijete ima povredu vratne kralježnice, glava se ne smije zabacivati, a vrat se ne smije savijati. Kod odraslih najčešće biramo tubus broj 8 (muškarci 8-9, žene 7-8 mm). Veličina tubusa u djece određena je prema *Colesovoj* formuli ( $godine\ života + 16$ )/4.

U hitnim situacijama (npr. kada ne znamo starost djeteta), tubus biramo prema promjeru djetetova maloga prsta, tj. prema širini nokta maloga prsta. Za tubuse bez balončića možemo koristiti formulu  $mm\ tubusa = (godine/4) + 4$ .

Špatula dužinom i širinom mora odgovarati veličini orofaringsa (širina špatule treba biti oko polovine širine jezika). Laringoskopom se mora vizualizirati ulaz u grkljan te se uvijek stavlja na desnu stranu usta pacijenta. Nakon što se laringoskopom prođe desnim rubom usta, vrh se usmjeri prema zadnjoj, srednjoj liniji jezika, tako da vrh upadne u valemulu. Vrh laringoskopa u valemuli odiže epiglotis. Podižući laringoskopom bazu jezika, odiže se i epiglotis što omogućava direktnu vizualizaciju otvora glotisa. Pritiskom na krikoidnu hrskavicu (prvo ispupčenje ispod Adamove jabučice) spriječit će se regurgitacija. Taj Seltikov manevar olakšava vizualizaciju glasnica jer pomiče grkljan unatrag. Kod pacijenata koji spontano dišu tubus treba plasirati u inspiriju jer su glasnice razmaknute. Optimalno vrijeme trajanja intubacije je otprilike 30 sekundi (onoliko koliko izvođač može zadržati dah). U novorođenčadi, naročito u nedonoščadi, glavu se ne smije hiperekstendirati.

Provjera pravilno postavljenoga tubusa izvodi se auskultacijom pluća u srednjoj aksilarnoj liniji. Ako se tubus preduboko postavi, on ode u desni bronh i lijevo se disanje ne čuje ili je oslabljeno. U tom slučaju tubus treba izvući i ponovo auskultacijom provjeriti disajni zvuk.

Klinički znaci neodgovarajuće intubacije, odnosno ventilacije su ovi: odsustvo podizanja prsnoga koša nakon upuhivanja zraka, auskultacijsko odsustvo disajnog šuma ili znaci teške opstrukcije dišnoga puta, cijanoza, napuhavanje želuca, razvoj hipoksije i hiperkapnije koji se manifestiraju hipertenzijom, tahikardijom i aritmijom (3). Komplikacije orotrahealne intubacije jesu subglotična stenoza i udubljenje nepca što može rezultirati smetnjama govora u djeteta (6).

Uzroci neuspješne intubacije jesu ovi: nedovoljna fleksija vrata koja grkljan ne dovodi u istu liniju sa zadnjom stjenkom usta i ždrijela čime je otežana vizualizacija ulaza u grkljan, uska laringoskopska špatula koja onemogućuje vizualizaciju grkljana (špatula treba biti

široka kao polovina jezika) te prekratka špatula koja ne doseže do valemula pa se pritiskom na bazu jezika ne pomiče jezično-epiglottična veza koja pomiče epiglotis prema bazi jezika otvarajući ulaz laringsa. Daljnji uzroci mogu biti edem glotisa, širok vrat i gojazni pacijenti.

Prije stavljanja djeteta na respirator prodisavamo ga i oksigeniramo ambu maskom s višom koncentracijom kisika. Maska treba biti toliko velika da pokriva nos i usta djeteta i čvrsto pranja uz lice. Jednom je rukom (lijevom) potrebno podići donju čeljust i tako otvoriti dišne putove, a drugom (desnom) fiksirati masku uz lice djeteta. Dijete je na leđima, vrat je savijen, a glava je zavaljena unazad. Deblja se kompresa može staviti ispod vrata. Za nedonoščad se koriste tubusi promjera 2,5-3 mm, za novorođenčce 3-3,5 mm; za dojenčad 3-4 mm), za djecu 3-4 godine 4-4,5 mm, a poslije se računa prema određenoj formuli. Tubus je potrebno saviti u „polumjesec“. Položaj tubusa potrebno je provjeriti auskultacijom nad želudcem i nad obje strane pluća. Neposredno pred ekstubaciju potrebno je aspirirati tubus, usta i hipofarings. Tubus se izvlači u fazi dubokoga udisaja. Dijete je potom potrebno oksigenirati s 5 l kisika u minuti ambu maskom te provjeriti vrijednosti plinova u krvi.

### Mehanička ventilacija

Mehanička ventilacija podrška je respiracijskome sustavu dok ne nastane prirodno ozdravljenje. Ciljevi mehaničke ventilacije su sljedeći: poboljšanje plinske izmjene (alveolarne ventilacije i arterijske oksigenacije), popravljavanje hipoksemije i respiracijske acidoze, povećanje plućnih volumena i FRC-a, smanjenje kardiološke i sistemske potrebe za kisikom, rasterećenje dišne muskulature, prevencija ili liječenje atelektaze, stabilizacija zida prsnoga koša, ublažavanje dišnih smetnji, smanjenje povišenoga intrakranijalnog tlaka te sprječavanje nastajanja komplikacija. Cilj je postići optimalnu izmjenu plinova i poboljšanje kliničkoga stanja djeteta uz korištenje najniže moguće koncentracije kisika, najmanjega efikasnoga respiracijskog volumena uz minimalni mogući tlak.

Osnovna indikacija za primjenu mehaničke ventilacije akutna je respiratorna insuficijencija. Ostale indikacije za mehaničku ventilaciju su ove:

- pogoršanje mentalnoga statusa do kome, bez odgovora na fizičke podražaje, nekontrolirani nemir, uplašeni izgled lica
- respiratorni zastoj; učestale ili prolongirane apneje kod novorođenčeta; oslabljeni plućni zvuk unatoč korištenju pomoćne dišne muskulature (tahipneje, retrakcije juguluma i ošita, korištenje pomoćne dišne muskulature)

- periferni kolaps, teška hipotenzija i bradikardija, asistolija
- slabost, odsutnost ili veoma slab refleks kašlja i gutanja
- cijanoza koja se ne može korigirati oksigenoterapijom (potreba za korištenjem  $\text{FiO}_2$  većim od 0,4)
- hipoksemija:  $\text{pO}_2$  vrijednosti 8 kPa ili manje ili 7 kPa (53 mmHg) ili manje uz primjenu 1,0  $\text{FiO}_2$ ; za novorođenčce manje od 40-50 mmHg, a za starije dijete manje od 50-60 mmHg
- hiperkapnija:  $\text{pCO}_2$  vrijednosti 7,33 kPa (55 mmHg) ili više, ili 8-8,5 kPa ili više uz primjenu 1,0  $\text{FiO}_2$  ili brzi porast  $\text{pCO}_2$  s više od 5-10 Hg/hmm (za novorođenčce više od 55-65 mmHg (8-8,6 kPa), za starije dijete više od 55-60 mmHg (7,3-8 kPa))
- jasno vidljiva hipoventilacija bez obzira na uzrok
- refrakturna metabolička acidoza (pH manji od 7,29 uprkos liječenju kardiogenoga šoka (povećanjem cirkulatornoga volumena i bikarbonatima) i u teškome septičkom šoku
- frekvencija disanja viša od 35-45/min, VC manji od 15 ml/kg, FEV1 manji od 10 ml/kg, inspiratorna snaga manja od 25 i alveolo-arterijski gradijent veći od 60 kPa/450 mmHg pri 1,0  $\text{FiO}_2$

Prije primjene mehaničke ventilacije potrebno je korigirati hipovolemiju. Prije intubacije potrebno je relaksirati dijete primjenom dormicuma 0,1-0,2 mg/kg. Istu dozu treba poslije (uz mehaničku ventilaciju) primijeniti u trajnoj infuziji 5%-tne glukoze tijekom 24 sata. Nedonoščad i novorođenčad ponekad je moguće intubirati (dobro uvježban tim) i bez sediranja, ali tijekom ventilacije uvijek su potrebne sedacija i analgezija. Ista se provodi paracetamolom u obliku čepića (10-15 mg/kg više puta dnevno) ili intravenozno Perfalganom u dozi 7,5-10 mg/kg. Dok je dijete na respiratoru potrebno je smanjiti dnevni unos tekućine za 20% i infuziju glukoze na manje od 4 mg/kg/min. Kakav ćemo način ventilacije primijeniti ovisi o bolesti koja je dovela do njene potrebe. Patofiziologija se bolesti mijenja te se često trebaju vrednovati primijenjene metode, kao i intenzitet mehaničke ventilacije.

Najmanje invazivni tip mehaničke ventilacije nazalni je CPAP (engl. *Continuous Positive Airway Pressure*). Ovaj tip ventilacije uz određeni protok dostavlja djetetu zrak s određenom koncentracijom kisika i određenim PEEP-om (engl. *positive end-expiratory pressure*), (4-6) i tako sprječava kolaps alveola. Intubirat će se i invazivno ventilirati dijete s dišnom patnjom koje za postizanje zadovoljavajuće oksigenacije treba koncentraciju kisika veću od 40%. Apsolutne indikacije za mehaničku ventilaciju jesu ove: prolongirana apneja, pH manji od 7,25 (respiracijska acidoza),  $\text{pO}_2$  manji od 50 mmHg,  $\text{pCO}_2$  iznad 60 mmHg uz acidemiju te saturacija u ABS-u ma-

TABLICA 1.  
Početni parametri za mehaničku ventilaciju  
TABLE 1  
Initial parameters for mechanical ventilation

	Zdrava pluća / Healthy lungs	Smanjena elastičnost / Low compliance (C)	Povišen otpor / High resistance (R)
Respiracijski volumen / Tidal volume (TV)	Novorođenče / Newborn: 5-7 ml/kg Dijete / Child: 8-10 ml/kg	Jednak, nešto niži kod teške bolesti / Equal, somewhat lower in severe illness	Jednak / Equal
Frekvencija disanja / Frequency of breathing (f)	Fiziološka prema dobi / Physiological by age	Veća za održavanje MV-a / Greater for maintaining of MV	Niža za održavanje pauze / Lower for break maintenance
Vršni tlak / Peak inspiratory pressure (PIP)	Novorođenče / Newborn: 15 cmH <sub>2</sub> O Dijete / Child: 20-25 cmH <sub>2</sub> O	Viši da se isporuči odgovarajući TV / Higher to deliver the appropriate TV	Viši da se isporuči prihvatljiv TV / Higher to deliver acceptable TV
Pozitivni endekspiratorni tlak / Positive end expiratory pressure (PEEP)	2 – 4 cmH <sub>2</sub> O  Prevenција atelektaze / Prevention of atelectasis	Viši: 4-10 cmH <sub>2</sub> O  Viša frekvencija traži viši PEEP (za dobru oksigenaciju i bolju elastičnost) /  Higher: 4-10 cmH <sub>2</sub> O Higher frequency demands higher PEEP (for good oxygenation and better elasticity)	Niži (da se izbjegne zarobljavanje zraka ili hiperinflacija) / Lower (to avoid air capture or hyperinflation)
Koncentracija O <sub>2</sub> / Concentration of O <sub>2</sub>	21%	Manje od 50%, najniža moguća kod koje je oksigenacija odgovarajuća / Less than 50%, the lowest possible for which oxygenation is appropriate	Najniža moguća kod koje je oksigenacija odgovarajuća / The lowest possible rate for which oxigenation is appropriate
Vrijeme inspiracija / Time of inspiration (Ti)	Ovisno o uzrastu I:E je 1:2 ili 1:3 / Depending on the age I:E is 1:2 or 1:3	Dulje (1:1,2 do 2:1) oporavak kolabiranih plućnih segmenata / Longer (1:1.2-2:1) recovery of collapsed pulmonary segments	Kraće (dulji izdisaj da se spriječi zarobljavanje zraka) / Shorter (longer exhalation to prevent air capture)

nja od 50%. Relativne su indikacije za mehaničku ventilaciju u djece učestale apneje koje ne odgovaraju na lijekove (teofilin, kofein) te smanjenje dišnog napora u djeteta s problemima pri disanju.

Postoje dva osnovna modela mehaničke ventilacije pozitivnim tlakom: kontroliran volumenom i kontroliran tlakom koji su vremenski ciklični. Kod nedonoščadi je bolje primjenjivati ventilaciju kontroliranu volumenom. Različiti tipovi ventilacije primjenjuju se ovisno o prednostima i nedostacima istih. Prednosti ventilatora kon-

troliranih volumenom jesu ove: pouzdan respiracijski volumen i minutna ventilacija, precizna kontrola protoka zraka u dišnim putovima, laka kontrola promjene dišne impedancije i konstantnost inspiracijskoga protoka. Nedostaci volumno kontroliranih ventilatora jesu varijacije vršnoga tlaka u dišnim putovima i alveolama te neusklađenost protoka zraka u bolesnika i mehaničkoga ventilatora. Prednosti ventilatora kontroliranih tlakom jesu: precizna kontrola volumena na kraju inspiracija i usporavanje protoka u bolesnika (ukazuje da je poboljšana distribucija ventilacije, smanjen mrtvi prostor ventilacije,

vršni tlak u dišnim putovima i viši početni protoci lako zadovoljavaju potrebe bolesnoga djeteta). Nedostaci ventilatora kontroliranih tlakom jesu sljedeći: variranje respiracijskoga volumena ovisno o promjenama u impedanciji, teško utvrđivanje promjena dišne impedancije, smanjenje inspiratornoga protoka te složenost funkcije tlaka, impedancije i frekvencije minutne ventilacije. Ako bolesno dijete djelomično može samo disati primjenjuje se djelomična (asistirana) podrška ventilaciji (intermitentna mandatorna ventilacija – engl. *intermittent mandatory ventilation* – IMV), sinkronizirana intermitentna mandatorna ventilacija (engl. *synchronized intermittent mandatory ventilaton* - SIMV) te ventilacija pomoću mandatornoga minutnog volumena).

Kontrolirana mehanička ventilacija započinje udisanjem 100 % kisika te se potom usklade respiracije djeteta s respiratorom. Kod volumnih respiratora disajni volumen djeteta treba biti 8-12 ml/kg, frekvencija disanja (ovisno o starosti djeteta) 16-30,  $\text{FiO}_2$  0,5 ili manji, odnos inspiririja i ekspiririja (I:E) 1:2 do 1:3, ovisno o starosti djeteta.

### Osnovni principi plućne mehanike u novorođenčadi na mehaničkoj ventilaciji

Početni parametri mehaničke ventilacije u vitalno ugrožene novorođenčadi jesu sljedeći: primjena koncentracije kisika tako da se postigne parcijalni tlak kisika u krvi 50-70 mmHg (6,7-9,3 kPa), TV (disajni volumen, engl. *tidal volume*) 5-7 ml/kg (u nedonoščadi ponekad je dovoljno primijeniti i 3 ml/kg), frekvencija 25-30/min, PIP (engl. *peak inspiratory pressure*) niži od 20  $\text{cmH}_2\text{O}$  i PEEP 4-7  $\text{cmH}_2\text{O}$ . Kod respiratornoga distres sindroma treba povećati odnos I:E do 2:1 (iako postoji rizik od barotraume, odnosno ventilnoga pneumotoraksa).

PEEP povećava funkcionalni rezidualni kapacitet, elastičnost pluća (engl. *compliance*) i parcijalni tlak kisika pod uvjetom da se ne smanjuje minutni volumen srca. Ukoliko se PEEP povećava, pogoršava se hiperkapnija, usporava disanje i dolazi do retencije vode u plućima. PEEP je kontraindiciran kod bronhospazma, ponavljajućega pneumotoraksa, bronhopleuralne fistule, povišenoga inspirijskog kapaciteta pluća, dijafragmalne hernije i hipovolemije.

Produljenjem ekspiririja i manjim odnosom I:E postiže se brže i bolje pražnjenje alveola. Frekvencija respiratora određuje brzinu disanja. Učinkovitost mehaničke ventilacije procjenjuje se temeljem vrijednosti parcijalnih tlakova kisika i ugljičnoga dioksida u arterijskoj krvi poslije 30-ak minuta od početka ventilacije, potom svaka četiri sata, a svakako poslije promjene parametara venti-

lacije. Cilj je primijeniti što manju koncentraciju kisika i time postići:  $\text{PaCO}_2$  od 4,65-5,32 kPa (35-40 mmHg) i  $\text{PaO}_2$  od 6,7-9,3 kPa (50-70 mmHg) u novorođenčadi i  $\text{PaO}_2$  od 10,7-13,3 kPa (80-100 mmHg) u veće djece. Optimalan učinak na intrakranijalnu hipertenziju postiže se pri  $\text{PaCO}_2$  od 3,32-3,48 kPa (25-27 mmHg), ali ne dulje od četiri sata jer dugotrajna hipokapnija povećava intrakranijalni tlak i uslijed hipoksije u nedonoščadi može dovesti do leukomalacije (Tablica 1.).

Elastičnost je smanjena u respiratornome distresu, atelektazi, pneumoniji, akutnome plućnom edemu, hemoragiji i hiposurfaktozi pluća. Otpor je povišen u bolestima koje su praćene edemom, spazmom i opstrukcijom, npr. u astmi, bronhilitisu, bronhopulmonalnoj displaziji i cističnoj fibrozi. Bolesti s povišenim otporom u dišnim putovima prati i povišen intrapulmonalni šant i povišen mrtav prostor ventilacije. Brojne su komplikacije mehaničke ventilacije. Često se komplikacije događaju u fazi oporavka djeteta. Urgentnu reakciju zahtijevaju akcidentalna ekstubacija te opstrukcija tubusa. Česte komplikacije u novorođenčadi jesu: bronhopulmonalna displazija, poremećaj bilance tekućina i infekcije gram negativnim mikroorganizmima (pneumonija, meningitis, sepsa). Kod maloga broja djece može nastati stridor te subglotična stenoza pa čak i traheomalacija (češća kod orotrahealne intubacije). Prolazna komplikacija može biti i atelektaza (dosta ekskreta u kasnoj fazi respiratornoga distresa).

Popustljivost ili elastičnost pluća najniža je pri rođenju djeteta i raste s rastom djeteta i njegovih pluća. Respiracijski je volumen (engl. *tidal volumen*) volumen zraka koji se udahne i izdahne prilikom normalnoga disanja. Protok (engl. *flow*) predstavlja isporuku volumena plina u jedinici vremena. Kod novorođenčadi protok je 4-10 litara (obično 4-6). Otpor u plućima naziva se *resistence* – R. Odnos između popustljivosti i otpora naziva se vremenska konstanta. Ona je važna za određivanje potrebne duljine trajanja inspiririja. Vrijeme inspiririja treba trajati 3-5 Tc (izdisajna vremenska konstanta, engl. *time constant*), kada ono traje 3 Tc rašireno je 95 % alveola, a kada traje 5 Tc rašireno je njih 99%. Kada želimo povećati oksigeniranost djeteta, to možemo učiniti na pet načina: povećanjem koncentracije kisika, povišenjem PEEP-a, povišenjem MAP-a (engl. *mean airway pressure*), produljenjem vremena trajanja inspiririja ili povećanjem protoka. Rad koji je potreban za disanje troši kalorije i kisik. On se sastoji u svladavanju elastičnih sila pluća (oko 70 %) i otpora protoku, kao i nadoknadi gubitka topline do kojih dolazi za vrijeme izdisaja. Njegovu veličinu određuje veličina gradijenta tlaka u respiratornome ciklusu i frekvencija disanja o čemu ovisi minutni volumen (engl. *minute volume*), (Tablica 2.).

TABLICA 2.  
Normalne vrijednosti funkcije pluća u novorođenčeta  
TABLE 2  
Normal lung function in newborns

	Zdrava pluća / Healthy lungs	Respiratorni distress sindrom / Respiratory distress syndrome	Bronhopulmonalna dis- plazija / Bronchopulmonal dysplasia
Udisajni volumen / Tidal volume (TV - ml/kg)	5 - 7	Equal	Equal
Minutna ventilacija / Minute ventilation (MV - ml/kg/min)	200 - 400		
Elastičnost / Compliance (C - ml/cmH <sub>2</sub> O/L/s)	1 - 2	0,4 – 1,0	0,3 – 0,8
Otpor / Resistance (R - CmH <sub>2</sub> O/L/s)	18 - 42	105 - 140	95 - 115
Izdisajna vremenska konstanta / Time constant (Tc – sec) (C/R)	0,15	Kraća / Shorter	Kraća / Shorter
Funkcionalni rezidualni kapacitet / Functional residual capacity (FRC - ml/kg)	25 - 36	9,8 - 22	18 - 25
Rad pri disanju / Work while breathing (gm x cm/kg)	13 - 21	22 - 31	30 - 38
C20/C odnos / relation Indeks prenapuhanosti pluća / Hyperinflation index of lungs	Veći od 1 / Higher than 1	Patološki manji od 0,8 / Pathologically lower than 0.8	Patološki manji od 0,8 / Pathologically lower than 0.8

### Sinkronizirana ventilacija novorođenčeta

Neusklađenost djetetova disanja s respiratorom u prošlosti dovodila je do brojnih komplikacija prilikom primjene starijih modova ventilacije (engl. *intermittent mandatory ventilation* – IMV i engl. *intermittent positive-pressure ventilation* – IPPV). Neke od posljedica jesu ove: pneumotoraks, loša izmjena plinova, veliki gubitak isporučenih plinova, oscilacije cerebralnoga protoka (hipo ili hipertenzija) te intrakranijalno krvarenje. Zbog toga su se razvili respiratori koji prepoznaju spontane respiracije novorođenčeta. Razlikujemo sljedeće modalitete ventilacije: SIMV, SIPPV, PSV te VG koji se može pridodati svakome od triju navedenih modaliteta.

SIMV omogućuje usklađivanje ventiliranoga djeteta i respiratora te ventilator zadane respiracije usklađuje s djetetovim. Ovaj modalitet u trenutku kada dijete samo udiše ubacuje zadane respiracije, ali ih pojačava u skladu s tlakom kojega smo imenovali vršnim (PIP).

Između zadanih respiracija dijete može i samostalno disati (ovisno o *triggeru* - osjetljivosti koji smo postavili). Vrijeme inspiriraja je zadano. Taj mod ventilacije može se primijeniti uvijek, npr. kod teških pneumonija, dugotrajnih ventilacija, u procesu „skidanja s respiratora“ i kod centralnih oštećenja. U djece vrlo niske gestacijske dobi i vrlo niske rodne mase prednost se daje PSV-u (4).

Prilikom sinkronizirane intermitentne ventilacije pozitivnim tlakom (engl. *Synchronised Intermittent Positive Pressure Ventilation* - SIPPV) respirator isporučuje plinove i kada dijete diše i kada ne diše, tj. kod apneje ubaci svoj respiracijski ciklus – onoliko mješavine zraka i kisika (onaj volumen) koliko je određeno razlikom PIP-a i PEEP-a. Spontane respiracije „poboljšava“ dodatnim volumenom zraka koji je određen zadanom razlikom tlakova. Koliko će respiracija dijete imati određeno je zadanom frekvencijom, ali i zadanom osjetljivošću (*triggerom*).

Prilikom PSV-a (engl. *pressure suport ventilation*) respirator sudjeluje u svakome ciklusu respiracija novorođenčeta. Razlikuje se od SIPPV-a po tome što je Ti (vrijeme inspirija, engl. *inspiratory time*) prilagođeno samom djetetu, odnosno udah traje onoliko koliko traje i u djeteta, a kod SIPPV-a je zadano (mi smo ga zadali). Kod ovoga je moda vrijeme inspirija različito, a ventilator upuhuje onoliko zraka koliko mu je omogućeno razlikom zadanih tlakova (PIP-a i PEEP-a), (5).

Garantirani volumen (engl. *volume guarantee* - VG) zajamčeni je volumen. To je ventilacija ograničena tlakom koja istovremeno omogućuje upravljanje inhalacijskim volumenom, tj. dostavu ciljnoga inhalacijskog volumena (4). Isti omogućuje liječniku kontrolu tlakova u dišnim putovima, ali dopušta i respiratoru da od daha do daha prilagođava PIP u skladu s promjenama koje registrira u bolesnika da bi se postigao odabrani TV, s tim da PIP nikad ne prelazi vrijednost odabranoga maksimuma. VG djeluje tako da automatizira svrhu ventilacije (odabir veličine tlaka upuhivanja, unutar sigurnih granica, koji odgovara ciljnome inhalacijskom volumenu pojedinoga bolesnika).

Modalitet ventilacije sam po sebi nije dobar ili loš, odnosno mora biti prilagođen djetetovoj rodnoj masi, gestaciji, osnovnoj bolesti i suportivnim mjerama. Ponekad se mod treba mijenjati više puta tijekom procesa mehaničke ventilacije u jednoga djeteta. Kod nedonoščadi veoma male rodne mase i kratke gestacije prednost imaju PSV i SIPPV modovi, a prilikom odvikavanja od respiratora i u veće djece (zrele novorođenčadi) SIMV.

### Komplikacije mehaničke ventilacije

Komplikacije mehaničke ventilacije mogu biti ove: mehaničke, cirkulatorne, respiracijske, metaboličke i renalne. Respiracijske jesu ove: lezija traheje, slučajna dislokacija tubusa ili ekstubacija, pneumotoraks, pneumomediastinum, emfizem, hiperinflacija, infekcija, atelektaza, toksične posljedice upotrebe previsoke koncentracije kisika (engl. *bronchopulmonary dysplasia* - BPD, depresija ventilacije) i plućno krvarenje. Cirkulatorne komplikacije jesu ove: pogoršanje venskoga protoka (smanjenje srčanoga rada, sistemska hipotenzija), toksičnost kisika (retrolentalna fibroplazija, cerebralna vazokonstrikcija), sepsa, moždano krvarenje i hiper-ventilacija (smanjen moždani krvni protok). Metaboličke komplikacije jesu ove: povišen disajni rad, alkalozna (hipokalijemija, predoziranje bikarbonata). Renalne komplikacije jesu ove: smanjena diureza, višak vode u udahnutom zraku. Mehaničke komplikacije nastaju zbog lošega funkcioniranja respiratora, npr. lošega napajanja, kvara na respiratoru, smanjenog vlaženja zraka i/ili loše veze s tubusom.

### Zaključak

Svaki liječnik u primarnoj zdravstvenoj zaštiti djece trebao bi znati intubirati. To je vještina koju liječnik stječe tijekom svoga školovanja. Kontinuirana edukacija potrebna je kako bi se usvojilo znanje, stekla vještina pa i rutina izvođenja toga medicinskog postupka. Osnove mehaničke ventilacije moraju poznavati liječnici koji rade u Hitnoj medicinskoj pomoći te oni koji rade u bolnicama gdje se zbrinjavaju djeca. Samo iskusan i uvježban tim može pravovremeno i učinkovito izvesti potrebne medicinske postupke. S obzirom na invazivnost tih postupaka, moguće su kratkotrajne ili dugotrajne komplikacije koje se trebaju predvidjeti i spriječiti. Više je načina provođenja tih postupaka i oni se razlikuju od ustanove do ustanove. Svaki je način mehaničke ventilacije dobar ako tim ima dovoljno iskustva. Često stanje djeteta nije stacionarno loše, nego se mijenjaju dinamička svojstva pluća, stoga je potrebno znati osnovne principe mehaničke ventilacije u barem dva do tri modaliteta. Samo je na taj način moguće pomoći djetetu i izbjeći jatrogene komplikacije.

### LITERATURA

1. Jovanović L, Gvozdinović Lj, Milić S, Petrović V, Gavrilović S. Urgentna endotrahealna intubacija u vanbolničkim uslovima. *Medicina danas*. 2009;8(4-6):191-203.
2. Stojković Anđelković A. Mehanička ventilacija pluća i intubacija kod dece. U: *Hitna stanja u pedijatriji*. Kragujevac: Prizma; 2006. str. 606-15.
3. Muir JF, Ambrosino N, Simonds AK. Noninvasive Mechanical Ventilation. *European Respiratory Monograph* 16, European respiratory Society Journals, Huddersfield, UK Aug. 2001, vol 6.
4. Škrablin S, Juretić E. Mehanička ventilacija novorođenčeta; 4.-5. travnja 2003.; Zagreb, 2003.
5. Donn SM, Sinha SK. Newer modes of mechanical ventilation for the neonate. *Curr Opin Pediatr*. 2001;13(2):99-103.
6. Eichenwald EC. Mechanical ventilation. U: Cloherty JP, Eichenwald EC, Stark AR. *Manual of neonatal Care*. Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins; 2004. str. 331-42.

## INTUBATION AND BASICS OF MECHANICAL VENTILATION

Vesna Milas<sup>1,2</sup>, Darjan Kardum<sup>1,2</sup>, Hana Dobrić<sup>1,2</sup>, Krešimir Milas<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Department of Pediatrics, University Hospital Osijek, Josipa Huttlera 4, HR-31000 Osijek, Croatia

<sup>2</sup>Faculty of Medicine, Josip Juraj Strossmayer University of Osijek, Cara Hadrijana 10E, HR-31000 Osijek, Croatia

Professional paper

### Abstract

Intubation and mechanical ventilation are very aggressive medical treatments, but in certain situations they can save the life of a child. Physicians must perform medical procedures as gently, quickly and professionally as they can to prevent acute and chronic complications. Different intubation methods have their advantages and disadvantages; therefore, indications for a particular intubation procedure are different to a certain extent. There are various types of mechanical ventilation in children; different modes to overcome a life-threatening condition of a child. The type of ventilation chosen to be implemented in a particular medical center is the one the team is most experienced in, therefore providing the best results.

**Key words:** Intubation, intratracheal – adverse effects, contraindications, instrumentation, methods; Mechanical ventilation - adverse effects, contraindications, instrumentation, methods; Ventilators, mechanical; Infant, newborn; Infant, premature; Bronchopulmonary displasia – diagnosis, etiology