

PREGLED LITERATURE – REVIEW ARTICLE

Oblici neinvazivne ventilacije

Review of forms of noninvasive ventilation

Vesna Veković<sup>1</sup>, Borko Veković<sup>2</sup>, Zorica Živković<sup>1,3</sup>, Gordana Sekulović<sup>2</sup>, Milena Tomašević<sup>4</sup>

<sup>1</sup>. KBC « Dr Dragiša Mišović- Dedinje», Dečija bolnica za plućne bolesti i TB, Beograd, Srbija,

<sup>2</sup>. Institut za Neonatologiju, Beograd, Srbija,

<sup>3</sup>. Farmaceutski fakultet, Privredna Akademija, Novi Sad, Srbija,

<sup>4</sup>. Zavod za zaštitu zdravlja studenata, Beograd, Srbija

**Sadržaj** U Srbiji se pre vremena godišnje rodi oko četiri hiljade beba i sve one su u riziku da razviju hroničnu plućnu bolest (HPB). Ovo stanje karakteriše visok mortalitet i morbiditet. Jedan od značajnih etioloških faktora koji doprinose razvoju HPB-a je dugotrajna mehanička ventilacija. Mehanička ventilacije putem endotrahealnog tubusa za mnoge prevremeno rođene bebe predstavlja vid respiratorne potpore koja spašava život. Ipak, u nekim slučajevima mehanička ventilacija dovodi do oštećenja pluća i pojave hronične plućne bolesti kod prematurusa. Uprkos primeni antenatalne kortikosteroidne terapije, primeni plućnog surfaktanta i različitih modova konvencionalne i visokofrekventne oscilatorne ventilacije više od 40% novorođenčadi rođene pre 28 nedelje gestacije i dalje razvija hroničnu plućnu bolest. Smanjenje trajanja mehaničke ventilacije, rana ekstubacija i primena neinvazivnih metoda respiratorne potpore su mere koje dokazano manje oštećuju pluća.

**Ključne reči:** neinvazivna ventilacija, hronična plućna bolest, CPAP, nBiP

**Summary** Over 4000 babies are born prematurely in Serbia, yearly. All of these babies are in risk of developing a chronic lung disease (CLD) with high mortality and morbidity. Less time on invasive mechanical ventilation, early extubation and applying of non invasive ventilation are methods for decreasing incidence of CLD. Invasive mechanical ventilator support is a life saving method for vast number of prematurely born babies. In some of these cases, ventilator support leads to lung injury and CLD of prematurely born babies. In spite of administration of antenatal corticosteroid therapy, surfactant application after birth and variety of mechanical ventilatory support, more of 40% of premature born babies, less than 28 weeks of gestation, develops CLD. Shorter time of mechanical ventilation, early extubation and early transfer to non invasive modes of ventilatory support are measures proved to be less invasive to lungs.

**Keywords:** noninvasive ventilation, chronic lung disease, CPAP, nBiPAP

Uprkos ogromnom napretku koji je ostvaren na planu rasvetljavanja patofiziologije respiratornog distresa i uloge surfaktanta u njegovom nastanku, to je i dalje dominantan uzrok hospitalizacije i prijema na odeljenja neonatalne intenzivne nege naročito premature novorođenčadi. Primena surfaktanta, kao i kortikosteroidna antenatalna maturacija pluća značajno su uticali na smanjenje mortaliteta i na poboljšanje ishoda, ali kako sve bolesnija i nezrelija novorođenčad preživljavaju, tako se i broj komplikacija kod preživelih od RDS povećava. Među značajnije komplikacije spadaju intrakranijalna hemoragija, perzistentni duktus arteriozus, plućna hemoragija, sepsa i bronhopulmonalna displazija. Često nije moguće utvrditi da li su ovi poremećaji posledica RDS-a, njegovog lečenja ili prematuriteta. RDS koji nastaje primarno usled nedostatka surfaktanta viđa se gotovo isključivo kod preterminske novorođenčadi, mada RDS može nastati i kao posledica tranzitorne tahipneje neonatusa (TTN), mekonijalnog

aspiracionog sindroma (MAS), a javlja se i kod infekcije pluća.

Osnovni cilj tretmana RDS-a je uspostavljanje funkcionalnog rezidualnog kapaciteta (FRC), što može biti ostvareno primenom neinvazivnih metoda respiratorne potpore koji su u stanju da generišu kontinuirani pozitivni pritisak u disajnim putevima (CPAP), čime omogućavaju formiranje FRC-a i koji su svojevrsna alternativa invazivnoj mehaničkoj ventilaciji. Kontinuirani distendirajući pritisak (CDP) predstavlja formu transpulmonalnog pritiska koji se održava tokom ekspiratorne faze respiratornog ciklusa. CPAP i pozitivan pritisak na kraju ekspirijuma (PEEP) su forme CDP-a. CPAP predstavlja pozitivni pritisak koji se primenjuje tokom celokupnog respiratornog ciklusa kod novorođenčeta koje spontano diše i nije intubirano. PEEP predstavlja pritisak koji se primenjuje tokom ekspiratorne faze respiratornog ciklusa kod intubiranog pacijenta. Navedeni pritisci se mogu, odgovarajućim uređajima, isporučiti

pacijentu invazivnim ili neinvazivnim putem. Njihov zajednički cilj je poboljšanje eliminacije ugljen-dioksida i stimulacija disanja kao pomoć nakon ekstubacije ili radi tretiranja apneje prematuriteta. Takođe, mogu se koristiti kod različitih respiratornih stanja koje karakteriše: smanjen funkcionalni rezidualni kapacitet, atelektaze, desno-levo intrapulmonalno šantovanje, ventilaciono-perfuzioni disbalans, alveolarni edem, aspiracija toksičnih supstanci, povećani otpor u disajnim putevima, nestabilnost grudnog koša i disajnih puteva i opstruktivna apneja. Istorija neinvazivne ventilacije je uglavnom istorija CPAP-a, čija je upotreba u neonatologiji opisana sto godina unazad. Prof. dr Augustus Ritter von Reuss prvi je opisao uređaj identičan današnjem „babl“ CPAP-u (1). Ne postoje pouzdani razlozi zbog čega je ovaj uređaj ostao van upotrebe prethodnih godina, odnosno zašto nije upotrebljen ranije. Četrdesetih godina prošlog veka pozitivni pritisak je korišćen u avio-industriji u letilicama na velikoj visini, ali je zbog neželjenih efekata koje je imao na velike krvne sudove napušten u naredne dve dekade. Šezdesetih godina prošlog veka PEEP je primenjivan zajedno sa mehaničkom ventilacijom u cilju lečenja hipoksemije kod odraslih sa ARDS-om (2). Uobičajeni nalaz ekspiratornog ječanja kod RDS-a posledica je parcijalnog zatvaranja glotisa tokom ekspirijuma kako bi se održao pritisak u alveolama i njihova dilatacija. Ograničena količina vazduha prolazi kroz suženi glotis i stvara prepoznatljiv zvuk ječanja. Nasuprot ovim fiziološkim zapažanjima, tada je bilo uobičajeno da se kod ventilirane novorođenčadi dozvoljava da pozitivni pritisak na kraju ekspirijuma padne na 0 cm H<sub>2</sub>O. U svom znamenitom radu kliničku primenu CPAP-a kao načina održavanja alveolarne stabilnosti kod prevremeno rođene novorođenčadi prvi put su opisali Gregory i saradnici 1971. godine. Sedamdesetih godina prošlog veka primena CPAP-a bila je veoma popularna i smatrana je karikom koja nedostaje između primene dodatnog kiseonika i mehaničke ventilacije. Uobičajen način aplikacije je putem nazalnih nastavaka, što predstavlja vid nazalnog CPAP-a. Brojni radovi, koji ukazuju na štetne efekte mehaničke ventilacije na razvoj pluća, dodatno pojačavaju zanimanje za neinvazivne metode CPAP-a kao primarnog metoda respiratorne potpore.

### **Rana primena NCPAP-a kod premature novorođenčadi**

Nerazvijena i nežna pluća prevremeno rođene dece obično su tvrda, imaturna, ispunjena tečnošću i sa nedovoljnom količinom surfaktanta, sklona atelektazi i alveolarnom kolapsu. Endotrahealna intubacija i mehanička ventilacija, često primenjivane metode u slučaju RDS-a, mogu da indukuju oštećenje pluća i da dovedu do kliničke destabilizacije pacijenta. Respiratorom indukovano oštećenje pluća može nastati na više načina. Primena velikog volumena, volutraume, indukuje oštećenje pluća. Na atelektotraumu, odnosno ponavljano otvaranje i zatvaranje terminalnih plućnih jedinica usled nedovoljnog pritiska, nadovezuje se biotrauma, što predstavlja povećano

otpuštanje proinflammatoryh medijatora i dodatno doprinosi oštećenju (3, 4, 5, 6). Brojni eksperimentalni podaci ukazuju na to da čak i kratkotrajno izlaganje velikim disajnim volumenima tokom ventilacije može da dovede do oštećenja pluća (7, 8) i do insuficijencije i inaktivacije surfaktanta (9). Mehanička ventilacija i visoka koncentracija inspiratorne frakcije kiseonika imaju aditivni destruktivni efekat na prematurna pluća i osnov su nastanka hronične plućne bolesti (10, 11). Početni inflamatorni odgovor i aktiviranje mehanizama reparacije pluća zajedno sa kontinuiranom mehaničkom ventilacijom pri visokim volumenima, kao i pojačano stvaranje reaktivnih vrsta kiseonika uz slabu antioksidativnu zaštitu prevremeno rođene dece dovede do zastoja u razvoju pluća i poremećaja plućne kapilarne angiogeneze (12, 13), što rezultuje alveolarnom simplifikacijom, intersticijalnom fibroproliferacijom, oštećenjem disajnih puteva i smanjenjem površine za gasnu razmenu (14, 15).

Hronična plućna bolest je definisana potrebom za kiseonikom u 36. postmenstrualnoj nedelji. Incidencija razvojnih neuroloških poremećaja, uključujući gluvoću, slepilo i cerebralnu paralizu, povećana je u slučaju HPB. Takođe, u periodu adolescencije, i ranije, kod pacijenata sa HPB-om javljaju se opstrukcija, bronhalna hiperreaktivnost i hiperinflacija (16).

Iako respiratorni pristup u inicijalnom zbrinjavanju novorođenčadi ima značajnu ulogu u krajnjem ishodu, definitivne smernice ne postoje. Mehanička ventilacija spasava život, ali je opšta preporuka da ona traje što kraće kako bi se smanjila mogućnost nastanka HPB-a, mada ovaj koncept i dalje nije široko prihvaćen. CPAP se smatra nežnijom formom respiratorne potpore kod premature novorođenčadi. Izbegavanjem intubacije disajni putevi su zaštićeni od mehaničkog oštećenja i od bakterijske kolonizacije. Novorođenčad koja dišu spontano na CPAP-u ne zahtevaju sedaciju ili su manje sedirani u odnosu na onu koja su na mehaničkoj ventilaciji. Postoje dokazi koji ukazuju da otpor koji stvara tubus, ekspiratorna valvula i samo disajno kolo mogu značajno da doprinesu respiratornoj insuficijenciji, čime se može objasniti često smanjenje alveolarnog pCO<sub>2</sub> nakon primene endotrahealnog CPAP-a, odnosno nakon ekstubacije.

Opisano je više patofizioloških mehanizama koji objašnjavaju nastanak oštećenja pluća. Atelektotrauma može biti uzrok i posledica povrede pluća (17). To je stanje koje nastaje kada pojedinačne plućne jedinice kolabiraju i za ponovno otvaranje zahtevaju veći pritisak. Nažalost, neki delovi pluća mogu ostati kolabirani, dok neki drugi mogu biti prenaduvani, što može dovesti do oštećenja plućnog parenhima i samih alveola. Proces otvaranja i zatvaranja alveola naročito u uslovima prekomerne alveolarne distenzije pokreće procese inflamacije i oslobađanja citokina, što se naziva biotrauma.

Volutrauma predstavlja preteranu distenziju pluća koja nastaje primenom velikih, neodgovarajućih plućnih

volumena koji mogu da dovedu do oštećenja plućnog kapilarnog endotela i bazalne membrane. Kao posledica dolazi do curenja tečnosti, proteina i krvi u disajne puteve, što može inicirati procese plućne inflamacije.

Barotrauma podrazumeva nastanak plućnog oštećenja upotrebom prekomernog pritiska. Iako je ranije smatrana glavnim uzrokom oštećenja pluća, danas se zna da su volutrauma, atelektotrauma i biotrauma ključni elementi u patogenezi oštećenja pluća.

Pod optimalnom plućnom inflacijom podrazumevamo plućni volumen pri kojem su pluća dovoljno otvorena, ali ne i prenaduvana (17). Umetnost u neonatalnoj medicini je postizanje optimalnog plućnog volumena u stanjima respiratornog distresa, pri čemu je primena CPAP-a prema mnogim kliničarima metod izbora koji bez intubacije i mehaničke ventilacije omogućava odgovarajuću oksigenaciju i ventilaciju.

Istraživanja na životinjama i ljudima ukazuju na to da inicijalna primena kontinuiranog pozitivnog distendirajućeg pritiska kod pacijenata koji spontano dišu, pri čemu se izbegava intubacija i distribucija pozitivnog pritiska putem mehaničke ventilacije i endotrahealnog tubusa, smanjuju potrebu za mehaničkom ventilacijom i primenom surfaktanta, što predstavljaju glavne prednosti CPAP-a. Međutim, i dalje nije potpuno jasno da li primena CPAP-a smanjuje incidencu hronične plućne bolesti kada se uporedi sa savremenim strategijama i modovima mehaničke ventilacije. Napredne tehnike primene nCPAP-a, kao i sposobnost kliničara da prepozna i iskoristi fiziološke efekte novih uređaja uporedo sa poboljšanjem nege ovih pacijenata glavni su faktori koji utiču na ishod .

### **CPAP sistemi**

Klasična podela CPAP sistema je prema načinu kontrole protoka gasa prema pacijentu, tako da postoje uređaji sa konstantnim i promenljivim protokom. Uređaj sa konstantnim protokom sastoji se od izvora gasa čijem se protoku suprotstavlja odgovarajući otpor u ekspiratornom delu disajnog kola. Na primer „babl“ CPAP sistem je sistem konstantnog protoka. Protok ovlaženog i zagrejanog vazduha određuje kliničar, a pritisak se reguliše uranjanjem distalnog kraja ekspiratorne cevčice u rezervoar sa vodom, čime se povećava otpor protoku i posledično povećava distendirajući pritisak u disajnim putevima. Kliničari moraju biti oprezni zato što nivo CPAP-a zavisi od protoka i može biti veći od nivoa uronjene ekspiratorne cevčice. U slučaju kada se CPAP isporučuje endotrahealnim putem, otpor protoku pruža ekspiratorna valvula respiratora. Konstantni izvor gasa omogućava postojanje pritiska tokom celog respiratornog ciklusa. Ipak, u većini slučajeva nivo pritiska nije konstantan i promene pritiska su česte. Tako na primer, CPAP koji isporučuje respirator smatra se konstantnim, ali u praksi pritisak varira u zavisnosti od inspiratornih i ekspiratornih zahteva pacijenta i/ili od karakteristika kojom

respirator kontroliše protok. Takođe, tokom primene „babl“ CPAP-a, koji je uređaj sa konstantnim protokom, pritisak oscilira oko srednjeg pritiska u disajnim putevima usled stvaranja mehurića, tako da je ovaj uređaj klasifikovan kao uređaj sa konstantnim protokom i varijabilnim pritiskom.

Uređaji sa varijabilnim protokom imaju pomoćni generator koji omogućava isporuku dodatnog gasa ka pacijentu. CPAP se isporučuje preko nosnica i specijalno konstruisanog nosnog nastavka (dvostrukih mlaznica) kako bi održao konstantan pritisak (Bernulijev efekat). Kada novorođenče započne izdisaj, tada nastaje takozvani „fluidni okret“ koji utiče da se struja gasa koja ide ka nozdrvama „okrene“ i napusti komoru preko ekspiratornog creva, čime olakšava ekspirijum. Ovaj fenomen nastaje zahvaljujući Koanda efektu, koji označava tendenciju tečnosti ili gasa da prati zakrivljenu površinu.

CPAP se prema pacijentima isporučuje na više načina, mada se najčešće primenjuju nazalne maske i kratki nazalni nastavci. CPAP sistemi kontrolišu protok gasa tokom inspirijuma i ekspirijuma i održavaju konstantan pritisak na početku nazalnih disajnih puteva. Sistem se sastoji od četiri komponente: izvor gasa koji mora biti ovlažen i zagrejan, nazalnog nastavka, disajnog kola i generatora pritiska zajedno sa sistemom kontrole i praćenja pritiska.

Nazalni nastavci prenose kontinuirani distendirajući pritisak do nosnih hodnika i oni mogu biti veoma različiti. To su nazalni nastavci i maske, binazalne faringealne cevčice, endotrahealne ili nazotrahealne, plastične kutije pod pritiskom, zatvorene kiseonične haube ili prijanjajuće maske (60). Danas se najviše koriste kratki binazalni nastavci i nazalne maske. Binazalni nastavci su najefikasniji, ali i najnekomfortniji. Pošto su novorođenčad nazalni disači, CPAP se lako ostvaruje. Nastavci mogu biti kratki, kada se nalaze u samim nosnim hodnicima, ili duži sa plasiranjem u farinks. Duži nastavci nemaju terapijske prednosti u odnosu na kratke, a zbog svoje dužine pružaju veći otpor i mogu se zapušiti. Kratki nastavci treba da budu što širi kako bi se smanjio otpor protoku gasa. U novijim meta-analizama uređaji koji koriste kratke binazalne nastavke su efikasniji i smanjuju stopu reintubacija u odnosu na uređaje koji koriste nazofaringealne duge nastavke (42). Nazalne maske imaju dodatnu prednost u odnosu na binazalne nastavke zbog toga što maske ne smanjuju unutrašnji prečnik nosnica.

### **1. CPAP sistemi konstantnog protoka**

CPAP sistemi konstantnog protoka mogu se podeliti u dve velike grupe – CPAP koji se ostvaruje putem respiratora i tzv. „buble“ CPAP sistem. Trenutno ne postoji istraživanje koje favorizuje određeni CPAP sistem. Iskustvo kliničara, bezbednost pacijenta, kao i patofiziološko stanje daleko su važniji u odnosu na vrstu uređaja i na način na koji on ostvaruje CPAP.

### **Ventilatorni CPAP-**

Ovaj sistem je počeo da se koristi od sedamdesetih godina prošlog veka i sastojao se od izvora konstantnog protoka i PEEP valvule sa oprugom. Širom upotrebom respiratora u neonatologiji primena CPAP-a je postala još lakša. Ventilatorni CPAP je sistem koji je i danas u širokoj upotrebi kao sistem koji je jednostavan i efikasan. On se svrstava u sistem konstantnog protoka i konstantnog pritiska, mada pritisak u disajnim putevima može da varira u zavisnosti od potreba pacijenta i mogućnosti ventilatora da kontroliše isporuku gasa. Često se naziva konvencionalnim CPAP-om. Zahvaljujući mikroprocesorima koji kontrolišu rad respiratora, postoje različiti modovi CPAP-a koji se prilagođavaju potrebama pacijenta, što podrazumeva kompenzaciju curenja gasa, apneja modove i drugo. Ako pacijent ima, na primer, povećane potrebe u inspirijumu, valvula se otvara i dozvoljava povećan protok ka pacijentu, a ako pacijent kašlje ili forsirano izdiše, ekspiratorna valvula se otvara, čime se otklanja višak pritiska u odnosu na zadati CPAP. Prednost je takođe u tome da se u slučaju neuspešne primene CPAP-a i potrebe za intubacijom novorođenče može brzo prevesti na mehaničku ventilaciju. Nedostatak je da se senzori protoka i regulacije nalaze dalje od pacijenta, što može da dovede do zakasnele reakcije ventilatora, naročito ako je u pitanju novorođenče ekstremno male telesne mase. CPAP se obično obezbeđuje putem binazalnih nastavaka ili maske, dok se primena CPAP-a putem endotrahealnog tubusa izbegava.

### **Babl nazalni CPAP-**

Babl CPAP sistem je sistem kontinuiranog protoka i varijabilnog pritiska. Ovaj sistem je u svojoj osnovi prikazan početkom prošlog veka (1, 43) i on buđi veliko interesovanje s obzirom na to da je jednostavan za upotrebu, jeftin, bezbedan i efikasan kod prevremeno rođene dece.

Babl CPAP se sastoji od mešača sa ovlaživačem koji je povezan sa nazalnim nastavcima preko inspiratornog creva i manometra. Odvojeno, ekspiratorno crevo je takođe sa jedne strane povezano sa nazalnim nastavcima, dok je drugi kraj uronjen u rezervoar sa vodom kako bi se osigurala postojanost pritiska. CPAP nivo određuje dužina ekspiratornog creva koje se nalazi ispod površine vode (5 cm ispod površine je 5 cm H<sub>2</sub>O). Ipak, nivo CPAP-a zavisi od protoka i od otpora u ekspiratornom delu sistema koji je određen pre svega dužinom potopljenog dela creva (50, 51). Što je protok veći, veći je i CPAP. Primena manometra koji je konektovan bliže pacijentu ka nazalnim nastavcima omogućava tačnije određivanje pritiska koji se primenjuje i preporučuje se u radu sa pacijentima. Jednostavnost babl CPAP-a, niski troškovi održavanja i mogućnost rada bez električne energije razlozi su zbog kojih ovaj CPAP sistem pridobija široku popularnost u neonatološkoj zajednici, kao i u sredinama sa limitiranim sredstvima.

Varijabilnost pritiska u disajnim putevima koji nastaje upotrebom babl CPAP je predmet mnogobrojnih ispitivanja i pretpostavlja se da ima dodatnu prednost u odnosu na druge uređaje (52). Naime, kada gas prolazi kroz

ekspiratorno crevo u rezervoar sa vodom, mehurići stvaraju oscilacije koje karakteriše visoka frekvencija i niska amplituda (otprilike 2–4 cm H<sub>2</sub>O, frekvencija 5–20 i 40–100 Hz). Ove oscilacije se prenose ka plućima pacijenta. Lee i saradnici su primetili da su ove oscilacije slične oscilacijama koje proizvodi visokofrekventna oscilatorna ventilacija (53). Pretpostavlja se da se oscilacije prenose putem nazalnih nastavaka i da se superponiraju na disajne pokrete pacijenta slično visokofrekventnoj oscilatornoj ventilaciji čime, sveukupno, pobošljavaju gasnu razmenu i stabilizaciju alveola (54, 55). Takođe, rezultati određenih istraživanja ukazuju na to da su magnituda i frekvencija oscilacija veće kada je komplijansa pluća niža, čime se postiže veća respiratorna potpora kod pacijenata sa poremećajima plućne mehanike, kao što je respiratorni distress na primer (56). Ova poboljšanja koja se tiču dilatacije i stabilizacije alveola su posledica fenomena koji se naziva stohastična rezonanca. Stohastična rezonanca predstavlja dodavanje „šuma“ slabom ulaznom signalu kako bi pojačao odlazni signal u linearnom sistemu (57). Pored pomenutih pozitivnih efekata na plućnu mehaniku, pretpostavlja se da CPAP redukuje inflamaciju i smanjuje oštećenje pluća (58). Dodatna pogodnost je da, u slučaju pada pritiska, stvaranje mehurića prestaje, što predstavlja svojevrstni monitoring sistem.

## **2. CPAP sistemi sa varijabilnim protokom**

Rad ovih uređaja zasniva se na zakonitostima mehanike fluida. Zahvaljujući nepokretnim valvulama koje se nalaze u delu iznad nazalnih nastavaka, strujanje gasova prema zakonitostima mehanike fluida gasova ostvaruje odgovarajući CPAP. Ovi specijalno dizajnirani nastavci omogućavaju odgovarajući inspiratorni protok, održavaju stabilan pritisak na početku disajnog puta i na taj način održavaju volumen na kraju ekspirijuma konstantnim, čime je omogućen manji disajni rad. Takođe, tranzicija od inspirijuma ka ekspirijumu je brza (manja od 4 ms) zahvaljujući tome što se ekspirijum ne odvija nasuprot gasu koji ide ka pacijentu (43).

Na osnovu potreba pacijenta, dva odvojena disajna puta se stvaraju tokom inspirijuma i ekspirijuma, što zadovoljava potrebe u inspirijumu i ne utiče na protok tokom ekspirijuma, pri čemu je promena protoka od inspirijuma ka ekspirijumu, i obrnuto, izuzetno brza. Navedeni efekti imaju značajne, pozitivne kliničke implikacije na komfor pacijenta i stabilizaciju respiratorne funkcije. Ovi uređaji se dalje klasifikuju na one sa promenljivim protokom ili konstantnim pritiskom.

### **Infant flow nCPAP-**

Infant flow nazalni CPAP sistem je sistem varijabilnog protoka i prvi put je prezentovan 1988. godine i poznat je kao Aladin 1 (44). Sastoji se od izvora gasa i monitoring sistema. Protok od 8 L/min ostvaruje pritisak od oko 5 cm H<sub>2</sub>O. Izvor gasa, drajver, povezan je sa generatorom pomoću creva koja su povezana sa ovlaživačem i preko

nazalnog nastavka sa pacijentom. Nazalni nastavak je od mekog materijala koji je tako konstruisan da povećava unutrašnji prečnik nosnica s ciljem da na taj način smanji curenje oko nozdrva i otpor protoku gasa. Generator ima dva creva (po jedno za svaku nozdrvu) i sistem ventila unutar nastavka koji ostvaruju odgovarajući CPAP.

Kada pacijent ne diše (stanje mirovanja), gas iz drajvera prolazi kroz ubrizgivače ka generatoru, on ga usmerava ka restriktivnim (suženim) mlaznicama koje su pak usmerene ka nosnim nastavcima. Mlaznice raspršuju i ubrzavaju gas (45). Kada gas potom napusti mlaznice i uđe u nosne nastavke koji se računaju i šire, on gubi brzinu. Prema Bernulijevom principu koji kaže da se „energija gasa koji je u pokretu održava, a kao posledica gubitka brzine nastaje povećanje pritiska“, ova konverzija kinetičke energije dovodi do porasta pritiska, odnosno do porasta CPAP-a (46). Višak gasa iz mlaznica napušta sistem ili se akumulira u ekspiratornom crevu koje je uvek otvoreno. Kada pacijent započne udah, gas je dostupan putem mlaznica, a u slučaju povećanih potreba dolazi do mešanja gasa i konvertovanja kinetičke energije i protoka koji se preusmerava od ekspiratornog creva ka pacijentu (Koanda efekat), čime se veća količina gasa isporučuje pacijentu.

Po započinjanju ekspirijuma, pritisak u nosnoj šupljini koji nastaje usled pacijentovog napora, utiče na protok gasa koji ide ka pacijentu tako što ga usmerava i „okreće“ ka ekspiratornom crevu, što omogućava da se ekspirijum odvija neometano ka atmosferi. Kada se ekspirijum završi, struja gasa ponovo zauzima inspiratorni položaj i smer (47). Eksperimentalna i klinička istraživanja ukazuju na to da Infant flow CPAP održava konstantnim pritisak u disajnim putevima i smanjuje disajni rad u odnosu na druge uređaje sa nepokretnim krilcima (CPAP zasnovan na zakonitostima mehanike fluida).

#### **Infant flow SiPAP-**

Infant flow SiPAP (od engleske reči „sigh“ udah, uzdah) relativno je nov uređaj koji koristi isti generator protoka i iste principe kretanja gasova kao i Infant flow, ali zahvaljujući novom drajveru, omogućava novorođenčetu da diše na dva različita nivoa pritiska, na osnovnom (bazalnom) i na sekundarnom nivou koji je obično 2–3 cm H<sub>2</sub>O viši, što je i glavna razlika u odnosu na babl nCPAP. Inspiratorno vreme i broj respiracija kontrolišu frekvenciju i trajanje povremenih „uzdaha“. Cilj primene SiPAP-a je stabilizacija alveola, poboljšanje gasne razmene i stimulacija protokom tokom udisaja kako bi se prevenirala apnea i intubacija. Za detekciju udara koristi se zaravnjena kapsula koja se plasira na prednji zid abdomena i reaguje na istezanje, odnosno na kontrakcije dijafragme koje se prenose na prednji trbušni zid. Porast pritiska od osnovnog ka višem je postepen, tako da je grafikon pritiska drugačiji u odnosu na onaj koji se vidi kod respiratora. Kliničkim studijama je utvrđeno da SiPAP značajno poboljšava gasnu razmenu u odnosu na standardni nCPAP-om kod prevremeno rođene dece (48).

#### **Kontraindikacije za primenu CPAP-a**

Duboka respiratorna insuficijencija koja zahteva primenu mehaničke ventilacije (nemogućnost održavanja pH >7,25, pCO<sub>2</sub> <8 kPa), malformacije gornjih disajnih puteva (rascep nepca, atrezija hoana, traheo-ezofagealna fistula, dijafragmalna hernija i sl.), ozbiljna kardio-vaskularna nestabilnost i rekurentne apneje i bradikardije jesu kontraindikacije za njegovu primenu.

#### **Komplikacije primene CPAP-a**

Najčešće komplikacije vezane za upotrebu CPAP-a uključuju otkazivanje opreme, povrede disajnih puteva i curenje vazduha. Opstrukcija nazalnih nastavaka dovodi do smanjenog priliva kiseonika i manjeg pritiska na kraju ekspirijuma, što produbljuje respiratornu insuficijenciju i povećava disajni rad. Lokalna iritacija i trauma nazalnog septuma javljaju se usled neodgovarajuće i nepravilne fiksacije nazalnih nastavaka, dok primena nazalnih maski može da dovede do oštećenja i erozije septuma nisko na bazi filtruma, a promene se mogu proširiti i dovesti do nekroze kolumnele veoma brzo. Preveliki nazalni nastavci mogu dovesti do kružne dilatacije nosnica već posle nekoliko dana, a neodgovarajuće vlaženje vazduha može da ošteti nosnu mukozu. Iritacija kože poglavine i vrata usled neodgovarajuće primene opreme je takođe moguća. Primenom CPAP-a, kada su pluća komplijantna, može doći do hiperinflacije i, paradoksalno, do smanjenja plućnog volumena, što dovodi do pojave sindroma curenja vazduha, retencije ugljen-dioksida i pojačanog disajnog rada. Pneumotoraks, plućni intersticijalni emfizem, pneumomediastinum, pneumoatocele i vaskularne embolije su opisane naročito u slučaju primene visokog nivoa CPAP-a. Gastrična distenzija je obično blaga komplikacija CPAP-a. Kada nema prijanjanja jezika na nepce, vazduh skreće ka jednaku, jer pruža najmanji otpor prolasku vazduha. Simptomi dilatacije želuca se mogu otkloniti plasiranjem orogastrične sonde, a ponekad je potrebno nakratko obustaviti enteralni unos.

#### **Acknowledgments**

This work was supported by the Ministry of Education, Science and Technological Development, Republic of Serbia (Grant No. III41004).

This publication has been funded by ENTeR-CHILD (COST Action CA16125); ENTeR-CHILD is funded by COST through European Framework Horizon 2020 support

#### **Literatura**

1. Von Reuss AR. The diseases of the newborn. London: John Bale, Sons and Danielssons; 1921:286.
2. Ashbaugh DG, Bigelow DB, Petty TL, et al: Acute respiratory distress in adults. *Lancet* 1967; 2:319-323.

3. Dreyfuss D, Saumon G. Barotrauma is volutrauma but which volume is the one responsible? *Intensive Care Med* 1992;18(3): 139-141.
4. Muscedere JG, Mullen JB, Gan K, Slutsky AS. Tidal ventilation at low airway pressures can augment lung injury. *Am J Respir Crit Care Med* 1994; 149(5): 1327-1334.
5. Ricard, JD, Dreyfuss, D, Saumon G. Ventilator-induced lung injury. *Eur Respir J Suppl* 2003;42:2S-9S.
6. Lista G, Castoldi F, Fontana P, Reali R, Reggiani A, Bianchi S, Compagnoni G. Lung inflammation in preterm infants with respiratory distress syndrome: effects of ventilation with different tidal volumes. *Pediatr Pulmonol* 2006; 41(4):357-363.
7. Nilsson C, Grossman G, Robertson B. Lung Surfactant and the pathogenesis of neonatal bronchiolar lesions induced by artificial ventilation. *Pediatr Res* 1978;12(4.1):249-255.
8. Hillman NH, Moss TJ, Kallapur SG, Bachurski C, Pillow JJ, Polgrase GR, et al. Brief, large tidal volume ventilation initiates lung injury and a systemic response in fetal sheep. *Am J Crit Care Med* 2007; 176(6):578-581.
9. Björklund LJ, Ingimarsson J, Cursted T, John J, Robertson B, Werner O, et al. Manual ventilation with a few large breaths at birth compromises the therapeutic effect of subsequent surfactant replacement in immature lambs. *Pediatr Res* 1997; 42(3):348-355.
10. Avery ME, Tooley WH, Keller JB, Hurd SS, Bryan MH, Cotton RB, et al. Is chronic lung disease in low birth weight infants preventable? A survey of eight centers. *Pediatrics* 1987;79(1):26-30.
11. Ramanathan R, Sadasai S. Lung protective ventilatory strategies in very low birth weight infants. *J Perinatol* 2008;28:S41-S46.
12. Jobe AH, Kramer BW, Moss TJ, Newnam JP, Ikegami M. Decreased indicators of lung injury with continuous positive expiratory pressure in preterm lambs. *Pediatr Res* 2002;52(3):387-392.
13. Jobe AJ. The new BPD: an arrest of lung development. *Pediatr Res* 1999;46(6):641-643.
14. Jobe AH, Bancalari E. Bronchopulmonary dysplasia. *Am J Respir Crit Care Med* 2001;163(7):1723-1729.
15. Attar MA, Donn SM. Mechanisms of ventilator-induced lung injury in premature infants. *Semin Neonatol* 2002;7(5):353-360.
16. Northway WH, Moss RB, Carlisle KB, Parker BR, Popp RL, Pitlick PT, et al. Late pulmonary sequelae of bronchopulmonary dysplasia. *N Eng J Med* 1990;323(26):1793-1799.
17. Clark RH, Gerstman DR, Jobe AH, et al: Lung injury in neonates causes, strategies for prevention, and long-term consequences. *J Pediatr* 2001; 139:478-486.
18. Goldsmith JP, Karotkin EH: Assisted Ventilation of the Neonate, 5th edition. Philadelphia: WB Sanders:2010;2:140-162.
19. Keens TG, Bryan AC, Levison H, et al: Development pattern of muscle fiber types in human ventilatory muscles. *J Appl Physiol* 1978; 44:908.
20. Kao LC, Warburton D, Sargent CW, et al: Furosemide acutely decreases airways resistance on chronic bronchopulmonary dysplasia. *J Pediatr* 1983; 103:624-629.
21. Kim EH, Boutwell WC: Successful direct extubation of very low birth weight infants from low intermittent mandatory ventilation rate. *Pediatrics* 1987; 80:409.
22. Banks B, et al. Multiple courses of antenatal corticosteroids and outcome of premature neonates. *Am J Obstet Gynecol* 1999; 181:709.
23. Coalson JJ, Winter VT, Siler-Khodr T, et al. Neonatal chronic lung disease in extremely immature baboons. *Am J Resp Crit Care Me*.1999;160:1333-1346.
24. Goodwin SR, Graves SA, Haberkern CM. Aspiration in intubated premature infants. *Pediatrics*. 1985;75:85-88.
25. Verder H, Albertsen P, Ebbesen F, et al. Nasal continuous positive airway pressure and early surfactant therapy for respiratory distress syndrome in newborns of less than 30 weeks' gestation. *Pediatrics*.1999;103:E24.
26. Fuchs H, Lindner W, Leiprecht A, et al. Predictors of early nasal PAP failure and effects of various intubation criteria on the rate of mechanical ventilation in preterm infants of <29 weeks gestational age. *Arch Dis Child Fetal Neonatal Ed* 2011;96:F343-F347.
27. Lin CH, Wang ST, Lin YJ, et al. Efficacy of nasal intermittent positive pressure ventilation in treating apnea of prematurity. *Pediatr Pulmonol* 1998;26:349-353.
28. Gregory GA, Edmunds LH Jr, Kitterman JA, Phibbs RH, Tooley WH. Continuous positive airway pressure and pulmonary and circulatory function after cardiac surgery in infants less than three months of age. *Anesthesiology* 1975; 43(4):426-431.
29. te Pas AB, Davis PG, Kamlin CO, Dawson J, O'Donnell CP, Morley CJ. Spontaneous breathing patterns of very preterm infants treated with continuous positive airway pressure at birth. *Pediatr Res* 2008 Sep; 64(3):281-5
30. Richardson CP, Jung AL. Effects of continuous positive airway pressure on pulmonary function and blood gases of infants with respiratory distress syndrome. *Pediatr Res* 1978;12(7):771-774.
31. Milner AD, Saunders RA, Hopkin IE. Effects of continuous distending pressure on lung volumes and lung mechanics in the immediate neonatal period. 1976; 29(3-4):178-86.
32. Heldt GP, McIlroy MB. Distortion of chest wall and work of diaphragm in preterm infants. *J Appl Physiol* 1987; 62(1):164-169.
33. E. Magnenant MD, T. Rakza MD, Y. Riou MD, PhD, A. Elgellab MD, R. Matran MD, PhD, P. Lequien MD et al. Dynamic behavior of respiratory system during nasal continuous positive airway pressure in spontaneously breathing premature newborn infants. *Pediatr Pulmonol* 2004; 37(6):485-491.
34. Elgellab A, Riou Y, Abbazine A, Truffert P, Matran R, Lequien P, Storme L. Effects of nasal continuous positive airway pressure (NCPAP) on breathing pattern in spontaneously breathing premature newborn infants. *Intensive Care Med* 2001; 27(11):1782-1787.
35. Miller RW, Pollack MM, Murphy TM, Fink RJ. Effectiveness of continuous positive airway pressure in the treatment of bronchomalacia in infants: a bronchoscopic documentation. *Crit Care Med* 1986; 14(2):125-7.
36. Davis S, Jones M, Kisling J, Angelicchio C, Tepper RS. Effect of Continuous Positive Airway Pressure on Forced Expiratory Flows in Infants with Tracheomalacia. *Am J respir Crit Care Med*.1998 Jul; 158(1):148-52
37. Miller MJ, Carlo WA, Martin RJ. Continuous positive airway pressure selectively reduces obstructive apnea in preterm infants. *J Pediatr* 1985;106(1):91-94.
38. Martin RJ, Abu-Shaweesh JM. Control of breathing and neonatal apnea. *Biol Neonate* 2005; 87(4):288-295.
39. Vilos GA, Liggins GC. Intrathoracic pressures in fetal sheep. *J Dev Physiol* 1982; 4(4):247-256.
40. Colnaghi M, Matassa PG, Fumagalli M, Messina D, Mosca F. Pharyngeal pressure value using two continuous positive airway pressure devices. *Arch Dis Child Fetal Neonatal Ed* 2008;93(4):302-304.

41. Thomson MA, Yoder BA, Winter VT, Martin H, Catland D, Siler-Khodr TM et al. Treatment of Immature Baboons for 28 Days with Early Nasal Continuous Positive Airway Pressure. *Am J Respir Crit Care Med* 2004;169(9):1054-1062.
42. De Paoli AG, Davis PG, Faber, Morley CJ. Devices and pressure sources for administration of nasal continuous positive airway pressure (NCPAP) in preterm neonates. *Cochrane Database Syst Rev* 2008 23;(1):CD002977.
43. Childs PRN. A comparison of flow phenomena and functionality of two nCPAP systems. *Neonatal Intensive Care* 2000;13:13-20.
44. Moa G, Nilsson K, Zetterström H, Jonsson LO. A new device for administration of nasal continuous positive airway pressure in the newborn: an experimental study. *Crit Care Med* 1988;16(12):1238-1242.
45. Moa G, Nilsson K. Nasal continuous positive airway pressure: experiences with a new technical approach. *Acta Paediatr* 1993;82(2):210-211.
46. Nilsson K, Moa G. Pressure stability at three levels of airway pressure. *Neonatal Intensive Care* 1999;12(3):47-50.
47. Robert M DiBlasi. Nasal Continuous Positive Airway Pressure (CPAP) for the Respiratory Care of the Newborn Infant. *Respiratory Care* 2009; 54(9):1209-1235.
48. Migliori C, Motta M, Angeli A, Chirico G. Nasal bilevel vs. continuous positive airway pressure in preterm infants. *Pediatr Pulmonol* 2005; 40 (5):426-430.

---

Primljeno/Received: 11.01.2019.

Prihvaćeno/Accepted: 20.02.2019.

---

---

**Correspondance to:**

Dr Vesna Veković

Generala Vladimira Kondića 1/20, Beograd, Srbija

Mob-0601325051

Email- vesna.vekovic@gmail.com;

---