



## Poteškoće disanja u djece

### Breathing difficulties in children

Marija Radonić

<sup>1</sup> Opća bolnica Dubrovnik, Dubrovnik

#### Ključne riječi

ZATAJENJE DISANJA; DJECA;  
HIPOKSIIJA; NEINVAZIVNA VENTILACIJA

#### Keywords

RESPIRATORY FAILURE; CHILDREN;  
HYPOXIA, NONINVASIVE VENTILATION

**SAŽETAK.** Cilj ovog članka jest dati uvid u definiciju, uzroke, patofiziologiju, etiologiju, procjenu i liječenje akutnoga respiratornog zatajenja u djece. Bolesti dišnog sustava jedan su od najčešćih razloga zbog kojih djeca trebaju medicinsku pomoć. Zatajenje disanja definira se nesposobnošću fizioloških kompenzacijskih mehanizama da osiguraju dostatnu oksigenaciju i uklanjanje ugljikova dioksida, dok su među uzrocima zatajenja disanja najčešće bolesti plućnog parenhima, opstrukcija dišnih putova i neuromuskularna disfunkcija. Prestanak disanja u djece najčešće prethodi prestanku rada srca, stoga je neobično važno na vrijeme prepoznati znakove početnog zatajenja disanja i brzinu njegova pogoršanja uz istodobnu primjenu postupaka liječenja. U posljednje vrijeme značajan uspjeh u liječenju postiže se neinvazivnom ventilacijom.

**SUMMARY.** The aim of this article is to provide insight into the definition, causes, pathophysiology, etiology, assessment and treatment of acute respiratory failure in children. Diseases of the respiratory system are one of the most common reasons why children need medical assistance. It is defined by incapacity of physiological compensatory mechanisms to ensure sufficient oxygenation and removal of carbon dioxide. The most common causes of respiratory failure are diseases of the lung parenchyma, airway obstruction and neuromuscular dysfunction. The cessation of breathing in children usually precedes the cessation of the heart, therefore it is extremely important to recognize the signs of initial respiratory failure and the speed of its deterioration with the simultaneous application of treatment procedures. Recently, significant success in treatment has been achieved with non-invasive ventilation.

Bolesti dišnog sustava jedan su od najčešćih razloga zbog kojih djeca trebaju medicinsku skrb. One čine gotovo 10% svih razloga za posjet hitnoj pedijatrijskoj službi i odgovorne su za jedan od pet prijema na pedijatrijske odjele.<sup>1</sup> Prestanak disanja jedan je od deset glavnih uzroka smrti u pedijatrijskoj populaciji, a posljednjih desetljeća bilježi značajan pad smrtnosti u odnosu na pad sveukupne smrtnosti djece do 19 godina.<sup>2,3</sup> Zatajenje disanja nije bolest, nego poremećaj plućne funkcije. Definira se nesposobnošću fizioloških kompenzacijskih mehanizama da osiguraju dostatnu oksigenaciju i uklanjanje ugljikova dioksida, što ima kao ishod nastanak arterijske hipoksemije s hiperkapnijom ili bez nje, pri čemu je  $pO_2 < 60$  mmHg ili 7,99 kPa (na sobnom zraku)  $pCO_2 > 50$  mmHg ili 6,66 kPa, a saturacija arterijske krvi kisikom  $< 90\%$  na sobnom zraku.<sup>4</sup> Praćenje kliničkog stanja i dinamike nalaza važnije je od samoga pojedinačnog mjerenja.

#### Zatajenje disanja – mehanizmi

Tri najvažnije abnormalnosti u izmjeni plinova koje dovode do zatajenja disanja jesu ventilacijsko-perfuzijski nesrazmjer (engl. *V/Q mismatch*), intrapulmonalni mišotok (engl. *shunt*) i alveolarna hipoventilacija.<sup>5,6</sup>

**Ventilacijsko-perfuzijski nesrazmjer** (engl. *V/Q mismatch*) određuje primjerenost izmjene plinova u plu-

ćima. Najčešći je uzrok hipoksemičnoga respiratornog zatajenja; hipoksemija aktivira periferne kemoreceptore koji povećavaju minutnu ventilaciju što održava  $pCO_2$  urednim ili sniženim sve dok se ne iscrpe kompenzacijski mehanizmi, nakon čega dolazi do hiperkapnije i acidoze. Odgovor na terapiju kisikom je dobar, no ukoliko  $pCO_2$  raste uz primjenu 100% kisika treba posumnjati na postojanje pretoka (*shunta*).

**Pretok** (engl. *shunt*): u uvjetima niskoga parcijalnog tlaka kisika dolazi do vazokonstrukcije plućnih kapilara i preusmjeravanja krvi u kapilare bolje ventiliranih alveola. Međutim, krv u kapilarama bolje ventiliranih alveola već će biti maksimalno zasićena kisikom, stoga pojačana ventilacija neće dovesti do pojačane oksigenacije, što će se klinički odraziti kao hipoksemija rezistentna na terapiju kisikom. Ukoliko se vazokonstrukcija javi u 50% parenhima pluća, uz hipoksemiju bit će prisutna i hiperkapnija.

**Alveolarna hipoventilacija** označuje promjenu  $PO_2$  i  $PCO_2$  za jednake apsolutne iznose, ali u suprotnom smjeru. Najčešći uzroci uključuju depresiju SZS-a, ne-

#### Adresa za dopisivanje:

Prim. mr. sc. Marija Radonić, dr. med., <https://orcid.org/0000-0002-7297-6761>,  
Opća bolnica Dubrovnik, Dr. Roka Mišetića 2, 20000 Dubrovnik,  
e-pošta: [radonic.marija@gmail.com](mailto:radonic.marija@gmail.com)

TABLICA 1. UZROCI TIPA I (NORMOKAPNIJSKOG, NE VENTILACIJSKOG) RESPIRACIJSKOG ZATAJENJA\*  
TABLE 1. CAUSES OF TYPE 1 (NORMOCAPNIC, NON VENTILATORY) RESPIRATORY FAILURE

<b>Abnormalnosti ventilacije/perfuzije / Ventilation/perfuzion abnormalities</b>
Plućni edem, aspiracija mekonija, upala pluća / Pulmonary edema, meconium aspiration, pneumonia
<b>Pretoci / Shunts</b>
Cijanotična kongenitalna srčana bolest: desno-lijevi pretok / Cyanotic congenital heart disease; right to left shunts
Intrapulmonalni pretoci: alveole se ventiliraju, ali se ne koriste (pneumonija, ARDS) / Intrapulmonary shunts: alveoli are ventilated but not perfused (pneumonia, ARDS)
<b>Abnormalnosti difuzije / Diffusion Abnormalities</b>
Intersticijska fibroza / Interstitial fibrosis
<b>Neadekvatan sustavni protok krvi / Inadequate Systemic Blood Flow</b>
Neadekvatan minutni volumen srca: šok, kardiomiopatija / Inadequate cardiac output; shock, cardiomyopathy
<b>Neadekvatan kapacitet prijenosa kisika / Inadequate Oxygen Carrying Capacity</b>
Abnormalni hemoglobin (methemoglobinemija, trovanje cijanidom), teška anemija / Abnormal hemoglobin (methemoglobinemia, cyanide poisoning), severe anemia
<b>Neadekvatan stanični unos/iskorištavanje kisika / Inadequate Cellular Uptake/Utilization of Oxygen</b>
Trovanje cijanidom / Cyanide poisoning

\* Ovo nije sveobuhvatan popis. Navedena su najčešća stanja. Preuzeto iz: Mace SE. The Pediatric Patient with Acute Respiratory Failure: Clinical Diagnosis and Pathophysiology. Paediatric Emergency Medicine Reports 2001. <https://www.reliasmedia.com/articles/68532-the-pediatric-patient-with-acute-respiratory-failure-clinical-diagnosis-and-pathophysiology>

uromišićne bolesti, opstrukciju dišnih putova (strano tijelo, angioedem, laringitis).

Drugi način pristupa respiracijskom zatajenju temelji se na dva obrasca abnormalnosti plinova u krvi, temeljno prema razini pCO<sub>2</sub>.

**Respiracijsko zatajenje tipa I, normokapničko ili neventilacijsko zatajenje** rezultat je lošeg odnosa plućne ventilacije i perfuzije; ovo dovodi do izvankardijalnog miješanja venske i arterijske krvi. Karakterizira ga arterijska hipoksemija s normalnim ili niskim arterijskim pCO<sub>2</sub>.<sup>1</sup> Uzroci su navedeni u tablici 1.

**Respiracijsko zatajenje tipa II, hiperkapničko zatajenje** rezultat je neadekvatne alveolarne ventilacije u odnosu na fiziološke potrebe ili povećane proizvodnje CO<sub>2</sub> i karakterizirano je hiperkarbijom i hipoksemijom. Respiracijsko zatajenje tipa II nastaje kada bolest ili ozljeda opterećuje dišni sustav djeteta više od raspo-

ložive snage za obavljanje respiratornog rada.<sup>1</sup> Uzroci su navedeni u tablici 2.

### Razlikujemo akutnu i kroničnu respiracijsku insuficijenciju

#### Akutna respiracijska insuficijencija (ARI)

Akutna respiracijska insuficijencija (ARI) u djece je uvijek hitno stanje i zahtjeva hitnu medicinsku skrb. Pad pO<sub>2</sub> na manje od 7,99 kPa aktivira periferne kemoreceptore i uzrokuje pojačanu ventilaciju, tako da u početku (uz hipoksemiju) možemo naći i hipokapniju. Zamorom mišića smanjuje se veličina alveolarne ventilacije i počinje nakupljanje CO<sub>2</sub> i razvoj acidoze. Acidozu podupire i anaerobni metabolizam nastao zbog hipoksije. Kako se stanje brzo razvija (unutar nekoliko sati), izostaju kompenzacijski mehanizmi povećanog stvaranja bikarbonata u bubrezima. Neće svaka hipoksija dovesti do ARI, tako da je ova dijagnoza prvenstveno klinička, ali svaki porast pCO<sub>2</sub> uz acidozu značit će razvoj ARI.<sup>7</sup>

#### Kronična respiracijska insuficijencija (KRI)

Razlika akutnog i kroničnoga respiratornog zatajenja ogleda se u pojavi kompenzacije i prilagođavanja organizma na postojeće uvjete, budući da je bolest koja je dovela do KRI traje već duže vrijeme. Hipoksija i hiperkapnija lakše se podnose ako su nastale postupno. Mehanizmi kompenzacije koji se javljaju u KRI uključuju eritrocitozu, angiogenezu, hipoksemiju kao poticaj centralnog disanja uz povećano stvaranje bikarbonata. Javlja se kod restriktivnih poremećaja ventilacije, poremećaja difuzije i poremećaja cirkulacije. Kod djece je daleko rjeđa (bronhopulmonalna displazija u dojenčadi, cistična fibroza, neuromuskularne bolesti u starije djece).<sup>4,5,8</sup>

### Osobitosti zatajenja disanja u djece

Mala djeca imaju povećan rizik od razvoja zatajenja disanja zbog osobitosti u anatomiji i fiziologiji dišnih putova.<sup>9,10</sup>

#### Razlike u ekstratorakalnim dišnim putovima

Promjene se odnose na nos, nazofarinks, orofarinks, larinks i subglotično područje traheje.

Novorođenčad i dojenčad u dobi od 2 – 6 mjeseci dišu isključivo na nos, epiglotis se nalazi blizu nazofarinksa, pa nazalna kongestija može u toj dobnoj skupini uzrokovati značajnu dispneju.<sup>11</sup> Veliki jezik ispunjava mali orofarinks, visoki je položaj grkljana u razini kralježaka C3-C4, za razliku od odraslih u kojih se nalazi u razini C6-C7. Epiglotis je veći i horizontalnije postavljen u odnosu na stijenku ždrijela, što može otežavati laringoskopiju. Djeca imaju usko subglotičko područje, oblika stošca s najužim područjem u kri-

TABLICA 2. UZROCI TIPA II (HIPERKAPNIJSKOG) ZATAJENJA DISANJA  
 TABLE 2. CAUSES OF TYPE II (HYPERCAPNIC) RESPIRATORY FAILURE

Alveolarna hipoventilacija / Alveolar hypoventilation	Poremećaji prsnog koša/pleure / Chest wall/Pleura disorders	Bolesti pluća / Lung disease
Neurološki poremećaji / Neurologic disorders	Smanjena popustljivost stijenke prsnog koša / Decreased chest wall compliance	Povećan otpor dišnih putova / Increased airway resistance
Inhibicija središnjeg živčanog sustava (abnormalnosti kontrole) / Central nervous system inhibition (control abnormalities)	Nestabilni prsni koš / "Flail chest"	Bronhiolitis, astma / Bronchiolitis, Asthma
Koma / Coma	Dijafragmalna hernija / Diaphragmal hernia	Smanjena popustljivost pluća / Decreased lung compliance
Predoziranje / Overdose	Teška kifoskolioza / Severe kyphoscoliosis	Fibroza, plućni edem, vaskularne bolesti (poliarteritis) intersticijska bolest (sarkoidoza) / Fibrosis, pleural edema, vascular diseases (polyarthritis) interstitial disease (sarcoidosis)
Bolesti CNS-a / CNS disorders	Poremećaj unutar pleuralnog prostora / Disrupted pleural space	Abnormalnosti ventilacije/perfuzije / Ventilation/perfusion abnormalities
Poremećaji stanica kralježnice/prednjih rogova / Spinal anterior horn cell disorders	Ograničene ekscurzije pluća: pneumotoraks, hemotoraks, pleuralni izljev / Limited movement of lungs; pneumothorax, heamothorax, pleural effusion	Upala pluća / Pneumonia
Trauma vratne kralježnične moždine / Cervical spinal cord trauma	<b>Poremećaj dišnih putova / Airway disorders</b>	Povećana ventilacija mrtvog prostora / Increased dead space ventilation
Mijelitis / Myelitis	Opstrukcija gornjih dišnih putova / Upper airway obstruction	Prekomjerna distenzija alveola / Alveoli overdistention
Bolest perifernih živaca / Peripheral nerve disease	Strano tijelo / Foreign body	Astma, KOPB Asthma, COPD
Guillian Barré	Edem / Edema	Smanjen protok krvi u plućima / Decreased pulmonary blood flow
Poremećaj neuromuskularnog spoja / Neuromuscular junction disease	Infekcija (krup, laringotraheobronhitis, epiglotitis, retrofaringealni apsces) / Infection (croup, laryngotracheobronchitis, epiglottitis, retropharyngeal abscess)	Teška plućna stenoza, plućna hipertenzija / Severe pulmonic stenosis, pulmonary hypertension
Mijastenija gravis / Myasthenia gravis	Kongenitalna laringealna membrana / Congenital web	<b>Povećana proizvodnja ugljičnog dioksida / Increased carbon dioxide production</b>
Lijekovi koji izazivaju paralizu / Paralytic drugs	Subglotična stenoza / Subglottic stenosis	Ubrzan metabolizam / Increased metabolic rate
	Traheomalacija Tracheomalacia	Infekcija / Infection
<b>Poremećaji respiracijske musculature / Respiratory muscle disorders</b>	Opstrukcija donjih dišnih putova (edem, strano tijelo, traheobronhomalacija, tumor) / Lower airway obstruction (edema, foreign body, tracheobronchomalacia, tumor)	Sepsa / Sepsis
Slabost respiracijske musculature / Respiratory muscle failure		Vrućica / Fever
Primarne bolesti mišića (npr. mišićna distrofija, poliomijelitis) / Primary muscle diseases (muscular dystrophy, poliomyelitis)		Opekline / Burns
Zamor disajne musculature (tj. prekomjerni disajni rad) / Respiratory muscle fatigue (i.e. excessive work of breathing)		

Preuzeto iz: Mace SE. The Pediatric Patient with Acute Respiratory Failure: Clinical Diagnosis and Pathophysiology. Paediatric Emergency Medicine Reports 2001. <https://www.reliasmedia.com/articles/68532-the-pediatric-patient-with-acute-respiratory-failure-clinical-diagnosis-and-pathophysiology>

koidnom prstenu, pa i mali edem u tom području može dovesti do klinički značajnog suženja, povećanog otpora dišnih putova i pojačanog disajnog rada. Tu su i nekorogirane anatomske anomalije (npr. rascjep nepca, *Pierre Robin sy*) ili stečene abnormalnosti (npr. subglotična stenoza, laringomalacija/traheomalacija) koje mogu izazvati opstrukciju u inspiriju.

### Razlike u intratorakalnim dišnim putovima

Intratorakalni dišni put i pluća uključuju provodne dišne putove, alveole, intersticij, pleuru, limfatički sustav u plućima i plućnu cirkulaciju.

Broj i veličina alveola rastu s godinama, od 20 milijuna alveola na rođenju do 300 milijuna u dobi od osam godina. Isto tako raste i veličina alveola od 150 – 180 na 250 – 300 um u promjeru. Zbog toga dojenčad i mala djeca imaju relativno malu površinu za izmjenu plinova. Kolateralna ventilacija nije u potpunosti razvijena, Kohnove pore među alveolama i Lambertovi kanali među alveolama i bronhiolima i veze među samim bronhiolima. Ove veze omogućuju alveolama da sudjeluju u izmjeni plinova čak i u kada je distalni dišni put začepljen, a kako su nerazvijene, povećava se sklonost atelektazi u najranijoj dobi. Dišni putovi male djece su uži i kraći nego u odraslih i skloniji opstrukciji. Otpor struji zraka obrnuto je razmjeran četvrtoj potenciji promjera dišnog puta: smanjenje promjera napola izazvat će 16 puta veći porast otpora struji zraka u dišnim putovima. Tako će oteklina sluznice od 1 mm u dojenčetoj traheji čiji je promjer 5 mm rezultirati mnogo većim porastom otpora nego jednaka oteklina sluznice u odraslog u kojega je promjer traheje 10 mm.<sup>12</sup> U dojenčadi je fiziološko suženje lumena bronha u ekspiriju zbog njihove dinamičke kompresije mnogo jače nego u odraslog. Zbog toga svako dodatno suženje bronhiola u dojenčeta, npr. upalnim edemom, može izazvati njihovo zatvaranje u ekspiriju. Bronhioli dojenčeta sklone su zatvaranju u ekspiriju i zbog slaboga elastičnog vlakna okolnih alveola (slabo razvijeno plućno elastično tkivo) i zbog smanjena volumena prsnog koša, npr. u snu. U najranijoj dobi slaba je i potpora hrskavične komponente dišnih putova. Razlike se odnose i na prijevremeno rođene, gdje oštećenje alveola u kroničnoj plućnoj bolesti ili bronhopulmonalna displazija smanjuju plućnu rastezljivost.

Plućne krvne žile obiluju mišićnim tkivom u dojenačkom razdoblju, što povećava tendenciju prema vazokonstrikciji. To može dovesti do desno-lijevog pretoka (*shunt*), otvaranja Botallove duktusa (u ranome novorođenačkom razdoblju), izmijenjenog odnosa ventilacije i perfuzije i dodatne hipoksije.<sup>10,12</sup>

### Razlike u ventilacijskoj funkciji

U ventilaciji sudjeluju nervni sistem (mozak, moždano deblo, kralježnična moždina, periferni živci), respiracijski mišići i prsni koš.

Zbog nezrelosti respiracijskog centra dojenčad i mala djeca sklonija su iregularnom disanju i imaju veći rizik za nastanak apneje. U prva dva mjeseca života postoji paradokсна inhibicija respiracijske funkcije pa se infekcije mogu očitovati apnejom i hipoventilacijom. Respiracijska muskulatura male djece relativno je neefikasna. U djetinjstvu je dijafragma glavni respiracijski mišić, dok interkostalni mišići i pomoćna dišna muskulatura imaju mali udio. Zamor respiracijske muskulature razvija se brzo, što može uzrokovati zatajenje disanja i apneju. Prsni koš male djece je popustljiviji nego u odraslih. Kada postoji opstrukcija dišnih putova i pojačan napor pri udahu, pojačana rastezljivost rezultira značajnim uvlačenjem prsnog koša i znatno manjom efikasnošću disanja. Što god je prsni koš popustljiviji, to je manja potpora održavanju plućnih volumena.<sup>10,12</sup>

### Uzroci zatajenja disanja

Postavljanje dijagnoze zatajenja disanja ovisi uglavnom o organu i o organskom sustavu u kojemu se razvija primarni poremećaj. To može biti bolest samog sustava organa za disanja, središnjega živčanog sustava (SŽS-a), perifernih živaca ili nesposobnosti mišićnog i koštanog sustava. S druge strane, bolesti drugih organskih sustava mogu utjecati na slabljenje funkcije disanja ili poticati kompenzacijske mehanizme disanja.<sup>10,12</sup>

### Bolesti dišnog sustava kao uzrok zatajenja disanja u djece

Uzroci poremećaja mogu biti prirođeni ili stečeni. Oni mogu biti posljedica opstrukcije gornjih ili donjih dišnih putova ili pak nastati zbog alveolarnih i intersticijskih poremećaja u plućima.

### Opstrukcija dišnih putova

Opstrukcija gornjih dišnih putova klinički se očituje hrkanjem, pojačanom salivacijom, otežanim gutanjem, promuklošću, afonijom i znakovima dispneje.

U novorođenačkoj dobi najčešći uzroci opstrukcije jesu nazalna opstrukcija, prirodene anomalije gornjih dišnih putova, uglavnom laringotraheomalacija, kongenitalna subglotična stenoza, ali i kraniofacijalne anomalije, vaskularni prsten, cistični higrom. U dojenčadi i u djece najčešći uzroci stečene opstrukcije gornjih dišnih putova jesu hipertrofija adenoida i krajnika, peritonzilarni apsces, krup, strano tijelo, retrofaringealni apsces, traheitis i edem dišnih putova zbog ozljede, poslijeintubacijska subglotična stenoza ili alergijske reakcije/anafilaksija.

Na opstrukciju u gornjim dišnim putovima uvijek treba misliti u djeteta koje je prethodno bilo zdravo, a koje je u bolnicu došlo sa stridorom, pojačanom salivacijom i otežanim gutanjem.

**Opstrukcija u donjim dišnim putovima** očituje se znakovima dispneje, sipnje i auskultacijski visokoton-skim zvižducima u ekspiriju. Iznenađna sipnja samo na jednoj strani govori u prilog stranom tijelu u donjim dišnim putovima. Simptomi stranog tijela u donjim dišnim putovima mogu se pojaviti i sa zakašnjenjem od nekoliko dana do tjedana od trenutka aspiracije. Ostali uzroci opstrukcije u donjim dišnim putovima uključuju astmu, alergijske reakcije i bronhiolitis. Opstrukciju dišnih putova izaziva i nakupljanje sekreta (npr. zbog upale, infekcije, djelovanja toksina kao što su organofosfati) ili aspiracija tekućine.

### Alveolarne i intersticijske bolesti

Alveolarne i intersticijske bolesti očituju se tahipnejom, kašljem, stenjanjem, sipnjom u prsima, oslabjelim i/ili asimetričnim šumom disanja, šumovima i krepitacijama, s povišenom temperaturom ili bez nje. Bolesti alveola i intersticija uključuju nakupljanje gnojnog sadržaja ili tekućine, kolaps, te strukturne i funkcionalne abnormalnosti.

U novorođenačkoj dobi najčešće su prolazna tahipneja novorođenačeta i aspiracija mekonija.

Pneumonija je najčešći uzrok bolesti donjih dišnih putova u novorođenačadi, dojenčadi i djece. Lokalizirani nalaz mnogo je češći u bakterijskoj pneumoniji, dok je difuzni peribronhitični i intersticijski proces češći u virusnim pneumonijama i pneumonijama uzrokovanim uzročnicima kao što su *Mycoplasma*, *Chlamidia* i *Bordetella pertussis*. SARS (od engl. *severe acute respiratory syndrome*), prvi put opisan 2002. godine, vrsta je atipične pneumonije uzrokovane koronavirusom (SARS-CoV). Najčešći simptomi SARS-a jesu povišena temperatura, tresavica, slabost, mijalgije, kašalj, tahipneja, dispneja i hipoksija.

Aspiracija, krvarenje i plućni edem mogu izazvati nakupljanje tekućine u acinusima i u intersticiju, ali mnogo rjeđe.

Atelektaza nastaje zbog gubitka zraka iz plućnog parenhima kao posljedica virusne pneumonije, bronhospazma, neadekvatne ekspanzije pluća, neuromuskularnih bolesti ili ležanja.

Strukturne ili funkcionalne abnormalnosti uključuju bronhopulmonalnu displaziju, hijalinomembransku bolest ili ARDS, bronhiektazije (najčešće u cističnoj fibrozi), prirođeni ili stečeni emfizem i plućnu fibrozu (obično nakon zračenja ili kemoterapije).

Nekoliko bioloških i kemijskih sredstava koja čine potencijalno terorističko oružje djeluju tako da izazivaju zatajenje disanja. To su inhalacija uzročnika antraksa, plućne kuge, plućne tularemije, melioidoze, stafilokoknog toksina B, te kemijskih tvari klorina i fosgena. Respiracijski su znakovi cijanoza, bol u prsištu, kašalj, hemoptoza, dispneja, tahipneja, stridor, sipnja i krepitacije.

### Promjene vezane za prsni koš i stijenknu prsnoga koša

To su deformacije ili bolesti mišićno-koštanog sustava. One mogu znatno ograničiti širenje pluća, ograničavajući normalnu ventilacijsku funkciju ili pokušaj kompenzacijske ventilacije zbog poteškoća disanja ili drugih sistemnih poremećaja.

Stanja unutar prsnoga koša uključuju zarobljeni zrak kao i procese koji zauzimaju prostor, uključujući tekućine i tumore.

**Pneumotoraks** može biti spontani ili traumatski. Nastaje kad zrak ulazi u pleuralni prostor prodorom kroz prsni koš (otvoreni pneumotoraks) ili zbog rupture pluća kroz visceralnu pleuru (zatvoreni pneumotoraks), pri čemu nastaje kolaps pluća. Pneumotoraks je, uz nespecifične znakove dispneje, uvijek praćen prenapuhanošću prsnoga koša, oslabjelim šumom disanja i hipersonornim plućnim zvukom na strani pneumotoraksa. U tenzijskom se pneumotoraksu vide distenzija jugularnih vena i devijacija traheje na stranu suprotnu od pneumotoraksa. Smanjen je venski povrat krvi u srce pa tako i minutni volumen. Tenzijski je pneumotoraks klinička dijagnoza i stanje koje neposredno ugrožava život i potrebno je odmah učiniti torakocentezu ne čekajući rendgenogram pluća.

**Pleuralni izljevi** najčešći su procesi koji zauzimaju prostor u prsnoj koši. Mogu biti posljedica infekcije, upale, ishemijske, traume, zloćudnih bolesti, zatajenja vitalnih organa, preosjetljivosti na lijekove, opstrukcije u venskom i limfatičnom sustavu. Fizikalnim se pregledom nađu oslabljen šum disanja i pleuralno trenje.

**Tumorozne tvorbe** uključuju kongenitalnu ili traumatsku dijafragmalnu herniju, anomalije jednjaka, benigne ili maligne tumore i vaskularne malformacije.

### Bolesti/promjene kardiovaskularnog sustava

Zatajenje disanja nastaje zbog smanjena minutnog volumena, smanjene saturacije kisikom ili kardijalne dekompenzacije. Znakovi koji upućuju na kardijalni uzrok dispneje jesu cijanoza koja se ne povlači na terapiju kisikom, tahikardija znatnija od očekivane s obzirom na otežano disanje, povećan jugularni venski tlak, galopni ritam ili šum na srcu, povećana jetra i odsutni femoralni pulsevi. Sve može biti posljedica prirođenih ili stečenih srčanih bolesti.

### Ostale bolesti

**Bolesti SŽS-a** očituju se hipoventilacijom ili hiperventilacijom, gubitkom protektivnih refleksa u dišnim putovima ili opstrukcijom zbog gubitka faringealnog tonusa. Ovakva stanja uključuju malformacije, nezrelost središnjega živčanog sustava, infekcije, degenerativne bolesti, tumore, ozljede, moždani udar i otrovanja.

TABLICA 3. BROJ RESPIRACIJA U MINUTI S OBTIROM NA DOB  
TABLE 3. NUMBER OF RESPIRATIONS PER MINUTE ACCORDING TO AGE

Dob (u godinama) / Age (in years)	Broj respiracija u minuti / Number of respirations per minute
< 1 god. (years)	20 – 40
1 – 2 god. (years)	20 – 35
2 – 5 god. (years)	20 – 30
5 – 12 god. (years)	15 – 25
> 12 god. (years)	12 – 24

Preuzeto iz: Introduction. Advanced Paediatric Life Support. A Practical Approach to Emergencies. Sixth Edition. Oxford: Blackwell Publishing; 2016, str. 7.

**Periferne neuromišićne bolesti** uzrokuju slabost mišića ili paralizu, što se vidi kao hipotonija, hipofleksija, slab plač, promuklost, kašalj, plitko i nepravilno disanje.

**Promjene u gastrointestinalnom sustavu** kao perforacija šupljih organa, opstrukcije u trbuhu, kontuzije i hematomi, upale i ascites, kao i tumori, mogu ograničiti pokretljivost ošita. Gastroezofagealni refluks i povraćanje mogu rezultirati aspiracijom.

**Metabolički i endokrini poremećaji** imaju kao posljedicu kompenzacijske promjene u respiracijskom statusu. Metabolička se acidoza očituje dubokim ubrzanim disanjem, a hiperamonijemija izravno potiče respiracijski centar, što se očituje tahipnejom, čiji je ishod primarna respiracijska alkalozna.

**Hematološki poremećaji**, niska koncentracija hemoglobina ili hemoglobin sa smanjenom transportnom aktivnošću te policitemija koja usporava struju krvi uzrok su nedostatne opskrbe tkiva kisikom.

## Dijagnoza

### Anamnestički podatci

U tijeku bolesti potrebna je kratka povijest bolesti pri hitnom zbrinjavanju djeteta. Nakon što se stabilizira djetetovo stanje, uzimaju se detaljni podatci, koji uključuju opis respiracijskih i drugih tegoba, početak i trajanje simptoma, moguće izazivajuće čimbenike, uključujući kontakte s bolesnima, izloženost okolišnim čimbenicima, nedavna putovanja, prijašnje postojanje sličnih simptoma, moguće druge bolesti koje bi mogle uzrokovati zatajenje disanja, alergije, cijepljenja i uporabu lijekova, moguću izloženost sedativima (benzodiazepinima, tricikličkim antidepresivima, narkoticima) ili nedavnu operaciju u općoj anesteziji kao uzrok hipoventilacije.<sup>7,10</sup> Navodimo i nekoliko primjera; bitna je duljina trajanja simptoma, npr. infekcije respiratornim sincicijskim virusom (RSV) pogoršavaju se tijekom prvih 3 – 5 dana. Prisutnost boli upozorava na

pleuritis ili aspiraciju stranog tijela. Tipičan uzrok opstruktivnoga respiratornog zatajenja u dojenčadi i djece jest epiglotitis izazvan infekcijom *Haemophilus influenzae* tipa B, iako se broj oboljelih smanjio vjerojatno zahvaljujući obveznom cijepljenju. Ima li dijete vrućicu ili znakove sepse? Dijete sa simptomima neuromuskularne bolesti ili paralize, npr. bulbarna disfunkcija ukazuje na miasteniju gravis, dok distalna slabost s napredovanjem prema gore može ukazivati na Guillain-Barreov sindrom. Apneja povezana s traumatskom ozljedom ukazuje na ozljedu vratne kralježnične moždine. Ima li dijete u anamnezi epileptičke napade ili je preboljelo moždani udar? Ima li glavobolje? Uz kroničnu hiperkapniju glavobolje se javljaju noću ili nakon buđenja.<sup>6,8</sup>

### Klinički pregled

Djeca često nalaze najpovoljniji položaj za disanje, što za kliničara može biti koristan dijagnostički trag. Djeca s respiratornim distresom obično sjede nagnuta naprijed, što poboljšava snagu pomoćne respiracijske muskulature i omogućava lakše kretanje dijafragme. Fizikalnim pregledom procjenjujemo stupanj zatajenja disanja, a možemo otkriti i mjesto i uzrok zbog kojega je nastalo. Usto, potreban je trajni nadzor kardiorespiracijske funkcije jer se stanje disanja može promijeniti u trenutku. Prate se djetetovo opće stanje, stanje svijesti, broj respiracija i ritam disanja, napor pri disanju, stanje oksigenacije i ventilacije. Sve to daje neposrednu informaciju o ozbiljnosti poremećaja disanja i o mogućem uzroku. Uzbudjenje, nemir, strah i agresivnost mogući su rani znakovi hipoksije, dok je suženo stanje svijesti od somnolencije do kome posljedica teške hipoksije ili hiperkarbije.<sup>1,7,9</sup>

**Palpacijom** prsnog koša i vrata mogu se otkriti krepitacije koje upućuju na supkutani emfizem koji je nastao kao posljedica pneumotoraksa ili pneumomediastinuma.

**Perkusijom** možemo naći hipersonoran plućni zvuk zbog zarobljenoga zraka u plućima, muklinu zbog konsolidacije u plućima, zbog tumora ili pak zbog prisutnosti plueuralne tekućine. Zarobljeni zrak dodatno izaziva niži položaj ošita. Pokreti ošita mogu se mjeriti razlikom u veličini mukline u vrijeme maksimalnog inspirija i maksimalnog ekspirija.

**Auskultacijom** se koristimo uglavnom za lokalizaciju respiracijskih tegoba.

### 1. Disanje – frekvencija i amplituda

Frekvenciju disanja po dobi vidi u tablici 3.<sup>13</sup>

**Tahipneja** (ubrzano i plitko disanje) jedan je od početnih kompenzacijskih mehanizama u hipoksiji i hiperkapniji. Može se pojaviti i pri bolu, strahu, u naporu, ali i kod povišene temperature (porast tjelesne temperature od 1°C iznad normale povećava frekvenciju

disanja za tri udaha), ali tada, u pravilu, nije praćena drugim znakovima dispneje.<sup>13</sup> Iako nije specifična, tahipneja je jedan od najčešćih znakova zatajenja disanja i obično je povezana s bolešću donjih dišnih putova. Tahipneja može biti jedini znak bolesti donjih dišnih putova u djece mlađe od šest mjeseci.

**Polipneja** (ubrzano disanje) kompenzacijski je mehanizam u acidozi.

**Bradipneja** (usporeno disanje) može biti odraz oštećenja centra za disanje u mozgu, povećanoga intrakranijalnoga tlaka, dijabetičke kome ili zamora respiracijske muskulature. Prijeteći je znak prestanka disanja.

**Periodično disanje** fiziološka je pojava u nedonoščadi i u neke novorođenčadi, a obilježeno je periodičnim smanjenjem i povećanjem amplitude disanja, uz povremene kraće (manje od 10 sekundi) prekide disanja. **Kussmaulovo disanje** obilježavaju povećana frekvencija, povećana amplituda disanja, kao i odsutnost stanke između izdisaja i idućeg udisaja. Vidi se u metaboličkoj acidozi, uglavnom u dijabetičkoj ketoacidozi. **Periodično Cheyne-Stokesovo disanje** (respiracije s najprije povećanom, a poslije sniženom amplitudom disanja, koje se izmjenjuju s periodima apneje) vidi se pri nezrelosti SŽS-a u inače zdrave novorođenčadi i u mlađe dojenčadi, uglavnom u vrijeme sna. Osim toga, pojavljuje se pri neadekvatnoj cerebralnoj perfuziji, u ozljedama mozga, pri povećanom intrakranijalnom tlaku i deprimiranju centra za disanje izazvanom narkoticima. **Biotovo ili ataksično disanje** (respiracije nejednake amplitude isprekidane apnejama) upućuje na infekciju, ozljedu mozga i potiskivanje disanja izazvano lijekovima. **Grčevito disanje** nalazimo kao terminalnu pojavu u teško bolesne djece. To su pojedinačni grčeviti, maksimalni udasi sa zadržavanjem daha, između kojih su duga razdoblja apneje, od nekoliko sekundi ili čak minutu-dvije.

**Dispneju** u dojenčadi i predškolske djece procjenjujemo nizom objektivnih znakova kao što su tahipneja, korištenje pomoćne muskulature (uvlačenje juguluma, supraklavikularnih jama, ksifoidnog područja te rebrenih lukova, klimanje glavicom, širenje nosnih krila), paradoksalno disanje ili fenomen ljljačke (prsni se koš uvlači u inspiriju i trbuh se izboči, a u ekspiriju trbuh uvlači i prsni koš odiže) kao znak krajnje dispneje i prijeteći znak zamora respiracijske muskulature; stenjanje u ritmu disanja, kao rezultat kratkotrajnog zatvaranja glotisa prije početka ekspirija i zatim nagloga eksplozivnog otvaranja. Stenjanje otežava pojavu atelektaza u plućima zbog kratkotrajnog povišenja tlaka u dišnim putovima (prisutno u hijalino-membranskoj bolesti u novorođenčadi, a kod pleuropneumonije može biti znak pleuralnog bola).

## 2. Kardiovaskularni znakovi

**Krvni tlak:** Hipotenzija u djeteta je obično kasni i zabrinjavajući nalaz; upućuje na šok, znatno smanjen

minutni volumen i prijeteći kardiorespiracijski zastoj. U praksi se često koristimo određivanjem rekapilari-zacijskog vremena, i ako je dulje od dvije sekunde smatra se produljenim.

**Puls:** Bradikardija u hipoksičnoga djeteta kasni je i često zloslutni prijeteći znak mogućega srčanog zastoja.

Tahikardija i hipertenzija mogu se pojaviti sekundarno zbog povišene razine kateholamina u cirkulaciji.

Galopni ritam ukazuje na disfunkciju miokarda koja dovodi do zatajenja disanja.

**Cijanoza:** Centralna cijanoza vidi se u opstrukciji dišnih putova s poremećenom oksigenacijom, u alveolarnome difuzijskom oštećenju, srčanim grješcima s desno-lijevim pretokom (*shunt*), zatajenju lijevoga srca s plućnim edmom ili u methemoglobinemiji.

Periferna cijanoza uzrokovana je lokalnim promjenama krvnih žila na periferiji s neadekvatnom perfuzijom i vaskularnim zastojem i obično nije povezana sa smanjenjem sistemne saturacije kisikom.

## Dijagnostički testovi

Klinička evaluacija često je sve što je potrebno za dijagnozu etiologije respiratornog distresa. Dijagnostičkim testovima treba se koristiti selektivno na temelju kliničkih nalaza i vjerojatnosti da će rezultati ispitivanja promijeniti liječenje.<sup>6</sup>

**1. Procjena uz krevet:** Djeci s respiratornim tegobama što je prije moguće treba procijeniti saturaciju hemoglobina kisikom pulsnom oksimetrijom. Mjerenje koncentracija ugljikova dioksida na samom kraju izdaha – *end tidal CO2* (EtCO<sub>2</sub>) ili transkutano mjerenje ugljikova dioksida, ako su dostupni, mogu se primjenjivati za procjenu ventilacije.

**2. Laboratorijski testovi:** Opseg laboratorijskih ispitivanja ovisi o težini respiratornog distresa i osnovnoj dijagnozi.

2.1. Djeca s umjerenim respiratornim distresom i jasnom kliničkom dijagnozom koja dobro reagiraju na primijenjenu terapiju (npr. djeca u akutnom pogoršanju astme koja dobro reagiraju na bronhodilatatore i kortikosteroide) obično ne zahtijevaju posebne pretrage.

2.2. Djeca s teškim respiratornim distresom zahtijevaju mjerenje plinova venske ili arterijske krvi kako bi se procijenila ventilacija i točnije odredila oksigenacija.<sup>14</sup> (tablica 4) Neprekidni neinvazivni nadzor oksigenacije i ventilacije mjerenjem koncentracije CO<sub>2</sub> na kraju izdaha može pomoći u procjeni potrebe za dodatnim mjerama, kao što je endotrahealna intubacija. Međutim, mogu biti potrebne i druge pretrage ovisno o kliničkim nalazima (npr. kompletna krvna slika pri sumnji na infekciju ili anemiju, pri čemu će policitemija upućivati na kroničnu hiopksemiju; nalaz glukoze u krvi, elektrolita i plinova u krvi u pacijenta sa sumnjom na dijabetičku ketoacidozu; kulture krvi, urina i

TABLICA 4. INTERPRETACIJA REZULTATA ACIDO-BAZNE RAVNOTEŽE (ABS)

TABLE 4. INTERPRETATION OF ACID BASE BALANCE (ABG) RESULTS

Stanje / Condition	pH	pCO <sub>2</sub>	BE
Akutna respiratorna acidoza ili akutna hipoventilacija / Acute respiratory acidosis or acute hypoventilation	↓	↑	↔
Akutna respiratorna alkalozija ili akutna hiperventilacija / Acute respiratory alkalosis or acute hyperventilation	↑	↓	↔
Akutna ili kronična respiratorna acidoza / Acute or chronic respiratory acidosis	↓	-/↑	↑
Akutna metabolička acidoza s respiratornom kompenzacijom / Acute metabolic acidosis with respiratory compensation	↓	↓	↓
Kronična respiratorna acidoza s metaboličkom kompenzacijom / Chronic respiratory acidosis with metabolic compensation	normalan/blago↓ / normal/slightly↓	↑	↑

↓ = pad; ↑ = porast; ↔ = bez promjene; BE = višak baze (*base excess*)

Preuzeto iz: Phuong V, Kharasch VS. Respiratory failure. *Pediatrics in Review*. 2014;35(11):476–86.

cerebrospinalne tekućine u djeteta s vrućicom i promijenjenim mentalnim statusom pri sumnji na infekciju). Toksikološke pretrage potrebne su kod sumnje na izloženost opijatima.

**3. Slikovne pretrage:** Ovisno o uzroku respiracijskog distresa, slikovne pretrage mogu biti od koristi.

3.1. Radiogram mekih tkiva vrata. Lateralna snimka može identificirati veliki retrofaringealni apsces, traheitis koji uzrokuje stvaranje pseudomembrana, epiglotitis, strano tijelo (metalno, kost).

3.2. Anteroposteriorna snimka (AP) i lateralna snimka prsnog koša mogu lokalizirati i identificirati plućne i srčane uzroke distresa, plućnu konsolidaciju, atelektazu, pleuralni i/ili perikardijalni izljev, obostranu hiperinflaciju, kardiomegaliju.

**4. Ehokardiogram** može biti indiciran u bolesnika s kompromitiranom srčanom funkcijom za dijagnozu strukturalnih i/ili funkcionalnih srčanih poremećaja te dijagnozu perikardijalnog izljeva i srčane tamponade.

**5. Ultrazvuk prsna i trbuha** može biti koristan u dijagnostici plućnih, srčanih i trbušnih uzroka respiratornih problema. Ultrazvuk pluća može dijagnosticirati pneumotoraks, pleuralni izljev, hemotoraks, upale pluća i plućni edem i može olakšati pravodobnu izvedbu torakostome kod tenzijskog pneumotoraksa i/ili postavljanje katetera kod pleuralnog izljeva i hemotoraksa. Ultrazvuk trbuha može identificirati slobodnu tekućinu, razne tvorbe, upalu slijepoga crijeva, intususcepciju, bubrežni kamenac i druge upalne procese koji mogu kompromitirati disanje zbog distenzije trbuha i/ili bola koji ograničavaju respiratorni napor.

**6. Kompjutorizirana tomografija (CT) ili magnetna rezonancija (MRI) vrata, prsa ili trbuha** mogu biti korisni za dijagnosticiranje intratorakalnih i ekstratorakalnih strukturalnih poremećaja, patoloških tvorbi i krvožilnih procesa. Bolesnici s tvorbama u medijastinumu izloženi su riziku od nagloga kardiorespirator-

nog zastoja kada se postave u leđni položaj. U većine bolesnika snimanje se izvodi uz prethodno osiguran dišni put i prisutnost anesteziologa ili pedijatrijskog intenzivista. CT-om se treba koristiti razumno kako bi se smanjilo izlaganje zračenju.

(Doze zračenja: klasični rendgenogram srca i pluća u djece u prosjeku s obzirom na sve dobne skupine – doza od 0,1 mSv je doza zračenja koju bi osoba primila kroz 10 dana u svojoj prirodnoj okolini; CT pluća – doza od 6,1 mSv ili dvije godine izloženosti zračenju u prirodnom okruženju.)<sup>15</sup>

### 7. Bronhoalveolarna lavaža i biopsija pluća

Bronhoalveolarna lavaža (BAL) izvodi se u cilju identifikacije mogućih patogena, virusa, bakterija, acidorezistentnih bakterija, ali i makrofaga s depozitima lipida kod sumnje na ponavljajuće aspiracije te kod plućne hemoragije. U teško bolesne djece izvodi se radi optimiziranja antimikrobne terapije ili kod djece čije se stanje pogoršava i pored primijenjene terapije. Također je od pomoći u dijagnozi niza neinfektivnih stanja, na temelju staničnog profila i drugih sastojaka. S dostupnošću protočne citometrije, analize limfocita i drugih podskupina stanica omogućava bolje razumijevanje imunopatogeneze raznih respiratornih bolesti.<sup>16</sup>

Biopsija pluća provodi se kada BAL nije pomogao u izolaciji patogena, posebno u imunokompromitiranih pacijenata, a to se odnosi na *Aspergillus* sojeve ili pneumocistis. Biopsija pluća može pomoći u dijagnostici sarkoidoze i drugih granulomatoznih bolesti. Međutim, valja naglasiti da je potrebno odvojiti korist za pacijenta u odnosu na moguće komplikacije ovoga invazivnog zahvata.<sup>17</sup>

### Liječenje

Zatajenje disanja u djece uglavnom je reverzibilno. No u djece prestanak disanja najčešće prethodi pre-



stanku rada srca.<sup>7</sup> Zato je neobično važno prepoznati znakove početnog zatajenja disanja i brzinu njegova pogoršanja praćenjem kliničkih i laboratorijskih pokazatelja, uz istodobnu primjenu postupaka liječenja.<sup>18,19</sup>

U slučaju kardiorespiracijskog zastoja mora se započeti kardiopulmonalna reanimacija. Dijete koje je pri svijesti, a inače je bilo zdravo, treba ostaviti s roditeljima u položaju koji je samo zauzelo i pokušati ga dodatno ne uznemiravati, jer strah povećava minutnu ventilaciju i tako utječe na dodatnu potrošnju kisika.

Kod djeteta koje nije pri svijesti prvo je i najvažnije uspostaviti prohodnost dišnog puta otvaranjem dišnog puta podizanjem brade ili donje čeljusti. Nakon otvaranja dišnog puta nježnom aspiracijom počisti se usna šupljina od sekreta, povraćenog sadržaja, krvi i vidljivih stranih tvari.

### Terapija kisikom

Postotak udahnutog kisika ovisi o protoku (0 – 15 L/min) i vrsti aplikatora.<sup>20</sup> Najčešći aplikatori u upotrebi jesu:

- nazalna kanila, učinkovita je primjena s 1 – 4 L/min (suši sluznicu nosa) dok se 2 L/min bolje podnosi, osigurava koncentraciju 24 – 30% i rabi se u bolesnika s minimalnom potrebom za kisikom, obična maska za usta i nos, omogućuje protok od 5 – 10 L/min s koncentracijom kisika 30 – 40%, prednost joj je što se lako postavlja, ali i nedostatak što se teže podnosi
- Venturijeva maska, pokriva usta i nos, s nekoliko manjih otvora za izlazak izdahnutog i suvišnog zraka; omogućuje protok kisika od 2, 4, 8 ili 15 L/min i osigurava koncentraciju kisika od 24%, 28%, 35%, 40% i 60%
- maska s nemogućnosti ponovnog udaha izdahnutog zraka (*non-rebreather mask*), omogućuje protok od 15 L/min i osigurava koncentraciju kisika 85 – 90%, koristi se kod akutno teško bolesnih
- šator za davanje kisika, s protocima od 0 – 15 L/min.

### Ekstratorakalna podrška dišnim putovima

Kod djelomične opstrukcije gornjih dišnih putova zbog otoka mekih tkiva postavi se nazofaringealna cjevčica (*airway*). Njeno postavljanje kontraindicirano je kod sumnje na frakturu lubanje. U bolesnika bez svijesti postavi se orofaringealna cjevčica (*airway*) kako bi se osigurao prolaz zraka.<sup>10</sup> U djece u koje se ne može održavati prohodnost dišnih putova, ili se ne mogu uspostaviti dodatna ventilacija i oksigenacija, bit će potrebna endotrahealna intubacija.

Za ekstratorakalnu opstrukciju dišnih putova, kao kod krupa, mogu biti od pomoći sljedeće mjere: racemični epinefrin 2,25% (vazokonstriktor u obliku aero-

sola) ili ekvivalentna doza L-epinefrina; sistemski kortikosteroidi za smanjenje edema dišnih putova; *Heliox* (mješavina plinova helija i kisika) za smanjenje disajnog rada; inhalacije ovlaženog zraka za razrjeđivanje sekreta; nebulizirana hipertonična (3%) NaCl.

*Heliox* ima koncentraciju helija od 60 – 80% i stoga ima nižu gustoću od zraka; poboljšava disanje smanjujući turbulentno strujanje zraka kroz sužene dišne putove. Ograničavajući čimbenik u korištenju *Helioxa* jest to što obično sadrži kisik u istoj koncentraciji kao i sobni zrak, pa nije pogodan za pacijente kojima trebaju veće koncentracije kisika.<sup>6</sup>

### Metode neinvazivne potpore disanju

Oblici neinvazivne potpore disanju su nosna kanila visokog protoka (HFNC, engl. *high flow nasal cannula*), kontinuirani pozitivni tlak u dišnim putovima (CPAP, engl. *continuous positive airway pressure*) i dvofazna ventilacija pozitivnim tlakom (BiPAP, engl. *bilevel positive pressure*).

1. HFNC se pokazala kao sigurna, podnošljiva, dostupna/prijenosna i lako upravljiva neinvazivna ventilacijska podrška u djece s respiratornim zatajenjem, kao i održiva alternativa nazalnom kontinuiranom pozitivnom tlaku u dišnim putovima (nCPAP).<sup>21</sup> HFNC pomaže pri akutnom zatajenju disanja jer osigurava visoku koncentraciju kisika u udahnutom volumenu FiO<sub>2</sub> (engl. *fraction of inspired oxygen*) u liječenju hipoksije i osigurava pozitivan tlak u alveolama i malim dišnim putovima, čime se smanjuje rad disanja. Indikacije za primjenu HFNC-a u djece su akutni bronhiolitis, astma, prirodene srčane bolesti, opstruktivska apneja, pneumonija.<sup>20</sup> Temperatura, protok plina i udio udahnutog kisika (FiO<sub>2</sub>) tri su neovisna parametra koja se moraju prilagoditi na temelju karakteristika djeteta kao pacijenta. Zrak koji se u visokom protoku primjenjuje preko nosne kanile ugrijan je na 34°C (u rasponu od 34 – 37°C) i ovlažen, čime se smanjuju komplikacije (ozljeda nosa, pneumotoraks) i osjećaj nelagode u bolesnika. Protok plina je do 60 L/min (temeljen na tjelesnoj težini: 1 – 2 L/kg/min) uz postavke FiO<sub>2</sub> (koncentracija kisika u udahnutom volumenu) koja osigurava postizanje saturacije od 95 – 97%.<sup>22</sup>

2. CPAP (engl. *continuous positive airway pressure*) osigurava kontinuirani pozitivni tlak u dišnim putovima tijekom cijelog ciklusa disanja i njegovom se primjenom mali dišni putovi održavaju otvorenima, što povećava funkcionalni rezidualni kapacitet (FRC), pridonosi povećanju popustljivosti, olakšava udisaj i time poboljšava oksigenaciju.<sup>23</sup>

3. BiPAP (engl. *bilevel positive pressure ventilation*) jest sinkronizirani oblik ventilacije koji osigurava dva tlaka: inspiratorni tlak koji pomaže pri ventilaciji i kontinuirani pozitivni tlak na kraju ekspiriraja. CPAP i BiPAP se primjenjuju preko maske koja prekriva nos i

usta i ne sprječavaju mogućnost aspiracije sekreta ili povraćenog sadržaja.<sup>23</sup> Nedostaci neinvazivne ventilacije uključuju odgađanje početka mehaničke ventilacije putem endotrahealnog tubusa, moguću distenziju želuca, s posljedičnom aspiracijom.<sup>24</sup> Dugotrajno nošenje maski za lice može dovesti do začepjenosti nosa, crvenila lica, iritacije oka ili ulceracije na korijenu nosa. Ako povremeno oslobađanje od maske za lice ili nosnih nastavaka nije moguće na nekoliko dana, potrebno je pribjeći trahealnoj intubaciji.

### Endotrahealna intubacija i konvencionalna mehanička ventilacija

Endotrahealna intubacija povremeno je potrebna za održavanje prohodnosti dišnih putova u određenim slučajevima (npr. epiglotitis, opekline dišnih putova, opstrukcija dišnih putova, nemogućnost uklanjanja sekreta, rizik od aspiracije i apneja). Endotrahealni tubusi s *cuffom*/manžetama obično se preferiraju u odnosu na endotrahealne tubuse bez manžeta u pedijatrijskoj populaciji, nakon dojenačke dobi.<sup>25</sup> Odabir odgovarajuće veličine endotrahealnog tubusa:

- otprilike veličina petog prsta pacijenta (smjernica uz krevet ili na terenu)
- kod djece starije od jedne godine može se koristiti sljedeća formula: veličina tubusa (u milimetrima) = (dob u godinama/4+4).<sup>13</sup>

Važno je postaviti endotrahealni tubus odgovarajućeg promjera kako bi se optimizirala ventilacijska podrška. Najpouzdanija metoda potvrde postavljanja endotrahealnog tubusa jest kolorimetrijska detekcija CO<sub>2</sub> na kraju intubacije. Koristimo se i radiografskom potvrdom, s distalnim vrhom idealno postavljenim na sredini iznad karine.<sup>6</sup>

Priprema za endotrahealnu intubaciju uključuje (pomoć mnemotehnike MSOAPP):

- M – monitori (otkucaji srca, krvni tlak, pulsna oksimetrija, kapnografija za detekciju CO<sub>2</sub>)
- S – sukcija/aspiracija i kateteri
- O – oksigenacija maskom s vrećicom-ventilom
- A – aparatura (laringoskop, endotrahealni tubusi primjereni dobi bolesnika i pola veličine, manji i veći, stileti, oralni dišni putovi)
- P – *pharmacy*/lijekovi (lijekovi za amneziju i paralizu)
- P – *personnel*/osoblje (respiratorni terapeut, medicinska sestra)

### Konvencionalna mehanička ventilacija

Konvencionalna mehanička ventilacija predstavlja temelj liječenja akutne hiperkapnije i teške hipoksemije. Ona povećava minutnu ventilaciju i smanjuje mrtvi prostor. Konvencionalna mehanička ventilacija mobilizira pluća, povećava srednji tlak u dišnim putovima i

funkcionalni rezidualni kapacitet te smanjuje pojavu atelektaze između udaha.<sup>6</sup>

Među ostalim modalitetima ventilacije kod djece izdvajamo visokofrekventnu oscilatornu ventilaciju (*high frequency ventilatory oscillation*, HFOV).

Ovaj modalitet ventilacije koristan je kod stanja u kojima postoji veliki rizik od volumske traume, npr. u novorođenčadi i kada su ostali modaliteti ventilacije neuspješni, npr. u slučaju refraktorne hipoksemije. Nedostatak ovog modela jest potreba za dubokom sedacijom i relaksacijom.<sup>26</sup>

### Dodatna terapija za tešku hipoksiju

#### Potrbušni položaj

Potrbušni položaj smanjuje popustljivost torakoabdominalnog područja i može uzrokovati preraspodjelu protoka krvi, poboljšavajući odnos ventilacije i perfuzije. Međutim, nema dokaza da ovaj položaj utječe na duljinu liječenja na mehaničkoj ventilaciji, na duljinu oporavka i smrtnost kod djece s akutnom ozljedom pluća.<sup>27</sup>

#### Primjena dušikovog oksida

Dušikov oksid (NO) je endogeni slobodni radikal koji posreduje u opuštanju glatkih mišića cijelog tijela. Kada se isporučuje putem inhalacije, potencijalna korist NO-a je poboljšanje usklađivanja ventilacije i perfuzije povećanjem plućnog protoka krvi u dobro ventiliranim dijelovima pluća. Ova terapija je relativno sigurna jer ga hemoglobin brzo inaktivira i jer ne uzrokuje sustavnu vazodilataciju koja dovodi do hipertenzije.

Inhalirani NO se proučava za upotrebu kod tipa I respiratornog zatajenja; 1999. Američka agencija za hranu i lijekove, *Food and Drug Administration* (FDA) odobrila je njegovu upotrebu u novorođenčadi s hipoksičnim respiratornim zatajenjem i dokazima plućne hipertenzije.<sup>28</sup>

#### Primjena egzogenog surfaktanta

Surfaktant je endogeni kompleks lipida i proteina koji oblaže stijenke alveola i potiče stabilnost alveola smanjenjem površinske napetosti. Relativni nedostatak surfaktanta i njegova inaktivacija mogu biti posljedica mnogih plućnih bolesti.

Neonatalni respiratorni distress sindrom (RDS) najčešća je indikacija za primjenu surfaktanta. Još uvijek se istražuje njegova uloga u teškim ozljedama pluća u drugim dobnim skupinama i kod odraslih. Jedna od prepreka primjeni surfaktanta jest potreba za endotrahealnom intubacijom, međutim prema rezultatima jedne nedavne studije surfaktant se može uspješno primijeniti postavljanjem laringealne maske, umjesto endotrahealne cijevi.<sup>29</sup>

## Zaključak

Zatajenje disanja definira se nesposobnošću fizioloških kompenzacijskih mehanizama da osiguraju dostatnu oksigenaciju i uklanjanje ugljikova dioksida, što ima kao ishod nastanak arterijske hipoksemije s hiperkapnijom ili bez nje. Uzroci zatajenja disanja mogu biti unutar dišnog sustava, ili unutar organskih sustava koji nadziru disanje ili utječu na njega; tri najčešća uzroka su opstrukcija dišnih putova, bolest plućnog parenhima i neuromuskularna disfunkcija. Prestanak disanja u djece najčešće prethodi prestanku rada srca, stoga je neobično važno prepoznati znakove početnog zatajenja disanja i brzinu njegova pogoršanja praćenjem kliničkih i laboratorijskih pokazatelja, uz istodobnu primjenu postupaka liječenja. Liječenje zatajenja disanja ima za cilj brzu uspostavu adekvatne oksigenacije i ventilacije. U liječenju se sve više koriste neinvazivni oblici ventilacije, međutim u teškim slučajevima može biti potrebna intubacija i mehanička ventilacija. Kako zatajenje disanja nije bolest, nego poremećaj plućne funkcije, izlječenje se postiže liječenjem osnovne bolesti koja je dovela do poremećaja disanja.

## POPIS KRATICA KORIŠTENIH U TEKSTU

ABS: acidobazni status  
 ARDS/RDS: akutni respiratorni distress sindrom/respiratorni distress sindrom  
 ARI/KRI: akutna respiracijska insuficijencija/kronična respiracijska insuficijencija  
 BAL: bronhoalveolarna lavaža  
 BiPAP (engl. *bilevel positive pressure*): dvofazna ventilacija pozitivnim tlakom  
 C3, C4, C6, C7 – cervikalni kralješci 3., 4., 6., 7.  
 CT: kompjuterizirana tomografija  
 CPAP/nCPAP (engl. *continuous positive airway pressure*): kontinuirani pozitivni tlak u dišnim putovima/nazalni kontinuirani pozitivni tlak u dišnim putovima  
 FDA (engl. *Food and Drug Administration*): Agencija za hranu i lijekove  
 HFNC (engl. *high flow nasal cannula*): terapija visokim protokom putem nosne kanile  
 HFOV (engl. *high frequency ventilatory oscillation*): visokofrekventna oscilatorna ventilacija  
 MRI: magnetna rezonancija  
 mSv: milisivert – mjerna jedinica ionizirajućeg zračenja  
 NO: dušikov oksid  
 pCO<sub>2</sub>: parcijalni tlak ugljičnog dioksida  
 pO<sub>2</sub>: parcijalni tlak kisika  
 SARS (od engl. *severe acute respiratory syndrome*): teški akutni respiratorni sindrom  
 SŽS: središnji živčani sustav  
 V/Q mismatch (engl.): ventilacijsko-perfuzijski nesrazmjer

## LITERATURA

1. Mace SE. The Pediatric Patient with Acute Respiratory Failure: Clinical Diagnosis and Pathophysiology. Paediatric Emergency Medicine Reports 2001. <https://www.reliamedia.com/articles/68532-the-pediatric-patient-with-acute-respiratory-failure-clinical-diagnosis-and-pathophysiology>
2. Panickar JR, Dodd SR, Smyth RL, Couriel JM. Trends in deaths from respiratory illness in children in England and Wales from 1968 to 2000. Paediatric Lung disease. Thorax. 2005; 60:1035–8. doi: 10.1136/thx.2005.044750.
3. Jason E, Goldstick JE, Cunningham RM, Carter PM. Current Causes of Death in Children and Adolescents in the United States. N Engl J Med. 2022;386:1955–6. <https://www.nejm.org/doi/full/10.1056/nejmc220176>.
4. Koutsoukou A, Roussos C. Respiratory failure. Eur Respir J. 2003;22Suppl 47:3–4.
5. Tudorić N, Samaržija M. Bolesti dišnog sustava. U: Vrhovac B, Jakšić B, Reiner Ž, Vucelić B. Interna medicina. 4. izd. Zagreb: Ljevak; 2008, str. 643–718.
6. Springer C, Priestley MA. Pediatric Respiratory Failure. Drugs & Diseases, Pediatrics: Cardiac Disease and Critical Care Medicine. <https://emedicine.medscape.com/article/908172.6>
7. Hammer J. Acute respiratory failure in children. Paediatr Respir Rev. 2013;14(2):64–9.
8. Faroux B. Chronic respiratory failure in children. Evaluation and management. Rev Mal Respir. 2001;18:644–9.
9. Radonić M, Mihatov Štefanović I. Teškoće disanja. U: Meštović J i sur. Hitna stanja u pedijatriji. 3. izd. Zagreb: Medicinska naklada; 2022, str. 272–88.
10. Mardešić D, Tješić Drinković D. Bolesti dišnih organa. U: Pedijatrija. 8. dopunjeno izdanje. Zagreb: Školska knjiga; 2016, str. 1092–1179.
11. Bergeson PS, Shaw JC. Are Infants Really Obligatory Nasal Breathers? Clin Pediatr. 2001;40:567–9. <https://doi.org/10.1177/000992280104001006>
12. Bakran I, Žuškin E. Poremećaj disanja. U: Gamulin S, Marušić M, Kovač Z i sur. Patofiziologija. 8. izd. Zagreb: Medicinska naklada; 2005, str. 903–28.
13. Introduction. U: Advanced Paediatric Life Support. A Practical Approach to Emergencies. Sixth Edition. Oxford: Blackwell Publishing; 2016, str. 7.
14. Phuong V, Kharasch VS. Respiratory failure. Pediatrics in Review. 2014;35(11):476–86.
15. Radiation Dose from X Ray and CT exams. <https://www.radiologyinfo.org>.
16. De Blic J, Midulla F, Barbato A. Bronchoalveolar lavage in children. Guideline 2000. <https://www.ers-education.org/lr/show-details/?idP=37498>
17. Naiditch JA, Barsness KA, Rothstein DH. The utility of surgical lung biopsy in immunocompromised children. J Pediatr. 2013 Jan;162(1):133–6.
18. The child with breathing difficulties. U: Advanced Paediatric Life Support. A Practical Approach to Emergencies. Sixth Edition. Oxford: Blackwell Publishing; 2016, str. 49–66.
19. Weiner DL. Acute respiratory distress in children: Emergency evaluation and initial stabilization. uptodate.com [Internet]. Last updated Jun 30, 2022.
20. Oxygen Delivery Devices. <https://oxfordmedicaleducation.com/prescribing/oxygen-delivery/>

21. *Abadesso C, Nunes P, Silvestre C, Matias E, Loureiro H, Almeida H.* Non-invasive ventilation in acute respiratory failure in children. *Pediatr Rep.* 2012;4(2):57–63. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3395974/>
22. *Venanzi A, Di Filippo P, Santagata C, Di Pillo S, Chiarelli F, Attanasi M.* Heated humidified high-flow nasal cannula in children: state of the art. *Biomedicines.* 2022;10(10): 2353. <https://doi.org/10.3390/biomedicines10102353>
23. *Wang Z, † He Y, † Zhang X, Luo Z.* Non-Invasive Ventilation Strategies in Children With Acute Lower Respiratory Infection: A Systematic Review and Bayesian Network Meta-Analysis. *Front Pediatr.* 2021;9:749975. <https://doi.org/10.3389/fped.2021.749975>
24. *Harwayne-Gidansky I, Emeriaud Guillaume MA, Nishisaki A.* Noninvasive Ventilation for Pediatric Acute Respiratory Distress Syndrome: Is It Worth the Risk? *Critical Care Medicine.* 2021;49(5):873–5.
25. *Sathyamoorthy M, Lerman J, Okhomina VI, Penman AD.* Use of cuffed tracheal tubes in neonates, infants and children: a practice survey of members of the Society of Pediatric Anesthesia. *J Clin Anesth.* 2016;33:266–72.
26. High Frequency Oscillatory Ventilation: a guide to the use of HFOV in the neonates. NMSGGC. <https://clinicalguidelines.scot.nhs.uk/nmsggc-guidelines/nmsggc-guidelines/neonatology/high-frequency-oscillatory-ventilation-hfov-a-guide-to-the-use-of-hfov-in-the-neonate/> Guidelines. Last reviewed 10 October 2020.
27. *Curley MA, Hibberd PL, Fineman LD, Wypij D, Shih MC, Thompson JE i sur.* Effect of prone positioning on clinical outcomes in children with acute lung injury: a randomized controlled trial. *JAMA.* 2005;294(2):229–37.
28. *Hunt JL, Bronicki RA, Anas N.* Role of Inhaled Nitric Oxide in the Management of Severe Acute Respiratory Distress Syndrome. *Front Pediatr.* 2016;4. <https://doi.org/10.3389/fped.2016.00074>
29. *Attridge JT, Stewart C, Stukenborg GJ, Kattwinkel J.* Administration of rescue surfactant by laryngeal mask airway: lessons from a pilot trial. *Am J Perinatol.* 2013 Mar;30(3):201–6.