

# Vaikų kvėpavimo nepakankamumo ypatumai

Evelina Paliokaitė<sup>1</sup>, Rimantas Kėvalas<sup>2</sup>

<sup>1</sup> LSMU MA Intensyviosios terapijos klinika, <sup>2</sup> LSMU MA Vaikų intensyviosios terapijos skyrius

**Reikšminiai žodžiai:** vaikų kvėpavimo takų anatomija, kvėpavimo funkcijos sutrikimas, kvėpavimo nepakankamumas, vaikų kvėpavimo nepakankamumo gydymo taktika.

**Santrauka.** Kvėpavimas – sudėtingas, daugelį organų sistemų apimantis procesas, kurio pagrindinis tikslas yra patenkinti organizmo deguonies poreikius bei pašalinti anglies dvideginį. Vaikų kvėpavimo fiziologija bei kvėpavimo takų anatomija skiriasi nuo suaugusiųjų. Šie skirtumai paaiškina, kodėl pagrindinės vaikų mirštamumo priežastys susijusios su kvėpavimo organų sistema. Kvėpavimo funkcija gali sutrikti dėl plaučių ar kitų organų ligų bei peraugti į kvėpavimo nepakankamumą. Pagrindinis kvėpavimo nepakankamumo gydymo principas – deguonies tiekimas.

Kvėpavimo sistemos sutrikimai – aktuali problema pediatrijoje. Literatūros duomenimis, dėl kvėpavimo sutrikimo į vaikų priėmimo skyrių atvyksta 10–20 proc. pacientų [1], o penktadaliui ligoninėse gydomų vaikų diagnozuojamas kvėpavimo nepakankamumas. Šis skaičius vaikų intensyviosios terapijos skyriuose dar grėsmingesnis: čia dėl kvėpavimo nepakankamumo patenka kas antras ligonis [2]. Dažniausia vaikų mirties priežastis – kvėpavimo sustojimas. Sėkminga gaivinimo baigtis įvykus apnėjai, kai širdis dar dirba, tikėtina 75 proc. atvejų. Išsivysčius asistolijai, atgaivinti pavyksta tik iki vienuolikos nuošimčių vaikų [3].

Kvėpavimas – tai sudėtingas, daugelį organų sistemų apimantis procesas, kurio pagrindinis tikslas yra patenkinti organizmo deguonies (O<sub>2</sub>) poreikius (oksigenacija) bei pašalinti anglies dvideginį (CO<sub>2</sub>) (ventiliacija). Antrinės kvėpavimo sistemos funkcijos: šarmų ir rūgščių pusiausvyros palaikymas bei virpamojo epitelio atliekama organizmo apsauga [1]. Plaučiuose vyksta angiotenzino I virsmas angiotenzinu II, plaučių kapiliaruose gausu hepariną gaminančių ląstelių, čia neveikliomis virsta vazosaktyvios medžiagos, pvz., bradikininas, plaučių kraujotakoje sunaikinama didžioji dalis tromboembolų [4].

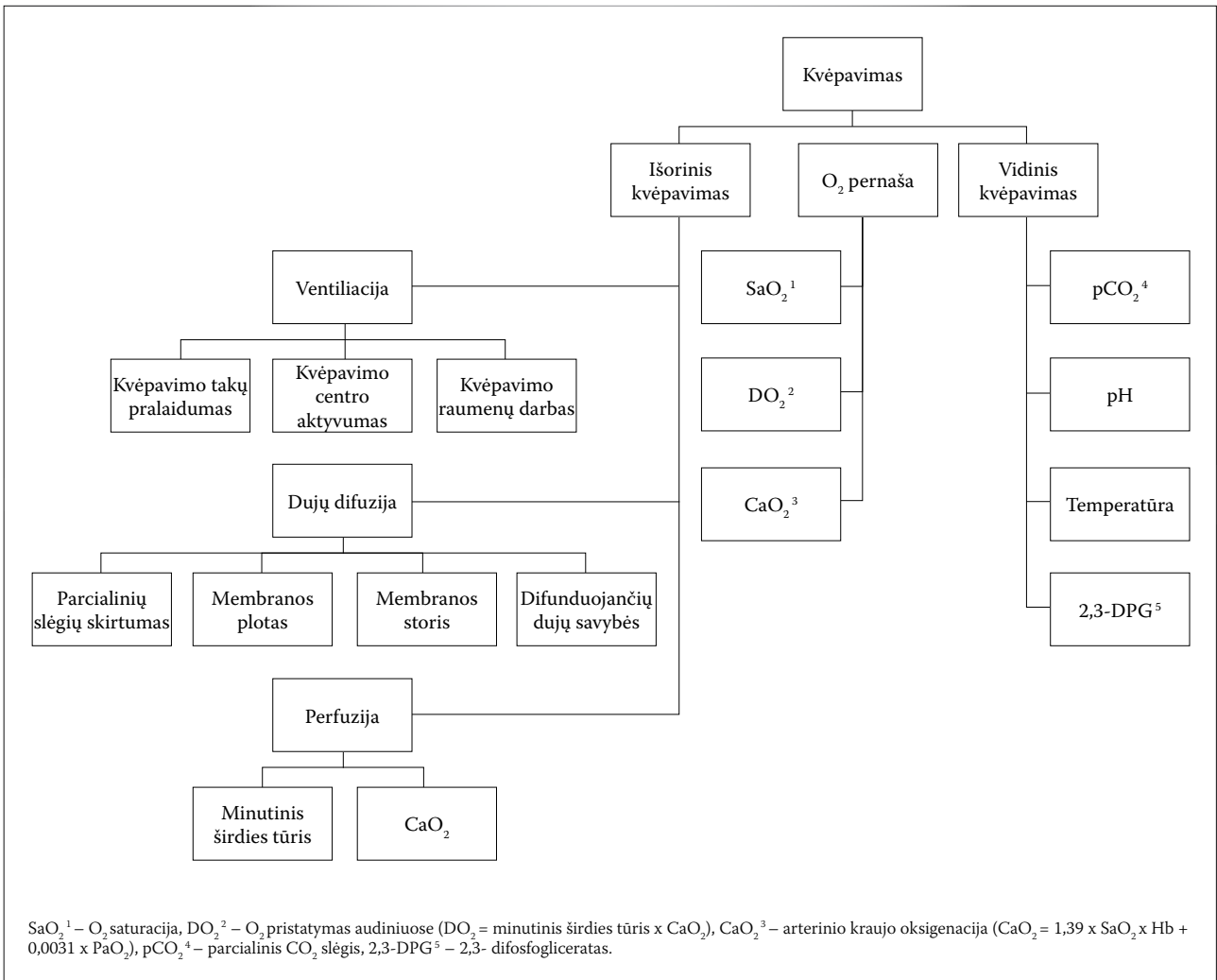
Glaudus plaučių ir širdies ryšys ne tik anatominiu,

bet ir funkciniu aspektu yra akivaizdus. Tačiau toks požiūris susiformavo santykinai neseniai. Britų fiziologas Ernest Henry Starling 20 a. pradžioje manė, jog kvėpavimo organų hemodinaminiai pokyčiai neturi įtakos dešiniųjų širdies dalių atliekamam darbui stumiant kraują į kairiąsias. Daugelį metų į plaučių kraujotaką nekreipta tinkamo dėmesio ir manyta, jog plaučių ligos svarbios tik dėl to, kad sutrikdo kraujo oksigenacijos procesą. Vėliau atliktais tyrimais nustatyta, kad keisdamos krūtinės ląstos mechanines jėgas plaučių parenchimos ligos gali turėti reikšmingos įtakos cirkuliacijai, o skilvelių disfunkciją sąlygojančių širdies ligų padariniai gali pasireikšti tiek plaučių kraujo tėkmės, tiek ir intratorakalinio slėgio pakitimu, darančiu tiesioginį poveikį širdies veiklai [1].

## PATOLOFIZIOLOGIJA

Kvėpavimą sudaro neatsiejama procesų grandinė: išorinis kvėpavimas, O<sub>2</sub> pernaša bei vidinis kvėpavimas (1 pav.).

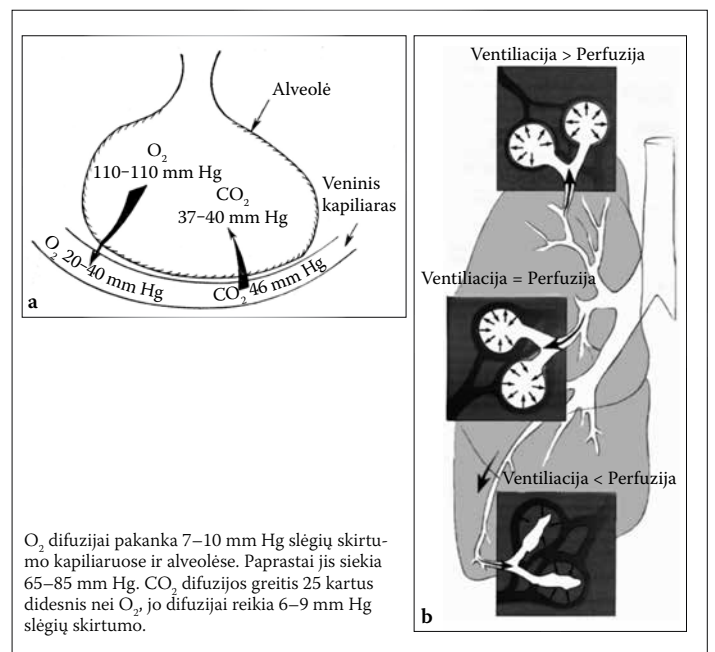
Išorinis kvėpavimas – tai mechaninis darbas, t. y. diafragmos ir tarpšonkaulinių raumenų susitraukimas bei neigiamo intrapleurinio slėgio sukūrimas. Dėl šių veiksnių plaučiai išsiplečia, oras srūva į juos ir ventiliuojamos alveolės. Dujų apykaita tarp plaučių



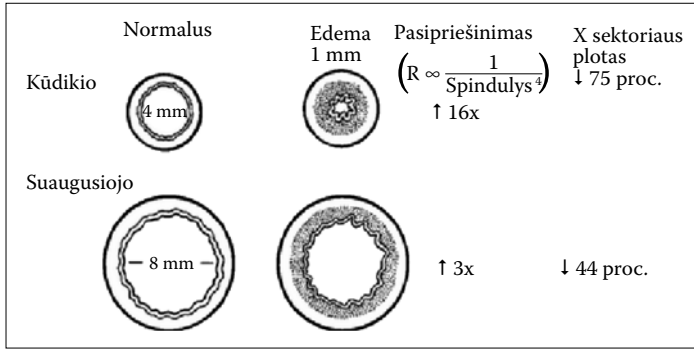
1 pav. Kvėpavimo procesas

ir kraujo vyksta per alveolės ir kapiliario membraną pagal koncentracijos gradientą ir priklauso nuo pakankamos ventiliacijos ir perfuzijos. Plaučių kraujagyslės yra plonesnės, o slėgis jose ženkliai mažesnis nei kitoje širdies kraujagyslių sistemos dalyje, todėl dujų apykaita vyksta be didelių energijos išteklių. Jei ventiliacija atitinka perfuziją, parcialinis deguonies (pO<sub>2</sub>) bei anglies dvideginio (pCO<sub>2</sub>) slėgis neviršys nustatytų normos ribų (2 a pav.). Idealus ventiliacijos ir perfuzijos santykis (V/Q) = 1. V/Q > 1 rodo, kad ventiliacija padidėjusi, o V/Q < 1 – esant intrapulmoninių kraujo nuosrūvį, t. y. plaučių kraujagyslėmis tekantis kraujas nedalyvauja dujų apykaitoje, pvz.: astmos atveju sekretu užsikimšus kvėpavimo takams, išsivysčius plaučių edemai, dėl uždegimo alveolėms prisipildžius sekreto ar subliūškus dėl atelektazių (2 b pav.) [5].

Nors už dujų apykaitą su aplinka atsakingi plaučiai, dujos tarp plaučių ir audinių pernešamos krauju. O<sub>2</sub> pernaša priklauso nuo hemoglobino kiekio bei širdies ir kraujagyslių sistemos darbo. O<sub>2</sub> iš alveolės į plaučių



2 a, b pav. Dujų apykaita per alveolės-kapiliario membraną



3 pav. Kūdikių ir suaugusiųjų kvėpavimo takų anatomijos skirtumai

kapiliarą difunduoja tirpių dujų pavidalo ir prisijungia prie hemoglobino. Pastarasis 100 proc. išotintas ( $\text{SaO}_2$  100 proc.) tampa tada, kai visos 4 hemo grupės prisijungia po  $\text{O}_2$  molekulę. Taigi  $\text{SaO}_2$  atspindi prie hemoglobino prisijungusio  $\text{O}_2$  kiekį. Paprastai sisteminėje arterinėje kraujotakoje  $\text{SaO}_2$  siekia apie 97 proc., o iš audinių grįžtančio deoksigenuoto kraujo  $\text{SaO}_2$  – apie 75 proc. Audinių ir periferinių organų aprūpinimas deguonimi priklauso ne tik nuo arterinio kraujo oksigenacijos, bet ir nuo minutinio širdies tūrio, užtikrinančio plaučių perfuziją.

Vidinis kvėpavimas susijęs su vidinės terpės būkle bei ląstelės gebėjimu pasisavinti  $\text{O}_2$  apykaitos procese.  $\text{O}_2$  disociacija vyksta audinių kapiliaruose, kur  $\text{pO}_2$  yra mažesnis nei kraujyje, ir ištirpęs plazmoje keliauja į audinius. Jo afinitetas hemoglobinui priklauso nuo  $\text{pCO}_2$ , pH, temperatūros ir 2,3-difosfoglicerato (2,3-DPG). Padidėjus metaboliniam poreikiui,  $\text{pCO}_2$  padidėja, pH sumažėja, todėl  $\text{O}_2$  afinitetas hemoglobinui sumažėja ir jis audiniuose lengviau atsipalaiduoja [4].

Centrinė nervų sistema (CNS) reaguoja į  $\text{pO}_2$  ir  $\text{pCO}_2$ , o bet kokie jų reikšmių pokyčiai gali rodyti sutrikimą vienoje iš grandžių: reguliacinėje sistemoje (kontroliuojančioje kvėpavimą) ar jos organuose taikiniuose (kvėpuojamuosiuose raumenyse, plaučiuose).

### VAIKŲ IR SUAUGUSIŲJŲ KVĖPAVIMO ORGANŲ ANATOMINIAI IR FIZIOLOGINIAI SKIRTUMAI

Kūdikių, vaikų ir suaugusiųjų kvėpavimo organų sistemos anatomija ir fiziologija skirtinga. Kūdikiai iki 4 mėn. amžiaus kvėpuoja tik pro nosį, todėl nosies gleivinės paburkimas gali sąlygoti kvėpavimo sutrikimą. Antgerklis didelis, minkštas, omega formos ( $\Omega$ ), storas: uždegimo atveju jis sudaro kliūtį oro srovei. Vaiko kvėpavimo takams susiaurėjus 1 mm, skerspjūvis sumažėja 75 proc., pasipriešinimas oro srovei padidėja 16 kartų, tuo tarpu suaugusiųjų kvėpavimo takų praeinamumas sumažėja 44 proc., pasipriešinimas padidėja tik 3 kartus ramiai kvėpuojant (3 pav.).

Susidarius turbulencinėms srovėms, pvz., vaikui verkiant, kvėpavimo darbas padidėja 32 kartus. Vaikų ger-

klos aukščiau nei suaugusiųjų (atitinkamai ties kakliniu (C) 3–4 ir C6 slanksteliais), siauriausia vieta – ties žiedine kremzle, jos yra elastingesnės. Nuo 12-ųjų gyvenimo metų siauriausia kvėpavimo takų vieta – balso stygos. Naujagimio trachėja yra trumpesnė, jos skersmuo sudaro trečdalį suaugusiojo. Trachėjos bifurkacija aukštai, ties antru krūtininiu slanksteliu, gerklos pasislinkusios į priekį. Dėl išvardytų priežasčių vaikus sunkiau intubuoti. Vaikų alveolių elastinės skaidulos nėra gerai išsivysčiusios, todėl jos gali lengviau subliūkti, užsikimšti gleivėmis, krauju, pūliais. Taigi vaikams dažniau pasitaiko ventilacijos ir perfuzijos neatitikimas. Vaikų plaučių funkcinis liekamasis tūris mažesnis ir, sutrikus kvėpavimui,  $\text{pO}_2$  mažėja sparčiau. Dėl mažo skersmens ir menkai išsivysčiusių spindžių palaikančių struktūrų didžiausias kvėpavimo takų pasipriešinimas (rezistentiškumas) sutinkamas apatiniuose kvėpavimo takuose. Kvėpavimo kontrolės sistema nesubrendusi: kvėpavimo slopinimo (Hering-Breuer) refleksas itin jautrus, centrinės nervų sistemos veiklą ženkliai veikia miegas, šaltis, vaistai ar metaboliniai sutrikimai, todėl didesnė apnėjos rizika, organizmas negali tinkamai reaguoti į kvėpavimo takų obstrukciją ar padidėjusį metabolinį poreikį. Dar viena skirtumų grupė – susijusi su krūtinės ląstos siena. Ji yra elastingesnė, tarpšonkauliniai raumenys nebrandūs, šonkaulių padėtis horizontali, diafragma plokštesnė, paradoksinio miego (angl. *rapid eye movement, REM*) fazės metu tarpšonkaulinių raumenų judesiai tampa nekoordinuoti [1]. Vaikų kvėpavimo darbas sunkesnis: kilogramui kūno masės tenkantis kvėpavimo darbas didesnis nei suaugusiųjų. Didesnis kvėpavimo dažnis lemia didesnę  $\text{O}_2$  suvartojimą (kūdikiai –4–6 ml/kg/min., suaugusieji – 2–3 ml/kg/min.).

### KVĖPAVIMO FUNKCIJOS SUTRIKIMAS

Kvėpavimo funkcijos sutrikimas (KFS) – klinikinė būklė, pasireiškianti nenormaliu kvėpavimo dažniu ar padidėjusiu kvėpavimo darbu. Jis gali progresuoti į kvėpavimo nepakankamumą. KFS gali pasireikšti esant tokioms būklėms kaip sepsis, šokas, trauma, nudegimas, pneumonija ar kt. Klinikiniai simptomai pateikti 1 lentelėje.

### KVĖPAVIMO NEPAKANKAMUMAS

Kvėpavimo nepakankamumas (KN) – tai organizmo metabolinių poreikių neatitinkantis  $\text{O}_2$  tiekimas (oksigenacinis KN) ar nepakankamas  $\text{CO}_2$  pašalinimas (ventiliacinis KN).

### Etiologija

Oksigenacinį KN apibūdina sumažėjęs  $\text{O}_2$  kiekis (hipoksemija). Jo priežastys:

- Ventilacijos ir perfuzijos neatitikimas;
- Kraujo nuosrūvis.

Oksigenacinis KN būdingas esant ūminei plaučių pažeidai, pvz.: pneumonijai, maisto aspiracijai, plaučio kontūzijai, plaučių arterijos embolijai, skendimui, plaučių edemai, sepsiui, cistinei fibrozei. Intrapulmoninis kraujo nuosrūvis susidaro dėl atelektazių ar embolijos. CO<sub>2</sub> koncentracija minėtais atvejais bus normali ar sumažėjusi dėl tachipnėjos.

Ventiliacinio KN atveju hiperkapnija vystosi dėl antrinio ventiliacijos ir perfuzijos neatitikimo, kurį lemia šie pagrindiniai veiksniai:

- sumažėjusi minutinė ventiliacija;
- padidėjusi negyvojo tarpo ventiliacija.

Hiperkapnija pasireiškia ištikus sunkiai kvėpavimo takų obstrukcijai, pvz.: laringitui, epiglotitui, laringotracheomalacijai, svetimkūniui kvėpavimo takuose, bronchiolitui, astmai, taip pat dėl centrinės kilmės kvėpavimo nepakankamumo, pvz.: apsinuodijus, esant galvos traumai, CNS infekcijai, botulizmui, poliomielitui, poliradikuloneuropatijai ar dėl raumenų ir skeleto sistemos sutrikimų, pvz.: kifoskoliozės, dauginių šonkaulių lūžių, raumenų jungiamojo audinio ligų. Kvėpavimas bus padažnėjęs ir pagilėjęs, tikėtinas ir sumažėjęs pO<sub>2</sub> [6].

### Klinika

Hipoksemija ir hiperkapnija patvirtinama remiantis klinikiniais požymiais bei O<sub>2</sub> ir CO<sub>2</sub> kiekio kraujyje tyrimo rezultatais (SaO<sub>2</sub> < 92 proc. ir/ar pO<sub>2</sub> < 60 mm Hg pCO<sub>2</sub> > 55 mm Hg). Galima klinikinė išraiška:

- Padidėjęs kvėpavimo darbas, pvz.: tachipnėja, nosies sparnelių plėtimas, pagalbinių kvėpuojamųjų raumenų darbas, paradoksinis ar nesinchroninis kvėpavimo pobūdis;
- Hiperkapnijos ir hipoksemijos požymiai, pvz.: perioralinė, lūpų, gleivinių, nagų cianozė, pakitusi sąmonės būklė, gausus prakaitavimas, tachikardija, hipertenzija.

Pažymėtina, jog cianozė, letargija ir bradikardija – vėlyvieji kvėpavimo nepakankamumo požymiai, todėl itin svarbu anksti pastebėti pradinius klinikinius simptomus [7]. Hipoksemija gali sąlygoti vazokonstrikciją, o dėl to – plautinę hipertenziją.

### Gydymas

Veiksmų taktika įtarus kvėpavimo nepakankamumą aprašyta 2 lentelėje.

Grėsmingas kvėpavimo nepakankamumas nustatomas, kai kvėpavimas staiga suretėja ar itin padažnėja (~90–100 k./min.), tampa nereguliarus, nelieka normalių kvėpavimo judesių, atsiranda centrinė cianozė, oda darosi marmurinė, sutrinka sąmonė, auskultuojant girdimas silpnas kvėpavimas, širdies veikla padažnėja ar suretėja. Pagalbos taktika grėsmingo kvėpavimo nepakankamumo atveju pateikta 3 lentelėje.

**1 lentelė.** Kvėpavimo funkcijos sutrikimo klinikiniai simptomai

Simptomas	Pastabos
Tachipnėja	> 60 k./min.
Tarpšonkaulių retrakcijos	Pasunkėjęs kvėpavimo darbas
Nosies sparnelių judėjimas	
Dejavimas	
Pagalbinių raumenų dalyvavimas kvėpuojant	
Stridoras, švokštimas	
Tachikardija	
Galimas sąmonės sutrikimas	Trinkanti cirkuliacija (perfuzija)
Marmurinė oda	

**2 lentelė.** Taktika įtarus kvėpavimo nepakankamumą

Vaikas su tėvais ar globėjais	Nedidinamas O <sub>2</sub> suvartojimas
Vengti skausmingų procedūrų (venos punkcija, kraujo tyrimai)	
Pagalvoti, ar būtina skubiai atlikti rentgenogramą	
Atlaisvinti kvėpavimo takus, pvz.: išsiurbti sekretą, pakelti apatinį žandikaulį	Gerinama ventiliacija
Skirti 100 proc. O <sub>2</sub> nesukeliant vaikui streso	Gerinama oksigenacija
Neskirti gerti skysčių, vaistų	„Tuščias“ skrandis – saugesnė ventiliacija, intubacija
SpO <sub>2</sub> stebėseną*	

\*SpO<sub>2</sub> neinvaziniu būdu (pulsoksimetru) matuojamas hemoglobino įsotinimas O<sub>2</sub>.

**3 lentelė.** Pagalbos taktika grėsmingo kvėpavimo nepakankamumo atveju

Vaiką atskirti nuo tėvų ar globėjų	Gresia apnėja. Pagalbos tikslas – efektyvi ventiliacija
Atlaisvinti kvėpavimo takus, pvz.: išsiurbti sekretą, pakelti apatinį žandikaulį	
Pradėti ventiliuoti Ambu maišu 100 proc. O <sub>2</sub>	
Punktuoti veną	
SpO <sub>2</sub> , ŠSD, AKS stebėseną	

Kad ir kokia būtų priežastis, įtarus kvėpavimo nepakankamumą, privalu suteikta skubią pagalbą. Namuose ar pirminės asmens sveikatos priežiūros įstaigoje esantį vaiką būtina saugiai pervežti į stacionarą tiekiant 100 proc. O<sub>2</sub>. Kvėpavimo nepakankamumą diagnozavus ligoninės priėmimo skyriuje – teikti skubią pagalbą ir aiškintis KFS/kvėpavimo nepakankamumo priežastis. Gydymas deguonimi svarbus koreguojant kvėpavimo sutrikimą bei gydant diagnozuotą kvėpavimo nepakankamumą. Deguonies rekomenduojama skirti visiems mėlstantiems, švokščiantiems, dažnai kvėpuojantiems, naudojantiems pagalbinius kvėpuojamuosius raumenis pacientams bei esant stridorui, kol bus išsiaiškinta kvėpavimo nepakankamumą sukėlusio priežastis. Daugeliu hipoksemijos ir padidėjusio kvėpavimo darbo atvejų papild-

domo O<sub>2</sub> tiekimas pagerina hemoglobino saturaciją ir padidina plazmoje ištirpusio O<sub>2</sub> koncentraciją, dėl to pagerėja audinių aprūpinimas deguonimi [7].

## VAIKŲ GYDYMO DEGUONIMI YPATUMAI

Papildomo O<sub>2</sub> tiekimo būdų yra daugybė. Kiekvieno jų efektyvumas priklauso nuo aparato galimybių tiekti O<sub>2</sub> pakankamo stiprumo srove. Nosies kateteriu galima tiekti 1–3 l/min. tėkmės O<sub>2</sub> srovę. Rekomenduojama įkišti kateterį ne giliau nei pusė atstumo nuo nosies galo iki ausies, kitu atveju jis gali patekti į stemplę, sąlygoti skrandžio išpūtimą ir dar labiau sutrikdyti kvėpavimą. Nosies kaniulės įprastas ir gerai toleruojamas deguonies tiekimo metodas, O<sub>2</sub> kaukė ar palapinė taip pat tinkami būdai.

Taikant nuolatinio teigiamo kvėpavimo takų spaudimo ventiliaciją (angl. *Continuous positive airway pressure, CPAP*), vaikas kvėpuoja spontaniškai. Sukuriamas teigiamas slėgis neleidžia alveolėms subliūškinti iškvėpimo pabaigoje. Rekomenduojama skiriamo dujų mišinio srovė turėtų būti 2–3 kartus didesnė už paciento minutinį kvėpavimo tūrį. Jei CPAP skiriama neilgai, galima naudoti veido kaukę, tačiau ji turi gerai priglusti prie veido. Ilgam naudojimui rekomenduojama endotrachėjinė intubacija. Įprastai vaikai gerai toleruoja pradinę 5 cm H<sub>2</sub>O CPAP, kurią palaipsniui galima didinti. Skiriant > 10 cm H<sub>2</sub>O CPAP, rekomenduojama stebėti minutinį širdies tūrį.

Kitas O<sub>2</sub> tiekimo būdas – įprastinė dirbtinė plaučių ventiliacija (angl. *Controlled mechanical ventilation, CMV*). Pacientui užtikrinama nustatyto kvėpavimo dažnio, įpūtimo tūrio ir srovės greičio ventiliacija,

nepriklausanti nuo paciento spontaninio kvėpavimo pastangų [8].

Didelio dažnio dirbtinė plaučių ventiliacijai (angl. *High frequency oscillation, HFO*) naudojami specialūs aparatai, palaikantys ypač dažną (iki 900 k./min.) labai mažo tūrio kvėpavimą. Šis ventiliacijos metodas efektyvus iki 30 kg sveriantiems pacientams. Nustatyta, kad sumažėja oro nutekėjimas, adekvačiai ventiliacijai užtikrinti pakanka mažesnio slėgio dujų mišinio bei mažiau žalojami plaučiai.

Ekstrakorporinė membraninė oksigenacija (angl. *Extracorporeal membrane oxygenation, ECMO*) tinkama esant sunkiai KFS formai. Ji naudojama tik tada, kai kiti metodai neefektyvūs. Moksliniais tyrimais įrodyta, jog ankstyvas ECMO naudojimas (< 7 d.) pagerina pacientų išgyvenamumą [1].

### RESPIRATORY FAILURE IN PEDIATRICS

EVELINA PALIOKAITĖ<sup>1</sup>, RIMANTAS KĖVALAS<sup>2</sup>

<sup>1</sup> DEPARTMENT OF INTENSIVE CARE, <sup>2</sup> DEPARTMENT OF PEDIATRIC INTENSIVE CARE  
LITHUANIAN UNIVERSITY OF HEALTH SCIENCES

**Keywords:** anatomy of the respiratory system in children, respiratory distress, respiratory failure in pediatric patients, treatment of respiratory failure.

**Summary.** Breathing is a complex process involving various organ systems. Its' fundamental objective is to meet the needs of oxygen of organism and to eliminate carbon dioxide. Adult and children respiratory systems and their physiology are different. Higher mortality rates related to respiratory system in children are explained by these disparities. Respiratory distress may be caused by pulmonary diseases or impairment of other organ systems. Respiratory failure may evolve from respiratory distress. The main treatment for conditions mentioned above is oxygen therapy.

## LITERATŪRA

1. Rogers M.C., Nichols D.G, Textbook of Pediatric Intensive Care, 3rd edition, 1996, Williams&Wilkins, 97, 731–52.
2. Fleisher G.R., Ludwig S. Textbook of Pediatric Emergency Medicine, 4th edition, 2000, Lippincott Williams&Wilkins, p. 553–64.
3. Chameides L, Hazinski M.F. Specializuota Skubi Pagalba Vaikams, 1998, American Heart Association.
4. Porth Pathophysiology: Concepts of Altered Health States 1st Canadian edition, p. 614–41.
5. Singhi S., Basit Pediatric Intensive Care, 3rd edition, 2005, PeePee Publishers and Distributors, p. 18–26.
6. Kliegman R., Marcante K., Jenson H., Behrman R. et al, Nelson Essentials of Pediatrics 5th edition, Saunders, 2002, p. 184–186.
7. Singhi S., Surpure J.S., Synopsis of Pediatric Emergency Care, 2010, PeePee Publishers and Distributors.
8. Kėvalas R., Vaikų urgentinių būklių diagnostika ir gydymas, 2010, Indigo print, p. 60–71.