



Dětské ARDS, základy protektivní UPV

J.Divák(KARIM a LF OSU)



Michal Frellich a kolektiv

Dětské polytrauma



UPV

➤ způsob výměny plynů, při kterém je **dechová práce** zajištěna v plné nebo částečné míře **přístrojem – ventilátorem**

➤ je používána k:

- krátkodobé
- dlouhodobé

podpoře pacientů, u kterých došlo ke vzniku **závažné poruchy funkce respiračního systému:**

- **oxygenační (pO₂)**
- **ventilační (pCO₂)**

SKLIENKA, Peter; FRELICH, Michal. 2.4 Umělá plicní ventilace. *Dětské polytrauma*, 2022, 53.[1]

Cíle UPV

- jsou definovány identicky pro dospělé i pediatrické dětské pacienty
- v roce 1993 **American College of Chest Physicians' Consensus Conference** definovala cíle:
 - fyziologické
 - klinické

Otisova rovnice

Pro respirační systém s konkrétními vlastnostmi existuje
pro dosažení dané minutové ventilace

optimální poměr dechové frekvence a dechového objemu, tak aby dechová práce byla co nejmenší

Otisova rovnice

C (zelené pole):

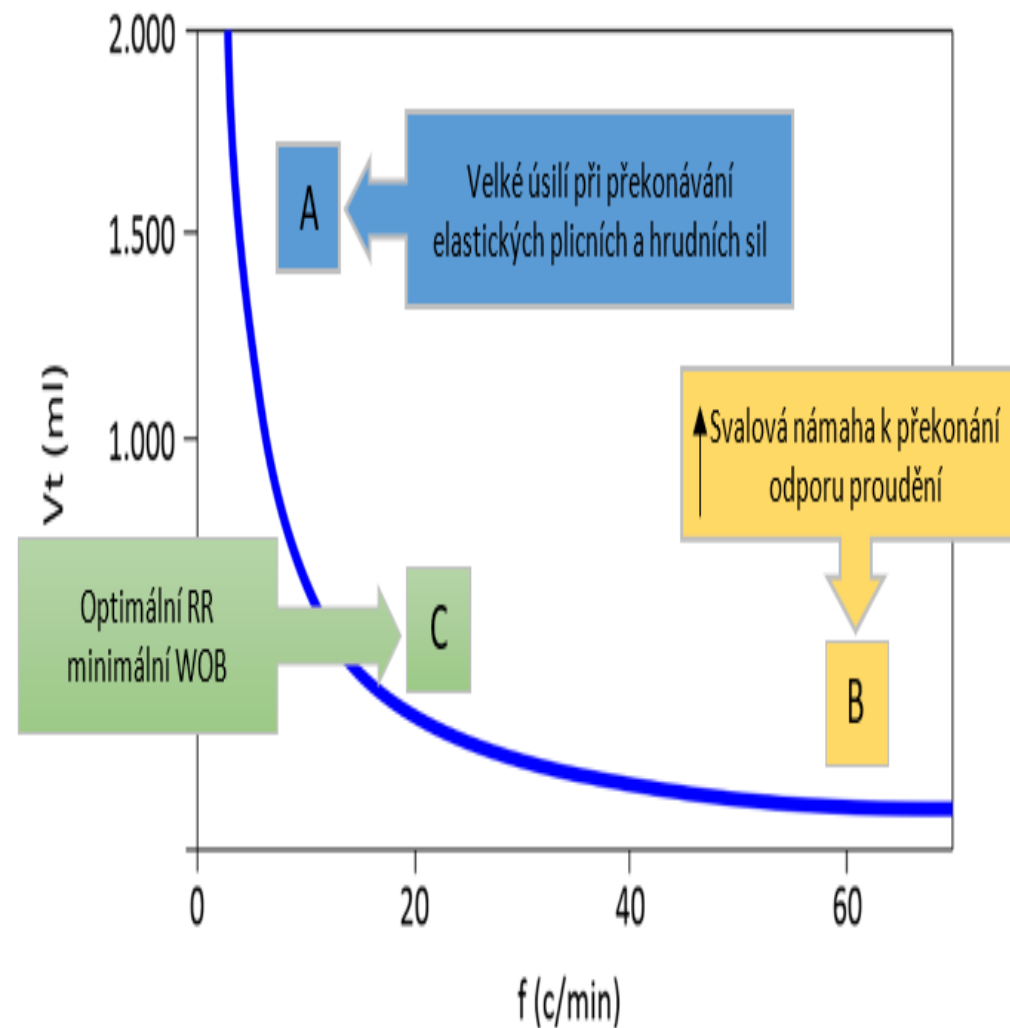
optimální poměr dechové frekvence a dechového objemu

B (žluté pole):

při **vzestupu frekvence** a poklesu dechového objemu dochází při stejné minutové ventilaci ke zvýšení dechové práce z důvodu narůstajícího průtokového odporu

A (modré pole):

při **vzestupu dechového objemu** naopak stoupá dechová práce v důsledku zvyšování elastického odporu plic a hrudní stěny [1]



UPV

- při konvenční UPV **dechovou práci** koná ventilátor prostřednictvím **generace tlakového gradientu** mezi ventilátorem a alveoly pacienta.
- zde dochází klinického naplnění výše uvedené rovnice – pro jakýkoliv respirační systém je možné najít **individuální optimální nastavení ventilačních parametrů** tak, aby bylo k dosažení požadované minutové ventilace použito **nejnižší možné práce: tedy:**
 - nejnižších **možných tlaků**
 - nejnižší **možné energie** působících na tkáň respiračního systému
- **hlavní determinanty ventilací indukovaného plicního poškození VILI**
(ventilator induced lung injury)

Protektivní ventilace (LPVS-lung protective ventilation strategies)

- **postupy UPV maximálně bezpečné, netraumatizující UPV**
- **pro bezpečné používání UPV v pásmu protektivity je nezbytné:**
 - zohlednění aktuální patologie
 - znalost základních mechanismů, kterými se UPV podílí na agravaci plicního poškození
- **Tradiční komponenty LPV:**
 - limitovaná velikost dechového objemu (cca 6 ml/kg)
 - limitovaný endinspirační tlak (do cca 30 cm H₂O)
 - použití „vhodného“ PEEP
 - použití „netoxických“ koncentrací FiO₂.

Is there a role for lung-protective ventilation in healthy children?

Chloe Heath¹  | Neil Hauser^{1,2,3} 

1. Cílová V_t 6 – 10 ml/kg tělesné hmotnosti, vyhnout se $V_t > 10$ ml/kg
2. Omezit maximální inspirační (<30 cmH₂O) a delta tlak (<10 cmH₂O). Pečlivě sledujte změny V_t , abyste se vyhnuli volumotraumatu
3. PEEP zůstává důležitou složkou LPV, ale optimální hladina PEEP pro dětské pacienty není známa. Primárně rozsah PEEP 4-8 cmH₂O
4. Recruitment manévry, doporučuje se udržovat FRC a „otevření,, alveolů
 - PEEP na 30 cmH₂O po dobu 10–30 s
 - postupné zvyšování PEEP na základě individuálních potřeb pacienta
5. Vyhněte se FiO_2 1,0, pokud nenastane klinická naléhavá situace [2]

FRC

- určité možné množství plynu, které zůstane v plicích na konci každého spontánního výdechu
- je pomocí komplexních interakcí funkce surfaktantu a reflexů z respiračního systému udržována na hodnotě, při které je při každém dalším nádechu k dosažení daného dechového objemu **použito nejnižší možné dechové práce.**
- za fyziologických podmínek:
 - organizmus pomocí FRC udržuje rozpětí plic v expiriu **na maximální poddajnosti respiračního systému.**
 - na plicní tkáň tak v průběhu jednotlivého dechového cyklu i v dlouhodobém časovém horizontu působí **nejnižší možné tlaky, a tedy i energie** [1]

UPV

- při UPV je dechová práce je vykonávána ventilátorem, který generuje **tlakový gradient**, a energie vydaná ventilátorem je použita **na pohyb tělesa** (objem plynů = dechový objem) proti **definovanému odporu** (průtokový a elastický).
- část energie, kterou ventilátor generuje, je však absorbována respiračním systémem
- v případě **překročení bezpečného prahu (který je jiný pro každý respirační systém v závislosti na jeho vlastnostech a míře poškození)** se může na rozvoji **VILI a agravaci ARDS uplatňovat**
 - přímo mechanickým poškozením plicní tkáně,
 - spuštěním kaskády biologických procesů

Biotrauma

- transformace mechanické energie na biologický signál (**mechanotransdukce**)
- u pacientů se závažnými poraněními často již v časně poúrazové fázi:
 - **klesá FRC:**
 - pokles poddajnosti hrudní stěny,
 - kontuze plic
 - sekvestrace tekutin se vzestupem extravaskulární plicní vody)
 - **snižuje se vzdušnost plic**



Biotrauma



- aplikované tlaky tedy působí na menší plochu – **1.zvyšuje se „stress“** (definovaný jako tlak působící na jednotku plochy) ventilované plicní tkáně.
- aplikovaný dechový objem působí v méně vzdušné plíci relativně **2.větší „strain“** (rozepětí dechovým objemem ve vztahu k výchozí hodnotě na konci exspira).

Oba mechanismy způsobují, že čím je postižení plicní tkáně závažnější, tím více jsou plíce susceptibilní k rozvoji VILI

Energotrauma

- poškození plic aplikací neúměrné mechanické energie
- **koncept energotraumatu** vedl dále k poznatkům o **vlivu dalších proměnných dechového cyklu na plicní tkáň – na celkové energii** dodané v průběhu UPV se podílejí:
 - dechový objem
 - aplikovaný tlak (driving pressure)
 - nastavení PEEP,
 - poměr inspirium/expirium,
 - rychlost proudění (průtoku) plynů v průběhu dechového cyklu
 - dechová frekvence

Mechanická energie dodaná plicím UPV

$$\text{Power}_{rs} = \text{RR} \times \left\{ \Delta V^2 \times \left[\frac{1}{2} \times \text{EL}_{rs} + \text{RR} \times \frac{(1 + I \div E)}{60 \times I \div E} \times \text{R}_{aw} \right] + \Delta V \times \text{PEEP} \right\}$$

- **Power_{rs}**: celková energie působící na respirační systém
- **VT**: dechový objem,
- **EI_{rs}**: elastance respiračního systému (převrácená hodnota poddajnosti – compliance)
- **I/E**: poměr inspiria a exspira (průtok)
- **RR (respiratory rate)**: dechová frekvence
- **R_{aw}**: průtokový odpor
- **PEEP**: pozitivní tlak na konci exspira (positive end – expiratory pressure) [1]

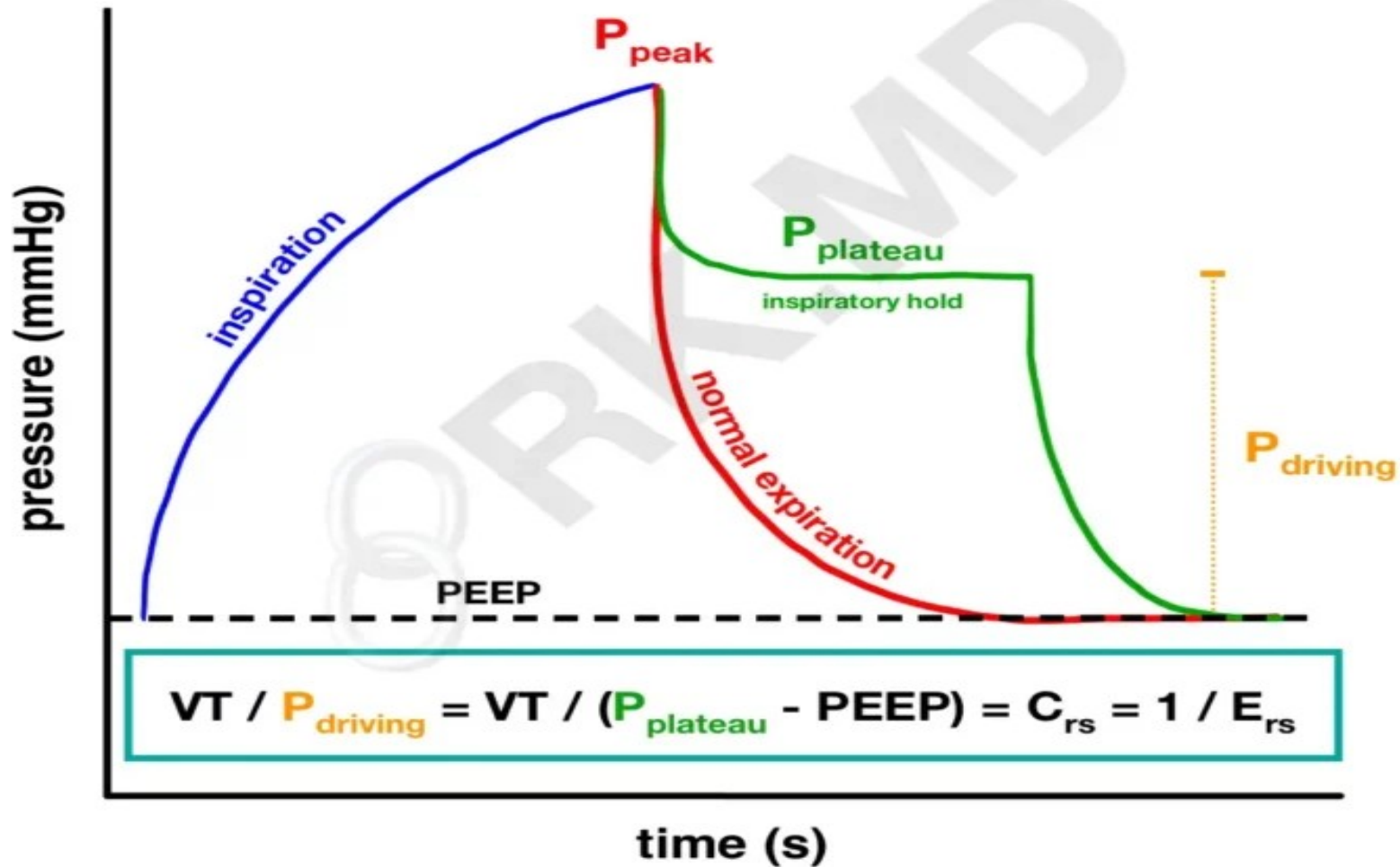
$$\text{Power}_{rs} = \text{RR} \times \left\{ \Delta V^2 \times \left[\frac{1}{2} \times \text{EL}_{rs} + \text{RR} \times \frac{(1 + I \div E)}{60 \times I \div E} \times R_{aw} \right] + \Delta V \times \text{PEEP} \right\}$$

- **Modrá část rovnice** vyjadřuje tlak/energii potřebnou pro roztažení plic (překonání elastického odporu respiračního systému) – **odpovídá driving pressure.**
- **Žlutá část rovnice** vyjadřuje tlak/energii potřebnou k proudění plynu v dýchacím systému (**překonání průtokové rezistence dýchacího systému**).
- **Zelené část rovnice:** odráží tlak a energii potřebnou pro udržení otevřených alveolů v expiriu (překonání alveolárního zavíracího tlaku) – **„statická“ komponenta dechové rovnice**

Driving pressure

- **Driving pressure** je definován jako tlak v plató minus PEEP.
- **Plató tlak** se měří na konci inspirační pauzy během objemově řízené ventilace konstantním průtokem a na konci inspirace během tlakově řízené ventilace.

PEAK, PLATEAU, & DRIVING PRESSURES



Mechanická energie dodaná plicím UPV- parametry UPV

$$\text{Power}_{rs} = \text{RR} \times \left\{ \Delta V^2 \times \left[\frac{1}{2} \times \text{EL}_{rs} + \text{RR} \times \frac{(1 + I \div E)}{60 \times I \div E} \times R_{aw} \right] + \Delta V \times \text{PEEP} \right\}$$

- rovnice obsahuje dvě proměnné, které musí být nastaveny k dosažení potřebné minutové ventilace (RR a V):
 - snížení jedné z nich zákonitě vede k nutnosti navýšení druhé
- další dvě proměnné – poměr I/E a PEEP je možné upravovat, aniž by byla ovlivněna minutová ventilace.
- z rovnice vyplývá, že čím pomalejší bude průtok plynů (tj. čím pomalejší a plynulejší bude inspirium), tím **menší bude riziko energotraumatu**

PEEP, Compliance

➤ PEEP:

- hodnota PEEP se uplatňuje jako „**statická komponenta**“, :
- sama o sobě energii dodanou respiračnímu systému mírně zvyšuje
- významný potenciál celkovou energii paradoxně snižovat **při jeho správném nastavení** (viz níže).

➤ **poddajnost respiračního systému a plic :**

- není hodnota rigidní
- mění se s nastavením hodnoty PEEP

Závěr

- pokud pacientovi na UPV titrujeme hodnotu PEEP k dosažení maximální compliance, tak při každém dalším inspiriu je k dosažení dané velikosti dechového objemu **zapotřebí nejnižšího možného tlaku a energie** – minimalizujeme riziko vzniku VILI .
 - **Vliv aplikovaného tlaku/energie na plíce** je vždy nutné posuzovat ve vztahu **k rozsahu plicního poškození**:
 - objem funkční plicní tkáně
 - stupeň nehomogenity
 - lokální distribuce aplikovaných tlaků a objemů
- neboť platí, že aplikovaná energie stejné velikosti vede **k rozdílným biologickým účinkům v plíci zdravé a postižené** **[1]**

VILI v dětské populaci

➤ zatím a stále předmětem a/experimentálního i b/klinického výzkumu.

➤ **Charakteristika dětské plíce:**

1. dětské plíce jsou více elastické ve srovnání s plící dospělou

- koncentrace elastinových vláken v plicní tkáni významně stoupá především v novorozeneckém a kojeneckém věku
- kolagenové struktury přibývají v celém období růstu dítěte lineárně [1]

VILI v dětské populaci

2. **rozdílná odpověď na prozánětlivé stimuly**, při které alveolární makrofágy a pneumocyty II. typu produkují méně nukleárního faktoru kappa – B (NF – κ B)



tedy stejný inzult **vyvolá menší intenzitu zánětlivé odpovědi.**

3. **rozdíly jsou i ve složení a kinetice surfaktantu**, opět favorizující mladší jedince.

Plíce mladších jedinců jsou méně citlivé k podnětům vyvolávajícím VILI

Doporučení pro ventilační podporu pacientů s pediatrickým ARDS v r. 2015 (PALICC- Pediatric Acute Lung Injury Consensus Conference) [3]

Pediatric Acute Respiratory Distress Syndrome: Consensus Recommendations From the Pediatric Acute Lung Injury Consensus Conference*

The Pediatric Acute Lung Injury Consensus Conference Group

Objective: To describe the final recommendations of the Pediatric Acute Lung Injury Consensus Conference.

Design: Consensus conference of experts in pediatric acute lung injury.

Setting: Not applicable.

Subjects: PICU patients with evidence of acute lung injury or acute respiratory distress syndrome.

Interventions: None.

Methods: A panel of 27 experts met over the course of 2 years to develop a taxonomy to define pediatric acute respiratory distress syndrome and to make recommendations regarding treat-


Doporučení pro umělou plicní ventilaci kriticky nemocných pediatrických pacientů v r.2016
(PEMVECC- Paediatric Mechanical Ventilation Consensus Conference) [4]

•).

CONFERENCE REPORTS AND EXPERT PANEL



Recommendations for mechanical ventilation of critically ill children from the Paediatric Mechanical Ventilation Consensus Conference (PEMVECC)

Martin C. J. Kneyber^{1,2*} , Daniele de Luca^{3,4}, Edoardo Calderini⁵, Pierre-Henri Jarreau⁶, Etienne Javouhey^{7,8}, Jesus Lopez-Herce^{9,10}, Jürg Hammer¹¹, Duncan Macrae¹², Dick G. Markhorst¹³, Alberto Medina¹⁴, Marti Pons-Odena^{15,16}, Fabrizio Racca¹⁷, Gerhard Wolf¹⁸, Paolo Biban¹⁹, Joe Brierley²⁰, Peter C. Rimensberger²¹
and on behalf of the section Respiratory Failure of the European Society for Paediatric and Neonatal Intensive Care

Diagnostika, management a výzkumné otázky týkající se léčby syndromu akutní dechové tísně u dětských pacientů v prostředí s omezenými zdroji – na základě závěrů Druhé konsensuální konference zaměřené na problematiku akutního poškození plic u dětí

Diagnostic, Management, and Research Considerations for Pediatric Acute Respiratory Distress Syndrome in Resource-Limited Settings: From the Second Pediatric Acute Lung Injury Consensus Conference

OBJECTIVES: Diagnosis of pediatric acute respiratory distress syndrome (PARDS) in resource-limited settings (RLS) is challenging and remains poorly described. We conducted a review of the literature to optimize recognition of PARDS in RLS and to provide recommendations/statements for clinical practice and future research in these settings as part of the Second Pediatric Acute Lung Injury Consensus Conference (PALICC-2).

DATA SOURCES: MEDLINE (Ovid), Embase (Elsevier), and CINAHL Complete (EBSCOhost).

STUDY SELECTION: We included studies related to precipitating factors for PARDS, mechanical ventilation (MV), pulmonary and nonpulmonary ancillary treatments, and long-term outcomes in children who survive PARDS in RLS.

DATA EXTRACTION: Title/abstract review, full-text review, and data extraction

Brenda M. Morrow, PhD, BSc PT¹

Asya Agulnik, MD, MPH²

Werther Brunow de Carvalho, MD³

Mohammad Jobayer Chisti,
MBBS, MMed, PhD⁴

Jan Hau Lee, MBBS, MRCPCH,
MCI⁵

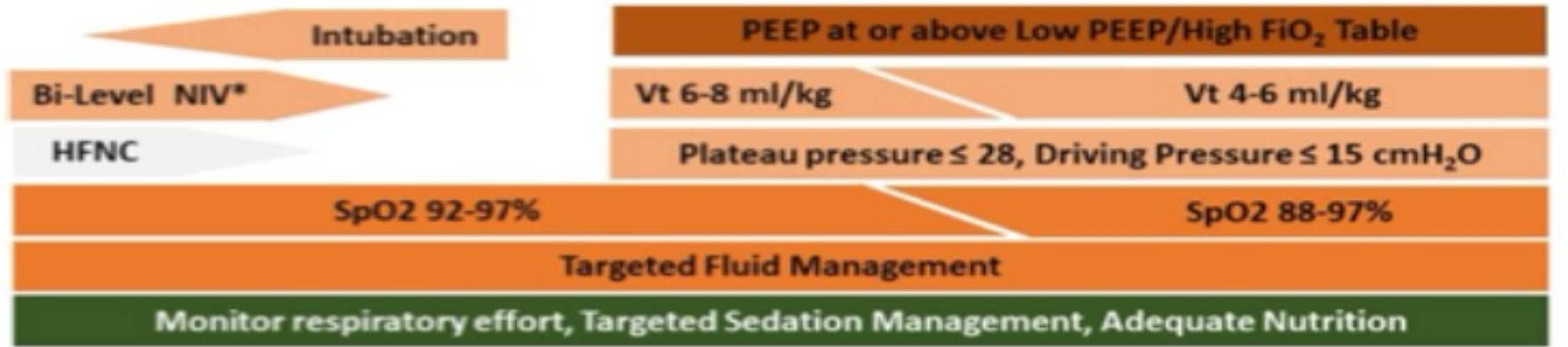
on behalf of the Second Pediatric
Acute Lung Injury Consensus
Conference (PALICC-2) Group
of the Pediatric Acute Lung
Injury and Sepsis Investigators
(PALISI) Network

Věk	Vyloučení pacientů s perinatálním plicním onemocněním
Načasování	Do 7 dnů od známého klinického poškození
Původ edému	Není plně vysvětleno srdečním selháním nebo přetížením tekutinami
Rtg. Sn. plic	Nové opacity (jednostranné nebo oboustranné) odpovídající akutnímu onemocnění plicního parenchymu, které nejsou primárně způsobeny atelektázou nebo pleurálním výpotkem ^a
Oxygenační práh pro diagnostiku možných PARDS u dětí na nosní respirační podpoře	
	Pozitivní kontinuální tlak v nosních dýchacích cestách/dvouúrovňový pozitivní tlak v dýchacích cestách nebo nazální kanyla s vysokým průtokem ($\geq 1,5$ l/kg/min nebo ≥ 30 l/min): $Pao_2/Fio_2 \leq 300$ nebo $Spo_2/Fio_2 \leq 250$
Oxygenační^b práh pro diagnostiku rizika PARDS	
	Jakékoli rozhraní: Doplnění kyslíku ^d k udržení $Spo_2 \geq 88\%$, ale nesplňuje definici pro PARDS nebo možné PARDS
Speciální populace Cyanotické onemocnění srdce	Výše uvedená kritéria, s akutním zhoršením okysličení, které není vysvětleno srdečním onemocněním

Schematické shrnutí klíčových terapií nebo strategií managementu u syndromu akutní respirační tísně u dětí založené na doporučeních a prohlášeních Druhé konference o akutním poškození plic u dětí.

- Good Practice Statement
- Very Low Certainty of Evidence
- Low Certainty of Evidence
- Moderate Certainty of Evidence
- Cannot recommend for or against

- ECMO
- Recruitment Maneuvers
- HFOV
- Prone Position
- Inhaled Nitric Oxide
- Neuromuscular Blockade



?

Jak UPV u dětí na dětské JIP/ARO

Received: 15 October 2021

Revised: 30 November 2021

Accepted: 1 December 2021

DOI: 10.1111/pan.14374

EDUCATIONAL REVIEW

Pediatric Anesthesia WILEY

Update on ventilation management in the Pediatric Intensive Care Unit

Chinyere Egbuta¹  | Ronald Blaine Easley²

UPV u dětí

- až 63 % pacientů na dětské IP přijatých s akutním respiračním nebo kardiorepiračním onemocněním **vyžaduje UPV**
- UPV podporu lze rozdělit do tří fází:
 - zahájení
 - eskalace
 - weaning
- Nedostatek pediatrických klinických studií s mechanickou ventilací: **PROČ?**
 - široká škála klinických diagnóz nalezených v pediatrické kritické péči
 - variabilita velikosti pacientů a zralosti plic

Existuje tedy jen málo vědeckých důkazů pro standardizaci UPV u dětí

NIV

➤ mechanická podpora dýchání **bez použití ETK**

➤ KDY?:

• **během iniciační fáze v léčbě ARS** v situaci , když respirační tíseň a hypoxie přetrvávají nebo se zhoršují navzdory počáteční **aplik.základní oxygenoterapie** :

○ nosní kanyla

○ obličejová masky.

➤ **rozdělení:**

• CPAP

• HFNK

CPAP/BIPAP-parametry

➤ CPAP:

- PEEP:v rozmezí 5 až 10 cm H₂O

➤ BIPAP:

- PIP(špičkový inspirační tlak-IPAP): 8 až 22 cm H₂O a PEEP(EPAP) 5-12 cm H₂O

➤ doporučená nastavení NIV pro kojence, děti a dospívající následující tabulka

HFNK

- při průtoku 2 l/kg/min, může poskytnout průměrný faryngeální tlak až 4 cm H₂O
- lépe tolerován mladšími dětmi
- snížené riziko:
 - rozvoje úniku vzduchu
 - žaludeční distenze
 - poškození kůže obličeje
- 4 velikosti nosních kanyla dle přístroje a dle hmotnosti dítěte

HFNK

➤ selhání HFNK :

- zahrnuje přetrvávající hypoxii,
- zvýšenou retrakci
- zvýšenou tachypnoi a špatnou výměnu plynů → potřebu eskalace na vyšší úroveň podpory

NIV

Silná shoda mezi pediatrickými odborníky na mechanickou ventilaci v doporučení zahájení NIV před uchýlením se k intubaci v těchto klinických scénářích

1.Souhrn dg.:

- spojených s pneumonií, bronchiolitidou, status astmaticus, laryngomalacie, tracheomalacie, akutním hrudním syndromem, intersticiálním plicním edémem, ALI, mírným až středně těžkým PARDS, ARF u pacientů s nervosvalovým onemocněním ,a pokardiální chirurgií u pacientů s vrozenou srdeční vadou

NIV

2.implementace NIV po extubaci: menší pravděpodobnost selhání extubace

3.vyhnut se komplikacím spojených s invazivní mechanickou ventilací:

- poranění hrtanu nebo trachey,
- edém dýchacích cest, dysfunkce hlasivek
- ventilátorová pneumonie
- potřeba hluboké analgosedace s přidruženými komplikacemi
- prodloužený pobyt na JIP/nemocnici

NIV-kontraindikace

- stavy s vysokým rizikem aspirace (ztráta kašlacího nebo dávivého reflexu svědčící o vysoké pravděpodobnosti neschopnosti chránit si dýchací cesty nebo účinně manipulovat se sekrety)
- srdeční zástava,
- změněný duševní stav
- poranění horních cest dýchacích
- edém DC a pneumotorax
- **opatrně u pacientů** s poraněním obličeje (protože taková poranění mohou ovlivnit schopnost zajistit vhodné utěsnění rozhraní)

NIV

Komplikace:

➤ méně významné:

- narušení kůže v obličeji, podráždění očí
- žaludeční insuflace indikovaná žaludeční bublinou na prostém snímku)

➤ více komplikované:

- subkutánní emfyzém
- pneumotorax
- syndrom úniku vzduchu,
- aspirace
- hemodynamická nestabilita

UPV u dětí

- při zahájení konvenční mechanické ventilace zůstává důraz kladen **protektivní ventilaci** → :
 - snížení VILI
 - zlepšené přežití pacientů s ALI a PARDS.
- studie prokázaly přímý vztah mezi PIP a mortalitou u dětských pacientů s těžkým ALI
- neexistuje **žádný konkrétní dechový objem**, který by byl spojen s úmrtností u dětí, bez ohledu na závažnost onemocnění (tj. ALI/ARDS vs. non-ALI/ARDS)

UPV u dětí

- **Cíl:** snaha snížit pravděpodobnost VILI:
 - optimalizace nastavení parametrů ventilace
 - individualizaci monitorování UPV
- strategie mechanické ventilace vedená **monitorováním tlaku v jícnu**(která se používá ke stanovení transpulmonálního tlaku) ve srovnání s tradičním protokolem ARDS, prokázala **zlepšení oxygenace a plicní poddajnosti u dospělých pacientů s ALI a ARDS**
- **Transpulmonální tlak:**
 - rozdíl mezi tlakem v alveolech (tlak v dýchacích cestách) a tlakem v pleurální dutině (pleurální tlak)
 - tlak, který roztahuje plíce

UPV u dětí

➤ Ezofageální tlak:

- odhaduje pleurální tlak, který je lepším indikátorem plicního napětí u mechanicky ventilovaných pacientů, zejména u pacientů se zvýšenou elastancí hrudní stěny.
- vyvíjí se více ventilátorů, které mají schopnost monitorovat transpulmonální tlak
- je potřeba vytvořit a ověřit nejlepší metody měření esofageálního tlaku u dětí, aby bylo možné je vhodně použít k vedení strategie ventilátoru při léčbě PARDS

Závěr: parametry NIV u dětí [6]

Noninvasive support (Recommended settings)	High-flow nasal cannula (HFNC)	Continuous positive airway pressure (CPAP)	Bi-level positive airway pressure (BiPAP)
Infants	1 L/kg/min (max 2 L/kg/min)	5-8 cm H ₂ O	IPAP: 10-18 cm H ₂ O EPAP: 5-8 cm H ₂ O
Children	1 L/kg/min (max 2 L/kg/min)	5-10 cm H ₂ O	IPAP: 10-20 cm H ₂ O EPAP: 5-10 cm H ₂ O
Adolescents	1-2 L/kg/min (upper limit of 50-60 L/min for adult-sized patients)	5-12 cm H ₂ O	IPAP: 10-22 cm H ₂ O EPAP: 5-12 cm H ₂ O

Závěr: parametry konvenční UPV u dětí [6]

Mechanical ventilation (Recommended settings)	Pressure control	Volume control	Airway pressure release ventilation (APRV)
Infants	PIP: 15–30 cm H ₂ O PEEP: 5–8 cm H ₂ O Inspiratory time: 0.3–0.5 s RR: 30–40 BPM	TV: 5–8 cc/kg PEEP: 5–8 cm H ₂ O Inspiratory time: 0.3–0.5 s RR: 30–40 BPM	P high: 15–20 cm H ₂ O P low: 0–0.5 cm H ₂ O T high: 2–3 s T low: 0.2–0.3 s
Children	PIP: 15–30 cm H ₂ O PEEP: 5–10 cm H ₂ O Inspiratory time: 0.6–1.2 s RR: 20–30 BPM	TV: 5–8 cc/kg PEEP: 5–10 cm H ₂ O Inspiratory time: 0.6–1.2 s RR: 20–30 BPM	P high: 20–25 cm H ₂ O P low: 0–0.5 cm H ₂ O T high: 2–5 s T low: 0.2–0.8 s
Adolescents	PIP: 15–30 cm H ₂ O PEEP: 5–12 cm H ₂ O Inspiratory time: 1.2–1.5 s RR: 10–16 BPM	TV: 5–8 cc/kg PEEP: 5–12 cm H ₂ O Inspiratory time: 1.2–1.5 s RR: 10–16 BPM	P high: 20–35 cm H ₂ O P low: 0–0.5 cm H ₂ O T high: 4–6 s T low: 0.5–0.8 s

Závěr

- je doporučeno **nastavení dechové frekvence a doby inspira** s přihlédnutím na mechaniku respiračního systému a průběh onemocnění, neboť tyto parametry jsou úzce spojeny a **nemají být posuzovány bez vzájemného kontextu**
- je doporučeno ventilovat s hodnotami **plateau tlaku (Plat) $\leq 28 \text{ cmH}_2\text{O}$**
v případě zvýšené elastance hrudní stěny **$\leq 29 - 32 \text{ cmH}_2\text{O}$**

Závěr-VT

- u všech ventilovaných pediatrických pacientů je doporučeno použití dechových objemů v hodnotách fyziologického rozmezí nebo i nižších pro danou věkovou kategorii a tělesnou hmotnost, tedy 5 – 8 ml/kg PBW, s přihlédnutím k:
 - plicní patologii
 - poddajnosti respiračního systému
- v závislosti na závažnosti onemocnění je doporučeno aplikovat nižší dechové objemy (3 – 6 ml/kg PBW) u pacientů s nízkou poddajností respiračního systému.

Závěr-PEEP

- PEEP: k zabránění kolapsu alveolů je doporučeno použití PEEP, nicméně v současné době **nelze dát konkrétní doporučení stran jeho velikosti.**
- **u dětí bez plicního poškození:** se uvádějí fyziologické hodnoty mezi 3–5 cmH₂O.
- **u dětí s plicní patologií :** však může být potřeba vyššího PEEP k obnovení vzdušnosti a zlepšení poddajnosti respiračního systému

Závěr-PEEP

- **u dětí s ARDS:**

-je nutné při nastavení PEEP zohlednit hodnotu dosaženého P_{plat} a hemodynamickou odpověď.

-titrace PEEP vyžaduje monitoraci dodávky kyslíku, hemodynamiky a poddajnosti respiračního systému

Závěr

- u pacientů s ARDS a těžkým oxygenačním selháním je doporučeno provedení **recruitment manévru** s pozvolnou vzestupnou a sestupnou titrací PEEP
- **cílové hodnoty SpO₂** jsou doporučeny :
 - v rozmezí 92 – 97 % u pacientů s PEEP < 10 cm H₂O
 - v rozmezí 88 – 92 % u pacientů s hodnotou PEEP > 10 cmH₂O
- u pacientů s hodnotou SpO₂ < 92 % je doporučena monitorace parametrů dodávky kyslíku a saturace centrální žilní krve

Závěr

➤ **paCO₂ u dětí:**

- **bez závažného postižení plic** : je doporučeno udržovat fyziologické hodnoty paCO₂
- **u středně závažného a závažného ARDS:** může být použita permissivní hyperkapnie k minimalizaci rizika VILI,

(**kontraindikací k použití permissivní hyperkapnie** : je KCP, při použití permissivní hyperkapnie je doporučeno udržovat hodnoty pH 7,15 – 7,30)

- ## ➤ pro nejtěžší případy respiračního selhání a ARDS je možné použití mimotělní membránové oxygenace (ECMO)

Seznam použité literatury

- [1] SKLIENKA, Peter; FRELICH, Michal. 2.4 Umělá plicní ventilace. *Dětské polytrauma*, 2022, 53
- [2] HEATH, Chloe; HAUSER, Neil. Is there a role for lung-protective ventilation in healthy children?. *Pediatric Anesthesia*, 2022, 32.2: 278-285.
- [3] PEDIATRIC ACUTE LUNG INJURY CONSENSUS CONFERENCE GROUP, et al. Pediatric acute respiratory distress syndrome: consensus recommendations from the Pediatric Acute Lung Injury Consensus Conference. *Pediatric critical care medicine*, 2015, 16.5: 428-439.
- [4] KNEYBER, Martin CJ, et al. Recommendations for mechanical ventilation of critically ill children from the Paediatric Mechanical Ventilation Consensus Conference (PEMVECC). *Intensive care medicine*, 2017, 43: 1764-1780.
- [5] MORROW, Brenda M., et al. Diagnostic, management, and research considerations for pediatric acute respiratory distress syndrome in resource-limited settings: from the second pediatric acute lung injury consensus conference. *Pediatric Critical Care Medicine*, 2023, 24.Supplement 1 2S: S148-S159.
- [6] EGBUTA, Chinyere; EASLEY, Ronald Blaine. Update on ventilation management in the Pediatric Intensive Care Unit. *Pediatric Anesthesia*, 2022, 32.2: 354-362.

Děkuji za pozornost