

Základy UPV a její komplikace, protektivní ventilace

MUDr. Ondřej Hrdý

KARIM FN Brno

LF MU Brno

ÚVOD - Patofyziologie dýchání

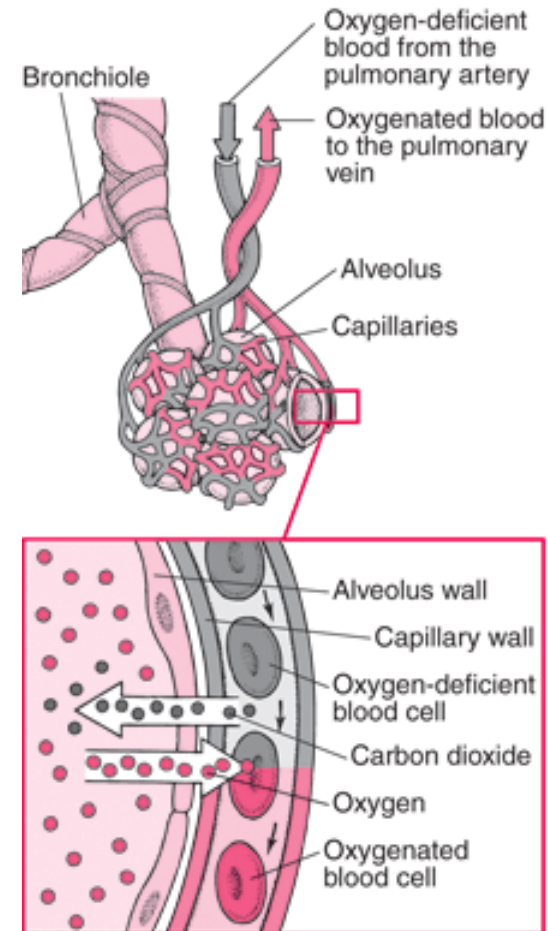
Cílem dýchání je

zabezpečit dostatečný **přívod O_2** buňkám k zajištění procesu tvorby energie

a zajistit dostatečný **odvod CO_2** jako odpadního produktu jejich metabolismu

Difuze - výměna O_2 a CO_2 mezi vzduchem a krví

- K výměně dýchacích plynů mezi alveolárním vzduchem a krví dochází přes **alveolokapilární membránu** v závislosti na její ploše (cca 100 m^2), síle (tloušťce) a rozdílů koncentrací plynů na jejich stranách



Respirační insuficience (RI)

Definice:

Nedostatečnost zevního dýchání, kdy se hodnoty parciálních tlaků arteriálních krevních plynů pohybují mimo normální rozmezí.

Pozn!

Diagnózu RI nelze stanovit bez **vyšetření krevních plynů**

hypoxemie $\text{PaO}_2 < 9 \text{ kPa}$

hyperkapnie $\text{PaCO}_2 > 6 \text{ kPa}$

Dělení RI

Parciální RI – izolovaná hypoxemie

Globální RI – hypoxemie a hyperkapnie

Dle rychlosti vzniku :

- ▶ **Akutní** - vzniká náhle (např. astmat.záchvat)
- ▶ **Chronická** - vzniká postupně (např. CHOPN)

Dělení RI

Dle způsobu vzniku :

I.typu - „oxygenační selhání“ podstatou je poškození alveolokapilární membrány
(většinou parc. RI)

II.typu - „ventilační selhání“ - podstatou je selhání činnosti „svalové pumpy“ (CNS, hrudní koš, dýchací svaly, neurosvalového spojení)
(většinou globální RI)

Etiologie dle místa vzniku

Poškození řídicího centra v CNS a nervových drah

- Intoxikace CNS (předávkování léků (barbituráty, opiáty, alkohol)
- Úrazy, krvácení do CNS, ischemie CNS (CMP)
- Poškození nervových drah (polyradikuloneuritis)

Poruchy nervosvalového přenosu

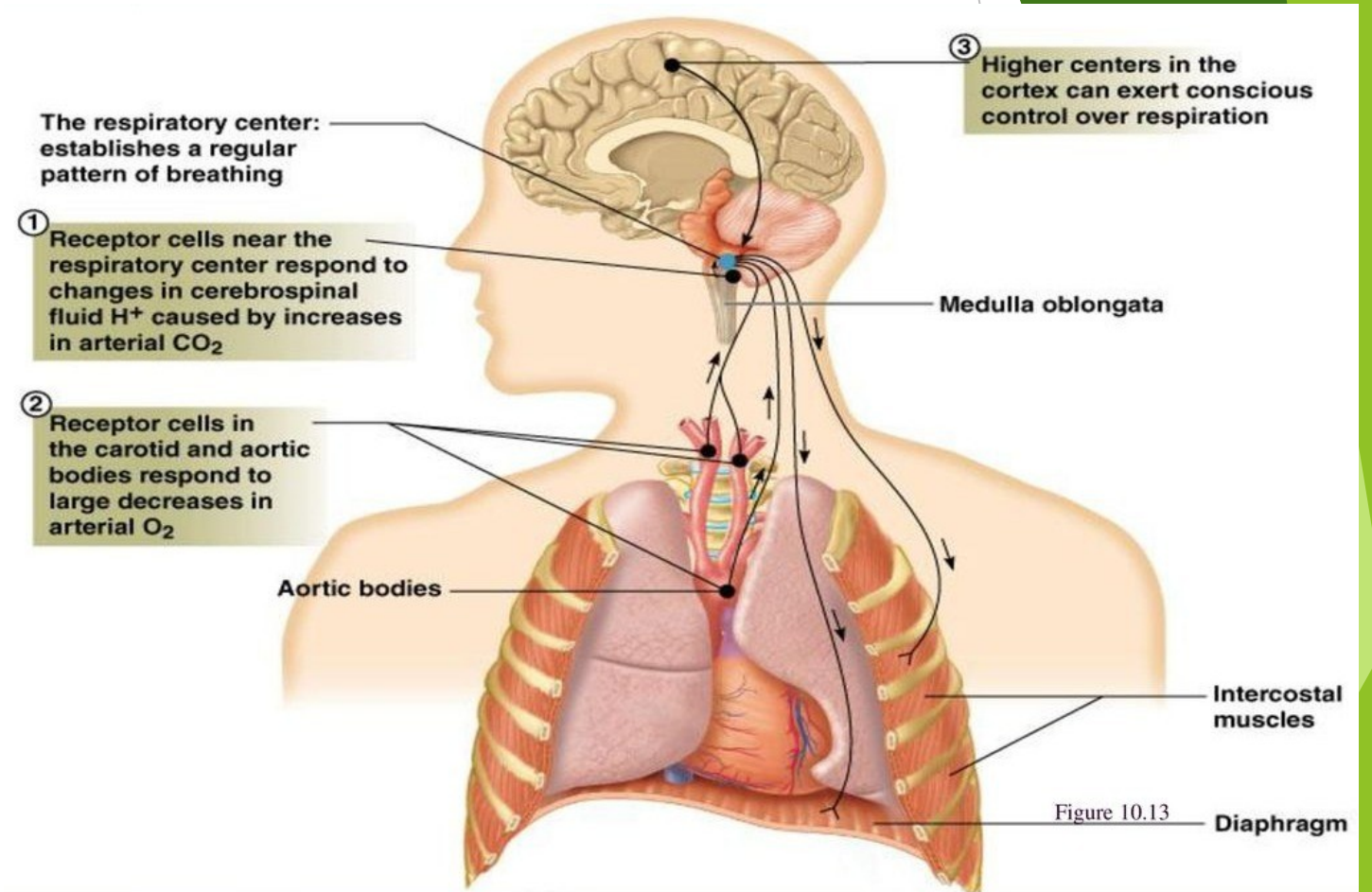
- Myopatie (onemocnění svalů)
- Tetanus, botulismus
- Svalová relaxancia, organofosfáty

Hrudní koš

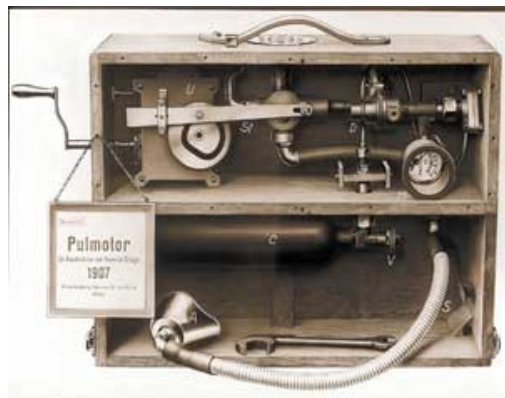
- Traumata hrudníku
- Popáleniny hrudního koše
- Pneumotorax (PNO)

Obstrukce dýchacích cest

- zapadlý jazyk
- syndrom spánkové apnoe
- Aspirace
- laryngo/bronchospasmus
- tumor



UPV - Základy



Cíle a indikace UPV

- ▶ **UPV - způsob dýchání, při němž mechanický přístroj plně nebo částečně zajišťuje průtok plynů respiračním systémem** (American College of Chest Physicians Consensus Conference 1993)

Klinické cíle UPV

- ▶ UPV slouží (po dobu nezbytně nutnou) k podpoře či náhradě oxygenační a ventilační funkce respiračního systému
- ▶ k dosažení individualizovaných parametrů oxygenace a ventilace
- ▶ omezení nežádoucích účinků UPV (mimoplicních i plicních)

Klinické cíle UPV

Zvrat hypoxemie (cílové hodnoty p_{aO_2} nad 60mmHg a saO_2 nad 90%)

Zvrat akutní respirační acidózy

(Pozn.: Permisivní hyperkapnie- při neúměrném riziku iatrogenního poškození nemocného)

Zvrat dechové tísně (odstranění těžkého dyskomfortu do doby odstranění nebo zlepšení primární příčiny)

Prevence a zvrat atelektáz (ke korekci následků inkompletní plicní inflace)

Zvrat únavy dýchacího svalstva (v době akutního zvýšení dechové práce)

Klinické cíle UPV - pokračování

Umožnění sedace nebo nervosvalové blokády (anestezie...)

Snížení systémové nebo myokardiální kyslíkové spotřeby

(vede-li dech. práce k nepoměru mezi dodávkou a spotřebou kyslíku nebo přetížení funkčně limitovaného myokardu - kardiogenní šok, akutní plicní selhání)

Snížení nitrolebního tlaku (hyperventilace - vazokonstikce)

Stabilizace hrudní stěny (při závažném porušení integrity hrudní stěny (flail chest))

Indikační kritéria k zahájení UPV

Oxygenace:

- ▶ $\text{PaO}_2 < 70 \text{ mmHg}$ při $\text{FiO}_2 0,4$
- ▶ $\text{AaDO}_2 > 350 \text{ mmHg}$ při $\text{FiO}_2 1,0$
- ▶ plicní zkrat (Qs/Qt) $> 20\%$
- ▶ $\text{PaO}_2/\text{FiO}_2 < 200 \text{ mmHg}$

Ventilace:

- ▶ apnoe
- ▶ $\text{PaCO}_2 > 55 \text{ mmHg}$ (kromě pacientů s chronickou hyperkapnií)

Plicní mechanika:

- ▶ dechová frekvence nad 35/min.
- ▶ vitální kapacita - méně než 15ml/kg
- ▶ maximální inspirační podtlak, který je nemocný schopen vyvinout- méně než 25 cm H₂O

Formy UPV

Dle mechanismu zajišťujícího prů

- ▶ Ventilace pozitivním přetlakem- tzv. ko
- ▶ Ventilace negativním tlakem- např. želez
- ▶ Trysková ventilace (100-600/min)
- ▶ Oscilační ventilace (4-15Hz)



Formy UPV - přístroje

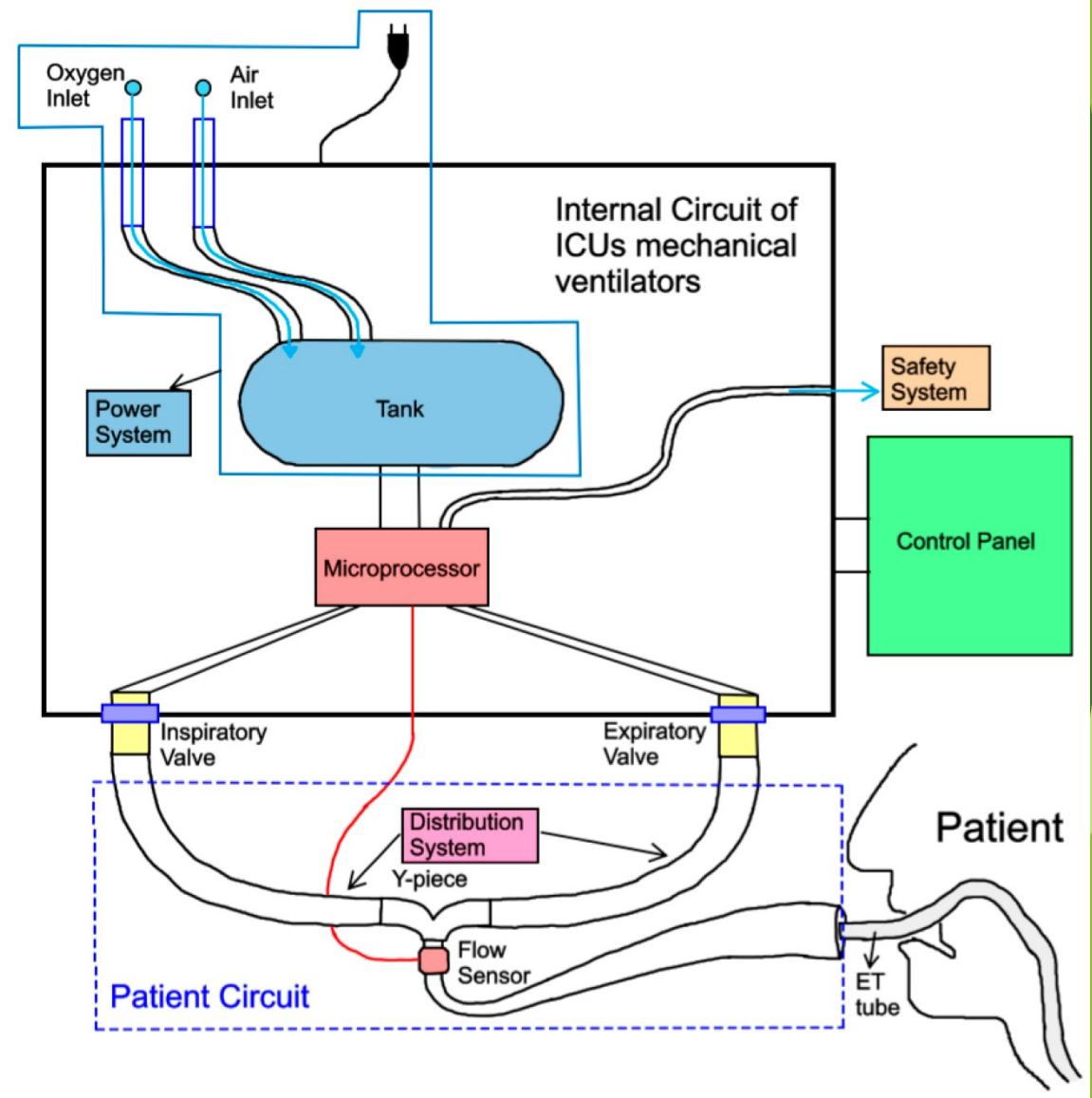


Definice ventilátoru

- ▶ **přístroj, který zajišťuje** (úplně či částečně)
výměnu plynů mezi alveoly a vnějším
prostředím (přerušovaným generováním transrespiračního tlakového gradientu (tlak vstupu do DC - tlak v alveolech))

Konstrukce ventilátoru

1. zdroj pohonu
2. pohonné zřízení
3. řídicí jednotka
4. zařízení k modulaci expira
5. ovládací prvky
6. snímače tlaku a průtoku
7. monitorovací jednotka
8. bezpečnostní zařízení

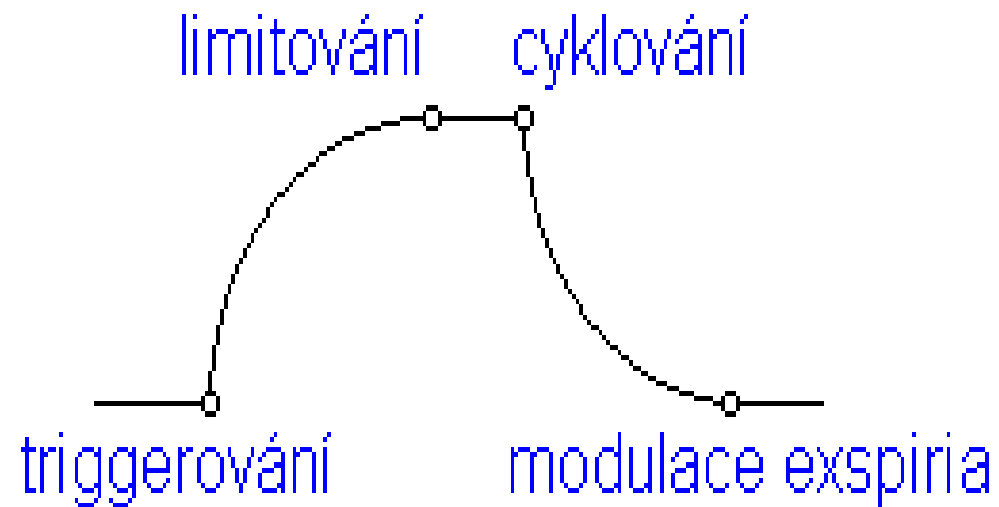


VENTILAČNÍ REŽIMY



Fáze dechového cyklu

1. Iniclace (signál vedoucí k zahájení vdechu)
2. Limitace (tlak, objem)
3. Cyklování (dosažení podmínky pro ukončení inspiria)
4. Exspirace



Klasifikace ventilačních režimů

1. podle stupně ventilační podpory

- režimy zajišťující plnou vent. podporu
- režimy zajišťující částečnou vent. Podporu

2. podle synchronie s inspiem nemocného

- synchronní - pressure nebo flow trigger (SIMV, PS, další moderní režimy)
- asynchronní- bez ohledu na dech. Aktivitu

3. podle způsobu řízení inspirační fáze

- režimy s nastavenou velikostí V_t (VCV, VC SIMV)
- s variabilní velikostí V_t (PCV, PC SIMV, PS, BIPAP)

Klasifikace ventilačních režimů

4. Hybridní režimy

(kontrolováno současně více řídicích proměnných (tlak, průtok, objem...))

- PRVC
- Volume Support

5. Ostatní kombinované režimy

Adaptive support ventilation- tlak. řízené a podporované dechy podle stupně dechové aktivity nemocného

Typy dechů

- ▶ **Zástupové (mandatorní)**
 - ▶ Fixní délka insp a dodány definovány P a flow
 - ▶ Iniciován časem = řízený dech
 - ▶ Triggerován = asistovaný dech
 - ▶ Není-li triggering = řízená ventilace (CMV)
 - ▶ Jsou-li triggerovány všechny = asistovaná ventilace
- ▶ **Spontánní**
 - ▶ Vždy triggerovány, proměnlivá délka insp.
 - ▶ Podporované (PSV)
 - ▶ Nepodporované (CPAP)

Volume control

- ▶ „zlatý standard“
- ▶ iniciace časem
- ▶ limitace objemem
- ▶ cyklování časem (I:E)
- ▶ je-li před dosažením objemu dosaženo limitu tlaku, odejde zbytek objemu přes pojistný přetlakový ventil

- ▶ Často výchozí režim (při celkové instabilitě, apnoe, anestezie, KPR, Status asthmaticus)

Pressure control

- ▶ iniciace časem nebo tlakem či průtokem
 - ▶ limitace tlakem
 - ▶ cyklování časem (I:E)
-
- ▶ většinou preferován při plicních patologiích
 - ▶ nevhodný při stavech s častou a významnou změnou impedance respiračního systému - křeče, status asthmaticus, . KPR

Pressure regulated volume control (PRVC)

- ▶ pacient je ventilován určitou, garantovanou MV a nízkými inspiračními tlaky které se mění při změnách mechaniky plic
- ▶ vychází z tlakově řízené ventilace
- ▶ mikroprocesor měří C_{dyn} při každém dechu a upravuje na jejím základě hodnotu insp. tlaků, aby bylo dosaženo nastaveného V_t

Pressure support

- ▶ přístroj vypomůže s dechem do určité tlakové hladiny, kterou nastavíme
 - ▶ od okamžiku, který určíme triggerem
 - ▶ průtok je decelerační
 - ▶ pacient si určuje frekvenci dýchání a inspirační čas
 - ▶ není zajištěn MV
-
- ▶ spojení výhod spontánního dýchání + tlakově kontrolovaného dýchání
 - ▶ výše PS je určena s ohledem na f , V_d a výměnu plynů

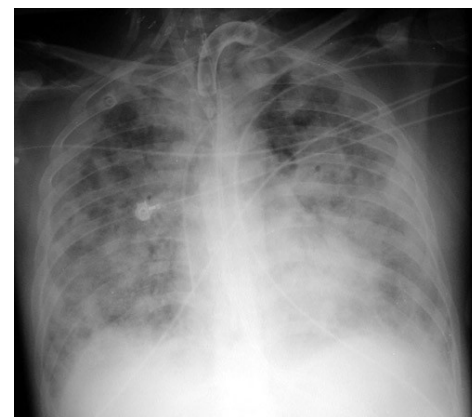
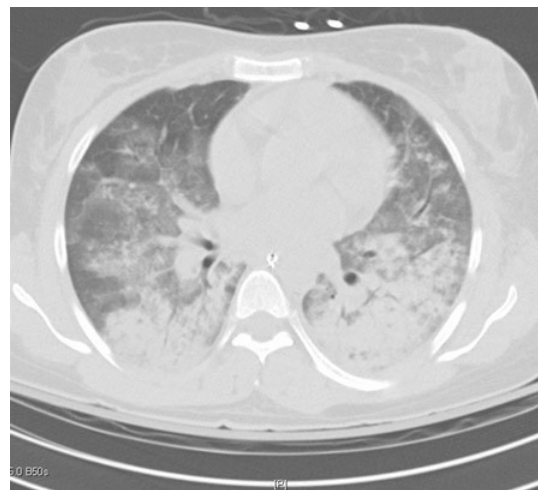
Continuous positive airway pressure (CPAP)

- ▶ výrazně snižuje námahu pacienta
- ▶ antiatektatický účinek
- ▶ Zvyšuje funkční reziduální kapacitu - zvýší compliance - otevře se více plicních alveolů - výrazná redukce dechové práce
- ▶ + 1kPa eliminuje odpor hadic

ZEEP

- ▶ Zero endexpiratory pressure = atmosférický tlak na konci výdechu=0
- ▶ Ayerovo T
- ▶ u OTI vhodné jen 30 minut, je zvýšena dechová práce
- ▶ u TS možno dlouhodobě

NASTAVENÍ VENTILAČNÍHO REŽIMU COPD/ARDS



MONITORACE V PRŮBĚHU UPV

- ▶ klinické monitorování
- ▶ monitorování výměny plynů
- ▶ monitorování mechaniky respiračního systému

KLINICKÉ MONITOROVÁNÍ

Funkce přístroje a pomůcek

- pohyby hrudníku
- okruh přístroje
- obrazovka ventilátoru
- hloubka zavedení ETK
- těsnost okruhu/ETK
- provozní zvuky ventilátoru

Interakce nemocného a přístroje

- zapojování pomocných dýchacích svalů
- detekce insp úsilí nemocného ventilátorem - nerozpoznané dech úsilí

KLINICKÉ MONITOROVÁNÍ

Oběh

- TK,P
- diuréza
- náplň krčních žil
- kapilární návrat

Plicní funkce

- pohyby hrudníku, symetrie
- charakter sputa
- cyanosa
- poslechový nález na hrudníku

VÝMĚNA PLYNŮ

SpO₂ - princip, omezení

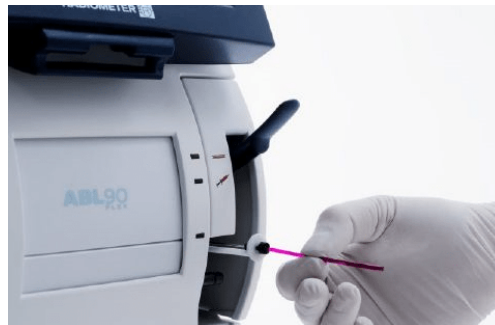


ETCO₂ - princip, omezení



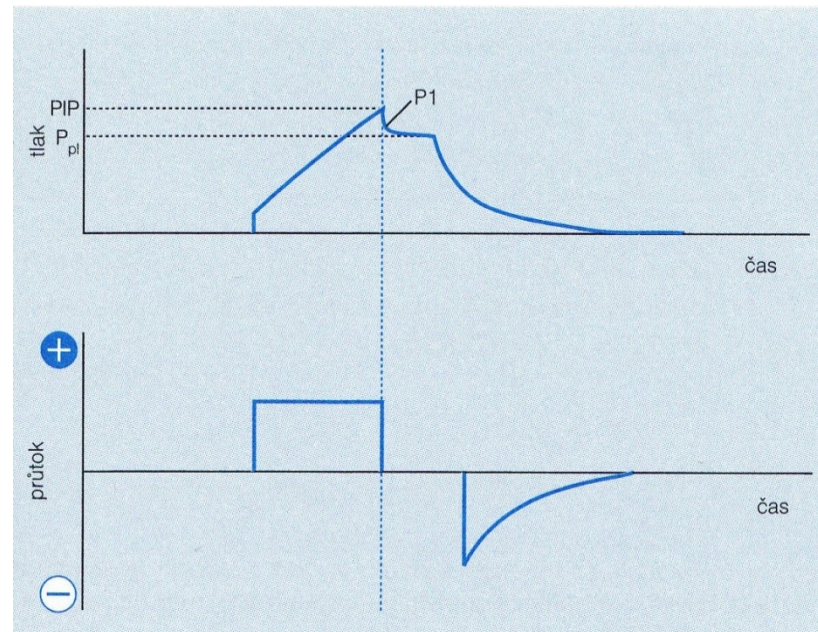
krevní plyny - PaO₂, PaCO₂, pH

- hodnocení oxygenace - PaO₂
- hodnocení ventilace - PaCO₂, pH



PLICNÍ MECHANIKA

- ▶ sledování tlaků, objemů a průtoků
- ▶ zpravidla měření u nemocných bez dechové aktivity při UPV s konst. průtokem



Parametry / monitorace UPV

▶ Oxygenace

▶ Parciální tlak kyslíku v alveolech

- ▶ Frakce kyslíku

- ▶ Střední tlak v alveolech

- ▶ PEEP

- ▶ Zvyšuje tlak, tudíž i parciální tlak kyslíku

- ▶ Koncept „Otevřené“ plíce

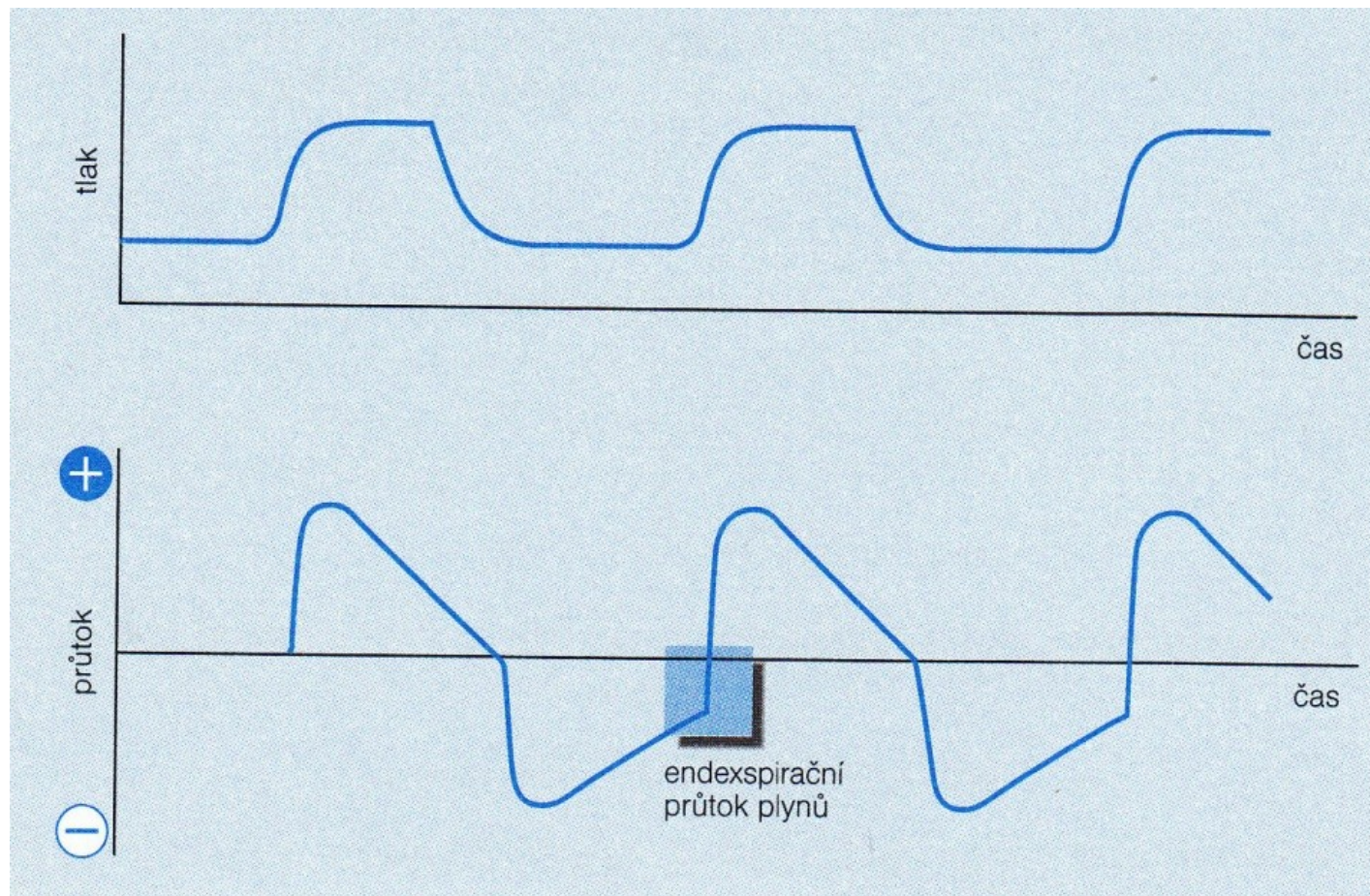
- ▶ Poměr času nádechu a výdechu

- ▶ Nádech je „vysokotlaká“ část dechového cyklu, prodloužení na úkor výdechu zvyšuje oxygenaci

AutoPEEP

- ▶ Synonyma
 - ▶ Dynamická hyperinflace, intrinsic PEEP
- ▶ Patofyziologie
 - ▶ Na konci výdechu není ukončeno proudění plynů, což vede po každém výdechu k nárůstu reziduálního objemu plic a PEEP
- ▶ autoPEEP je rozdíl mezi nastaveným a změřeným PEEP
- ▶ Nutno léčit příčinu bronchospasmu a dle možnosti prodloužení trvání fáze výdechu
- ▶ Typické dg - AB, AE CHOPN

PLICNÍ MECHANIKA - DYNAMICKÁ HYPERINFLACE



Komplikace UPV

- ▶ Ze zajištění DC
- ▶ Nadměrné/nedostatečné zvlhčení/ohřátí směsi
- ▶ Ztráta nebo snížení obranných reflexů a mukociliárního transportu
- ▶ Expozice vysoké koncentraci O₂
- ▶ Různé stavy vedou ke zvýšené tvorbě ROS, při vysokém pO₂ další zvýšení tvorby
- ▶ Plicní poškození při ventilaci pozitivním tlakem
- ▶ Mimoplicní poškození při ventilaci pozitivním tlakem

Komplikace UPV

▶ MIMOPLICNÍ

- ▶ Kardiovaskulární (zhoršený žilní návrat) CAVE hypovolemie
- ▶ Renální (zahájení UPV = pokles ren. fcí)
- ▶ GIT (hypoperfuze při poklesu CO + zvýšený žilní tlak)
- ▶ Nitrolebí (vyšší PEEP zvyšuje ICP, ale hlavně změny CO₂)

▶ PLICNÍ

- ▶ VILI - zvířecí model
- ▶ VALI - pacienti

Komplikace UPV

- ▶ Barotrauma (vzduch mimo alv)
 - ▶ PNO, pneumomediastinum, podkožní emfyzém, vzduchová embolie
- ▶ Plicní edém
- ▶ Plicní destrukce (pseudocysty, pneumatokély)

- ▶ MECHANISMY
 - ▶ Nadlimitní změna objemu
 - ▶ Nadměrná energie dodaná do plicní tkáně
 - ▶ Nepřiměřeně rychlá změna objemu/tvaru

Komplikace UPV

▶ PŘÍČINY

- ▶ Nehomogenita plic
- ▶ Nevhodný dechový objem
- ▶ Nevhodná délka inspiria
- ▶ Nevhodný inspirační průtok plynů
- ▶ Nedostatečný objem plic na konci exspira (PEEP)
- ▶ Nadměrný objem plic na konci inspiria
- ▶ Asynchronie
- ▶ Nadměrná dechová frekvence
- ▶ Vysoká frakce O₂

Komplikace UPV

Riziko roste s délkou UPV a stupněm poškození plic

Proto používáme opatření minimalizující tato rizika, tj.

PROTEKTIVNÍ VENTILACE

driving pressure do 14 cmH₂O

Pplat do 25 cm H₂O

DF do 25/min

Vt max 6ml/kg/PBW



UPV - ZÁVĚR

UPV = nejčastější důvod přijetí na JIP

Cíl UPV = zajistit adekvátní výměnu plynů

EPIDEMIOLOGIE UPV

Critical Care Medicine®

The epidemiology of mechanical ventilation use in the United States¹

Wunsch, Hannah MD, MSc; Linde-Zwirble, Walter T.; Angus, Derek C. MD, MPH; Hartman, Mary E. MD, MPH; Milbrandt, Eric B. MD, MPH; Kahn, Jeremy M. MD, MSc [Author Information](#) ©

Critical Care Medicine: October 2010 - Volume 38 - Issue 10 - p 1947-1953
doi: 10.1097/CCM.0b013e3181ef4460

- ▶ hodnoceno 6,5 milionu hospitalizací v USA
- ▶ 180 tisíc pac. na UPV (2,8%)
- ▶ spotřebovali 12% nemocničních nákladů
- ▶ nemocniční mortalita 35%
- ▶ domů propuštěno 30%

Table 2. Outcomes for patients who r

Variable	All Patients (n = 180,326)
Died in hospital, %	34.5
Discharge location	
Home	30.8
Skilled nursing	28.2
Other acute hospital	4.6
Other/unknown	1.9
Hospital LOS, days	
All patients	14.1 ± 16.9
Survivors	15.3 ± 16.6
Nonsurvivors	11.8 ± 17.1
Total costs, thousands	
All patients	34.2 ± 40.6
Survivors	35.7 ± 40.0
Nonsurvivors	31.4 ± 41.3

EPIDEMIOLOGIE UPV



Epidemiological trends in invasive mechanical ventilation in the United States: A population-based study^{☆,☆☆}

Anuj B. Mehta, MD^{a,*,1}, Sohera N. Syeda, MD^{a,b,2},
Renda Soylemez Wiener, MD, MPH^{a,c,3}, Allan J. Walkey, MD, MSc^{a,4}

- ▶ nechirurgičtí pacienti
- ▶ incidence stoupá
- ▶ nemocniční mortalita klesá

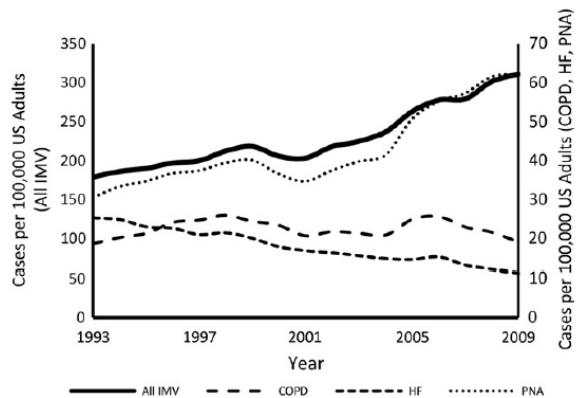


Fig. 1. Incidence of invasive mechanical ventilation in the United States: 1993-2009. Abbreviation: PNA indicates pneumonia.

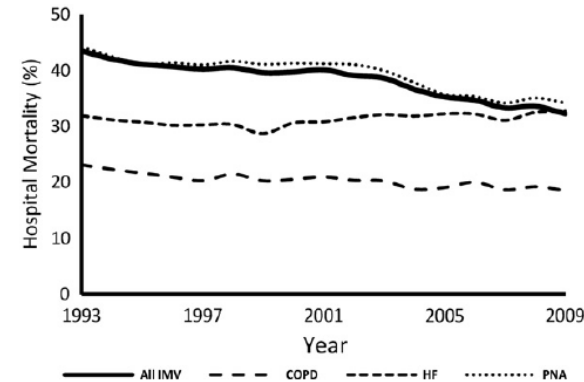


Fig. 2. Unadjusted hospital mortality for patients receiving invasive mechanical ventilation in the United States: 1993-2009.

Děkuji za pozornost