

# Umělá plicní ventilace



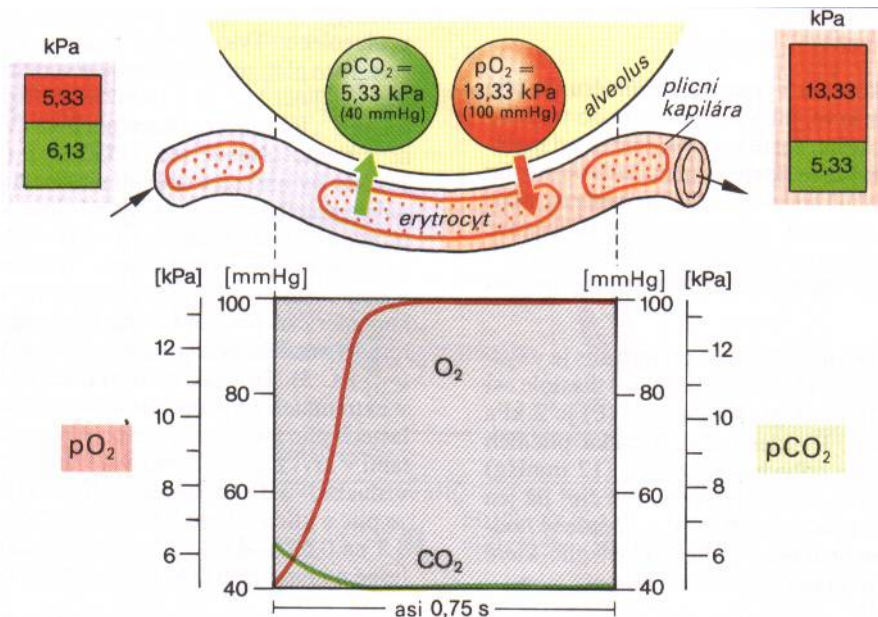
MUDr. L. Dadák  
ARK FNUSA

---

---

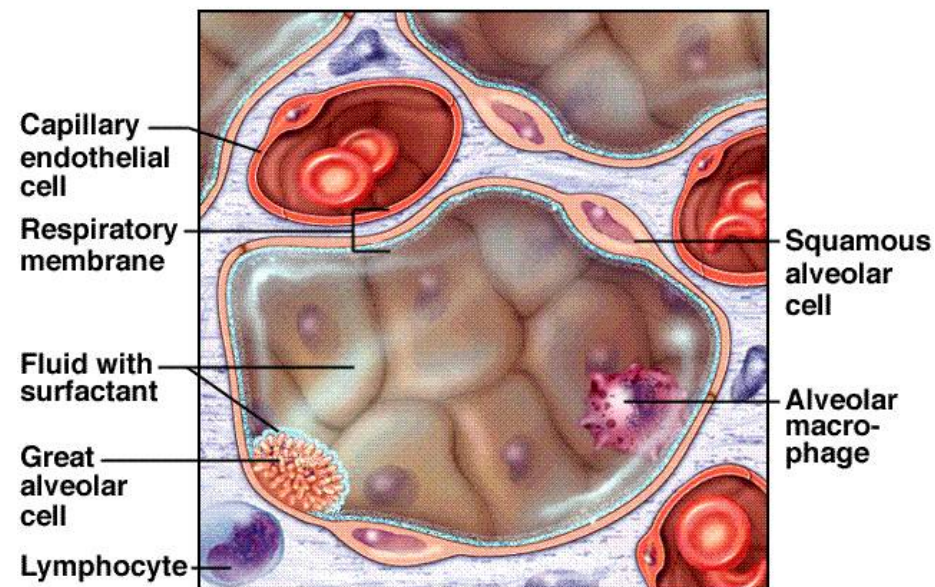
# Dýchání

- def: slouží výměně krevních plynů (O<sub>2</sub>, CO<sub>2</sub>)
- vnější dýchání = výměna vzduch <--> krev

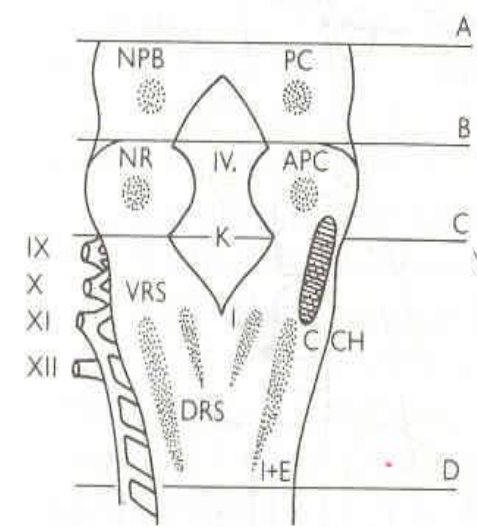
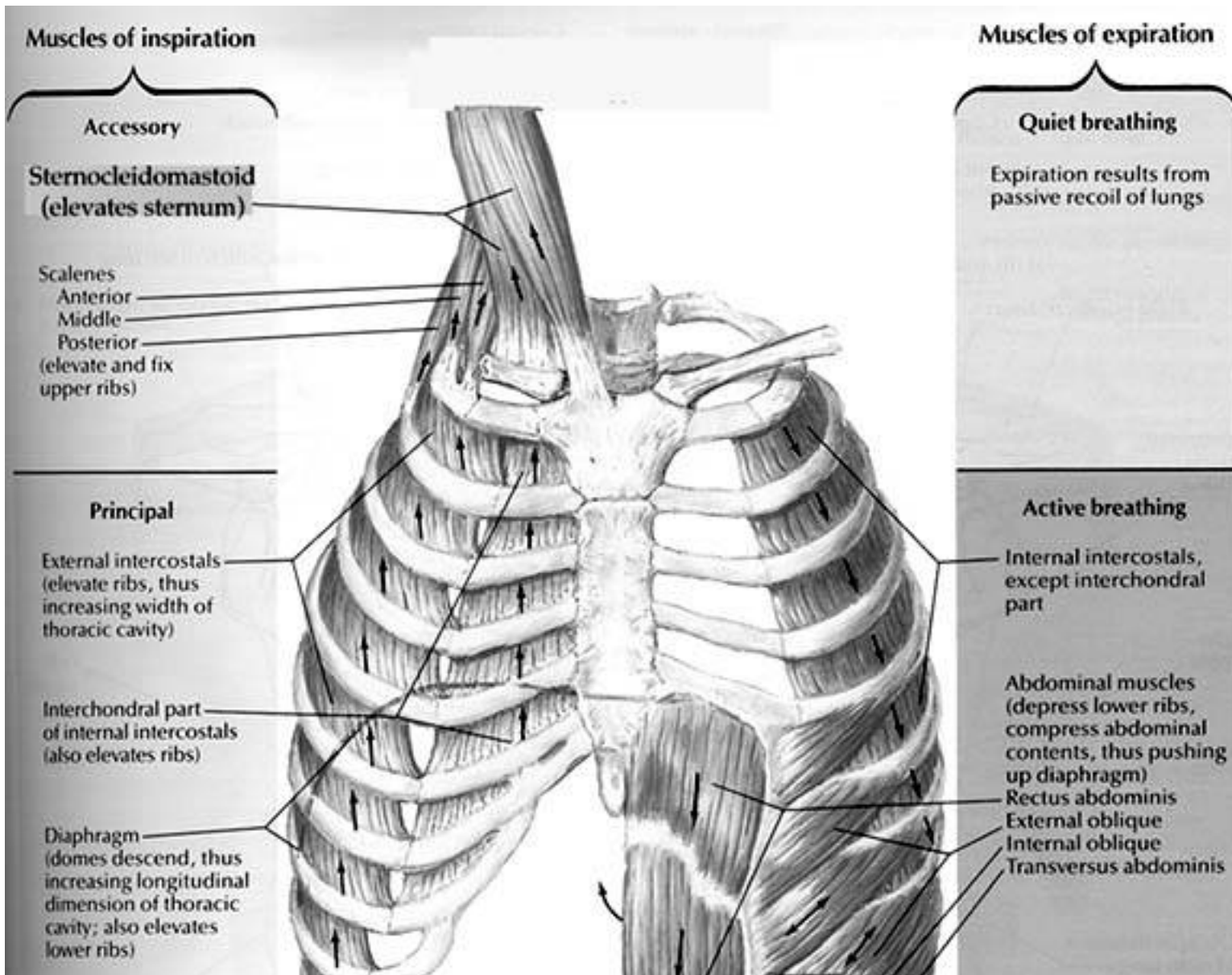


Kenneth S. Saladin, ANATOMY AND PHYSIOLOGY: THE UNITY OF FORM AND FUNCTION, Copyright © 1998, The McGraw-Hill Companies, Inc. All rights reserved.

## Structure of an Alveolus



# Spont. ventilace



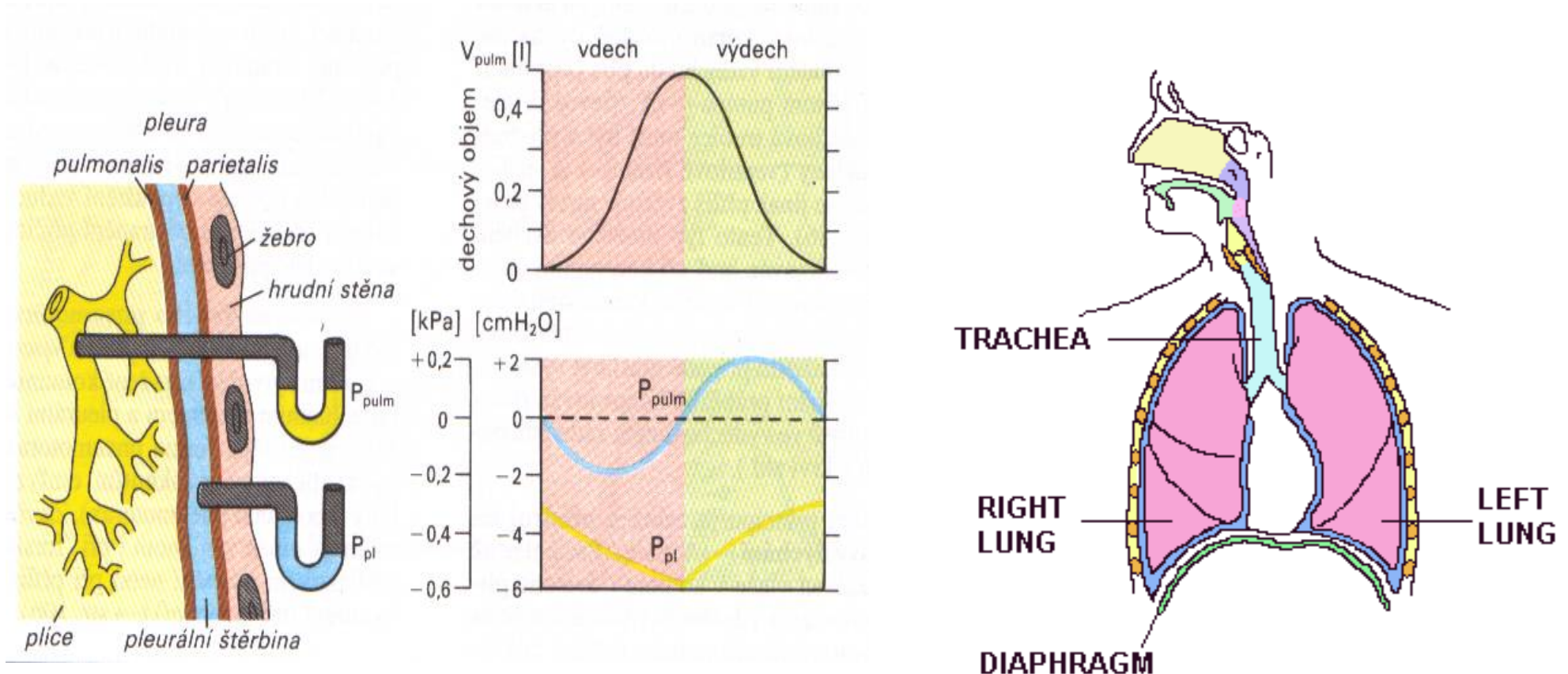
Obr. 103. Organizace centrálních regulačních center. Vlevo jsou znázorněny morfologické struktury, vpravo funkční jednotky. NPB – nucleus ambiguus, NR – nucleus reticularis, VRS – ventrální respirační skupina, DRS – dorzální respirační skupina, IV. K. – čtvrtá komora, I – inspirace, E – expirace, APC – apikální respirační centrum, C, CH – kaudální respirační centrum, I+E – inspirace a expirace. Vpravo záznam dýchání.

# Spontání dýchání

- řízeno dechovým centrem ( $\text{CO}_2 \rightarrow \text{pH}, \text{O}_2$ )
- podtlak v plicích vzniká činností dýchacích svalů
- normálně spotřebuje 2 až 5 %  $\text{O}_2$   
(resp. selhání až 50% dodávky  $\text{O}_2$ )



# Spont. ventilace



nádech = podtlak v hrudníku

- snazší návrat krve do srdce

# Fyziologický dechový cyklus

- Df ...počet dechů/minutu..norma 10-20
  - tachypnoe x bradypnoe
  - DV...dechový objem...5-7 ml/kg
  - minutová ventilace...Df x DV
  - délka dechového cyklu: 60 s : počtem dechů.....cca 5 s , poměr insp/exspirium... 1:2
- 
-

# Oxygenace a ventilace

- na sobě nezávislé
- hodnocení pH a krevních plynů:
  - pH 7.35-7.45
  - PaO<sub>2</sub> 10-13 kPa
  - PaCO<sub>2</sub> 4.8-5.9 kPa



# Respirační selhání

- stav způsobený nedostatečností zevního dýchání
- základní mechanismy:
  - ventilační selhání = sval. pumpy MV ...  
**PaCO<sub>2</sub>**
    - apnoe, obrna bránice, PNO, nervo-sval.spojení
  - oxygenační selhání = alveolokapilární membrána
    - plicní otok, plicní zkrat = atelektázy, ARDS .....

**PaO<sub>2</sub>**

---

---



# Příčiny respiračního selhání:

- mozek (úrazy, tu, záněty, intoxikace)
- mícha (sy Guillain Barré, úrazy, poliomyelitis)
- nervosvalový přenos (myastenie, neuritis, tetanus, sval.relaxancia, botulismus)
- hrudník (trauma PNO, hemothorax)
- HCD – obstrukce (zánět, tu, trauma, cizí tělesa, laryngospasmus)
- DCD (astma, COPD, bronchiolitis, fibrózy, ARDS, kontuze)
- srdce (kardiogenní edém plic, plicní embolizace)
- neurogenní edém plic

# Klinické pozorování:

- stav vědomí
- pohled
  - poloha (leží, sedí)
  - zapojení pomocných dýchacích svalů
  - cyanóza
  - náplň krčních žil
- známky obstrukce DC (vpadává jugulum, souměrný pohyb?)
- ventilace:
  - frekvence
  - dechový objem
  - hypo / hyperventilace
- vyšetření krevních plynů, SpO<sub>2</sub>, kapnometrie

# UPV:

- soubor postupů umožňujících podpořit/zajistit výměnu plynů v plicích.
  - pozitivním přetlakem (PPV)
  - negativním podtlakem
  - trysková ventilace
  - oscilační ventilace



# Cíle ventilační terapie

- překlenout kritické období
  - dosažení přijatelných parametrů (<> normálních)
    - paO<sub>2</sub>, paCO<sub>2</sub>, pH.
    - zvýšení dech.objemů
    - snížení dechové práce
    - odstranění dechové tísně
    - snížení spotřeby O<sub>2</sub> v organismu
      - snížení nitrolebního tlaku (hyperventilací)
      - stabilizace hrudní stěny
  - omezení nežádoucích účinků
- 
-

# Indikace UPV:

- rozhodnutí o zahájení UPV
    - dle klinického stavu
    - základního onemocnění
    - zhodnocení **trendu**
  - Plicní mechanika
    - dechová frekvence  $> 35/\text{min}$
    - vitální kapacita  $< 15\text{ml/kg}$
    - maximální inspirační podtlak  $< -25 \text{ cm H}_2\text{O}$
  - Oxygenace
  - Ventilace
- 
-

# Indikace UPV:

- Oxygenace:
    - $\text{PaO}_2 < 9\text{kPa}$  (70 mmHg)
    - alveolo-arteriální difference
    - plicní zkrat
    - oxygenační index
  - Ventilace:
    - apnoe
    - $\text{PaCO}_2 > 7,5\text{ kPa}$  (55 mmHg)
    - Poměr  $V_d/V_t > 0.6$
- 
-

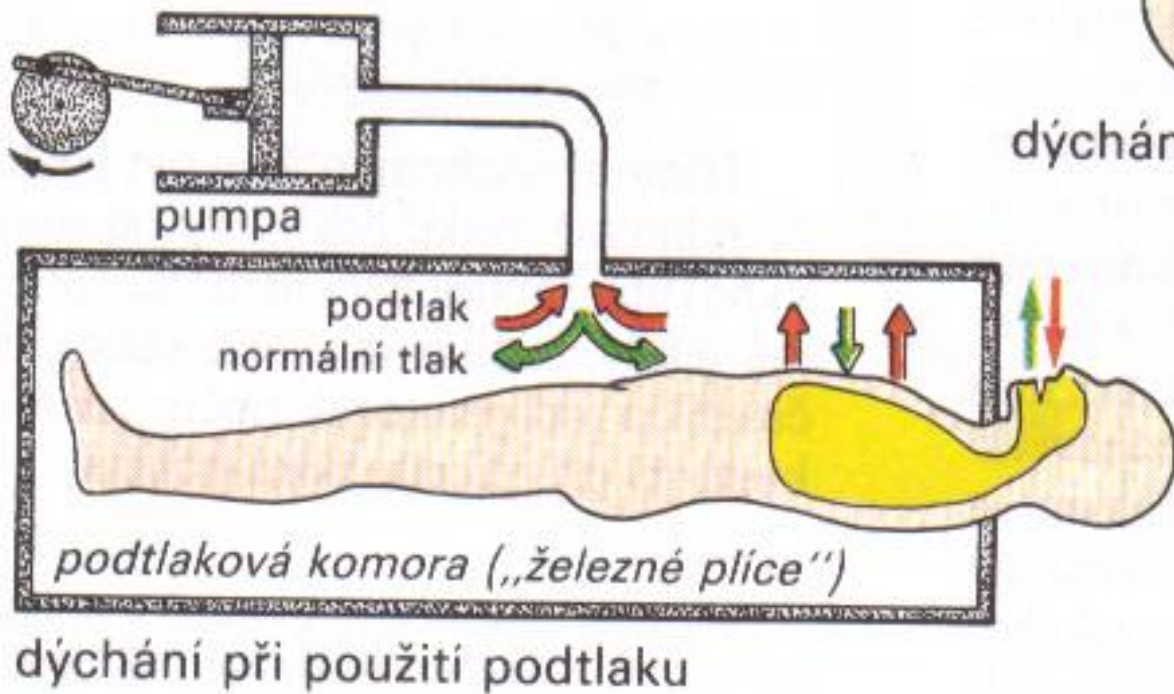
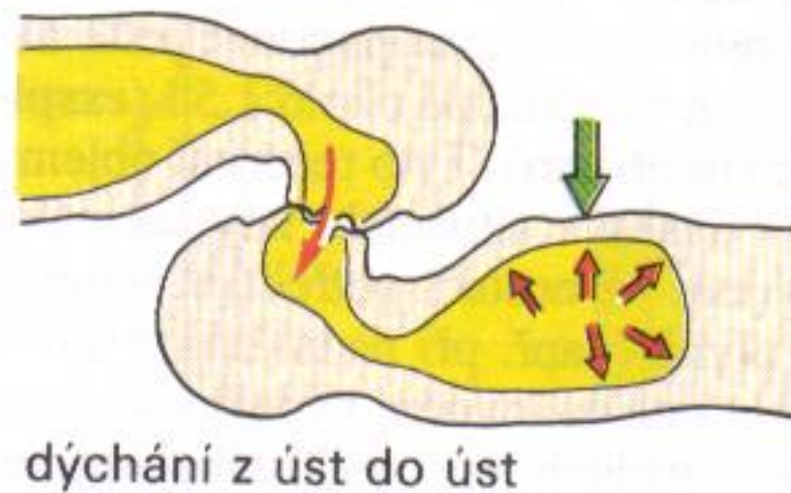
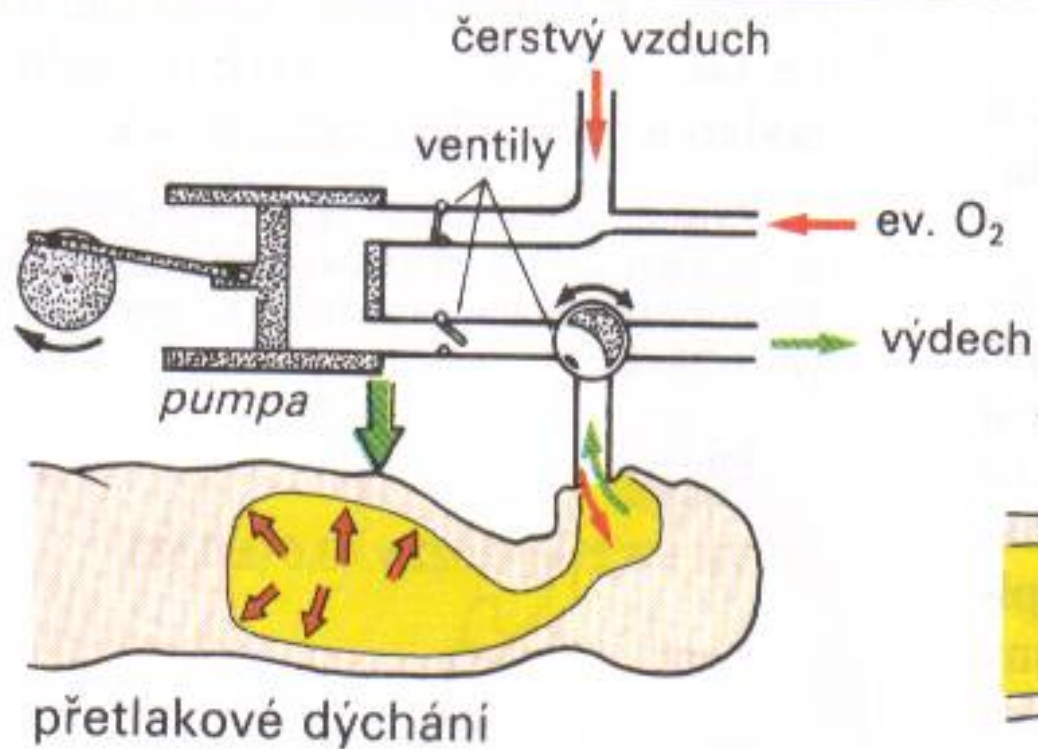


# Rozdělení UPV:



- neinvazivní (maska nosní, obličejová; helma)
- invazivní (OTI, TS)
- pozitivním přetlakem
- negativním podtlakem
- trysková ventilace
- oscilační ventilace





- změny tlaku
- vdech
  - výdech
- proud vzduchu
- vdech
  - výdech

# UPV pozitivním přetlakem

- není fyziologické!!
- pro plicní parenchym traumatické (VALI – ventilator associated injury)
- minimálně traumatická UPV:
  - malé dechové objemy –  $V_t$  6 ml/kg;
  - PEEP (end-expiratory positive airway pressure – pozitivní tlak na konci výdechu) podle stavu plicního parenchymu a hrudní stěny – tzv. optimální PEEP
  - minimální dechovou frekvenci k zajištění nezbytné eliminace  $CO_2$  (permissivní hyperkapnie pokud není kontraindikována tak, aby pH krve nekleslo pod 7.2)

# Zásady UPV

- co nejrychleji nemocného zbavit nutnosti umělé plicní ventilace – weaning (odvykání).
  - pokusit se stav zvládnout neinvazivní ventilací (NIV) nejčastěji aplikací PS + PEEP pomocí obličejové nebo nosní masky – t.j. vyhnout se tracheální intubaci, která s sebou přináší rizika.
- 
-

# Ventilátor



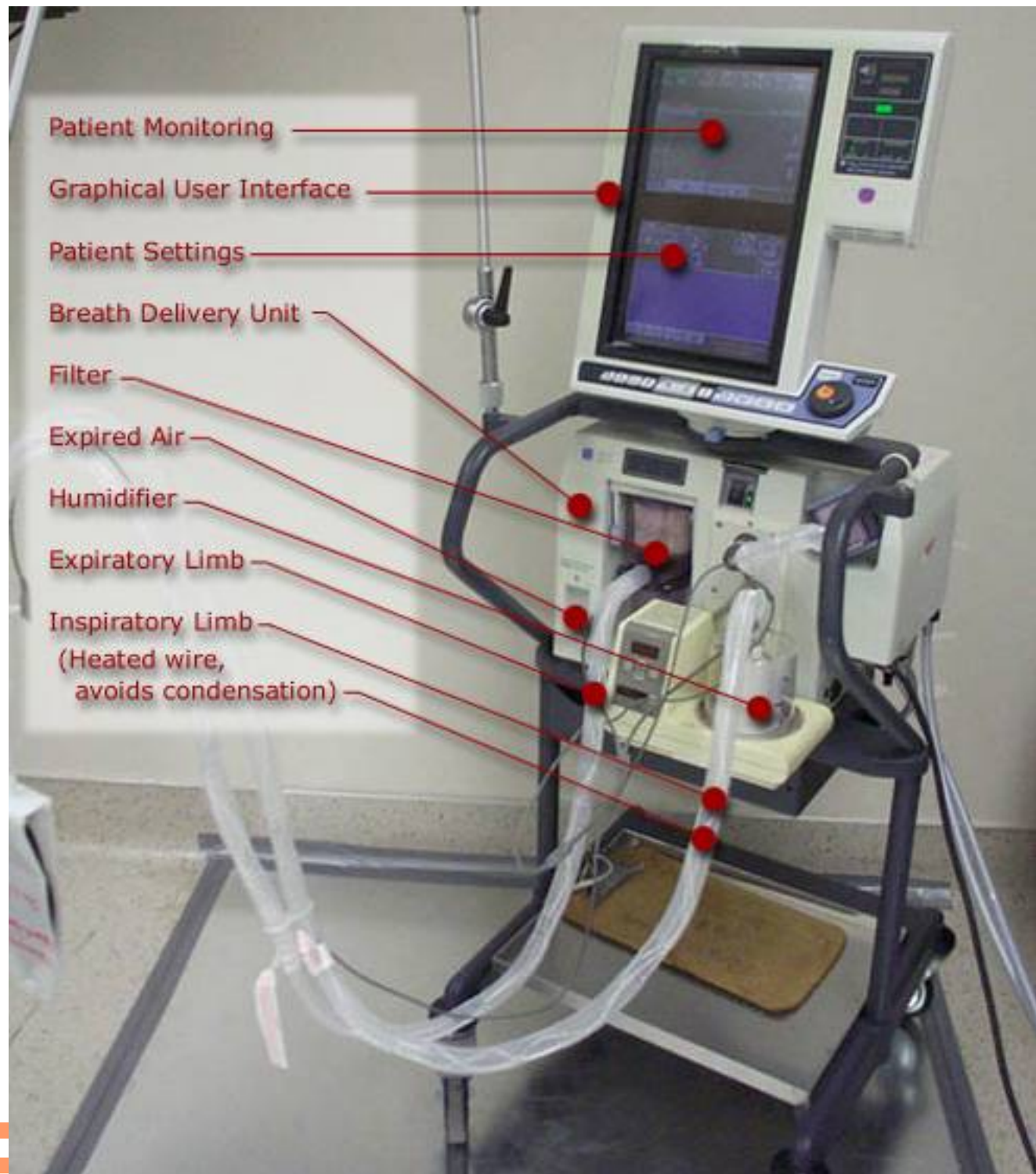
- technické zařízení, zcela nebo částečně zajišťuje výměnu plynů mezi plicními sklípky a vnějším prostředím



# Konstrukce ventilátoru:

- Zdroj pohonu (stlačený plyn, elektrická energie)
  - Pohonné zařízení (píst, ventily)
  - Řídící jednotka (mechanická, elektronická, mikroprocesorová)
  - Zařízení k modulaci expíria (PEEP)
  - Interface (ovládací prvky)
  - Snímače tlaku /průtoku
  - Monitorovací jednotka (alarm, trend, měření)
  - Bezpečnostní zařízení (záložní zdroj, záložní ventil.režim, kompenzace netěsnosti)
- 
- Pacientský okruh





Patient Monitoring

Graphical User Interface

Patient Settings

Breath Delivery Unit

Filter

Expired Air

Humidifier

Expiratory Limb

Inspiratory Limb  
(Heated wire,  
avoids condensation)

# Generace ventilátorů

- **1. generace** – Chirolog 1, Oxylog 1000, první mechanické a pneumatické ventilátory bez elektronických součástí, jednoduché přístroje, které neakceptovaly spontánní dechovou aktivitu pacienta, což vyžadovalo hlubokou sedaci nebo relaxaci
  - **2. a 3. generace** – přístroje s elektronickou komponentou (většina soudobých anesteziologických přístrojů), u 3. generace zastoupenou mikroprocesorem, což umožňuje značné rozšíření ventilačních režimů, zpětnovazebná regulace činnosti řídicí jednotky na základě údajů snímaných ventilátorem – Bennett 7200, Evita
- 
-

# Generace ventilátorů

- 4.generace- multimikroprocesorové ventilátory, uvedené v 90.letech 20.století , umožňují realizaci hybridních ventilačních režimů



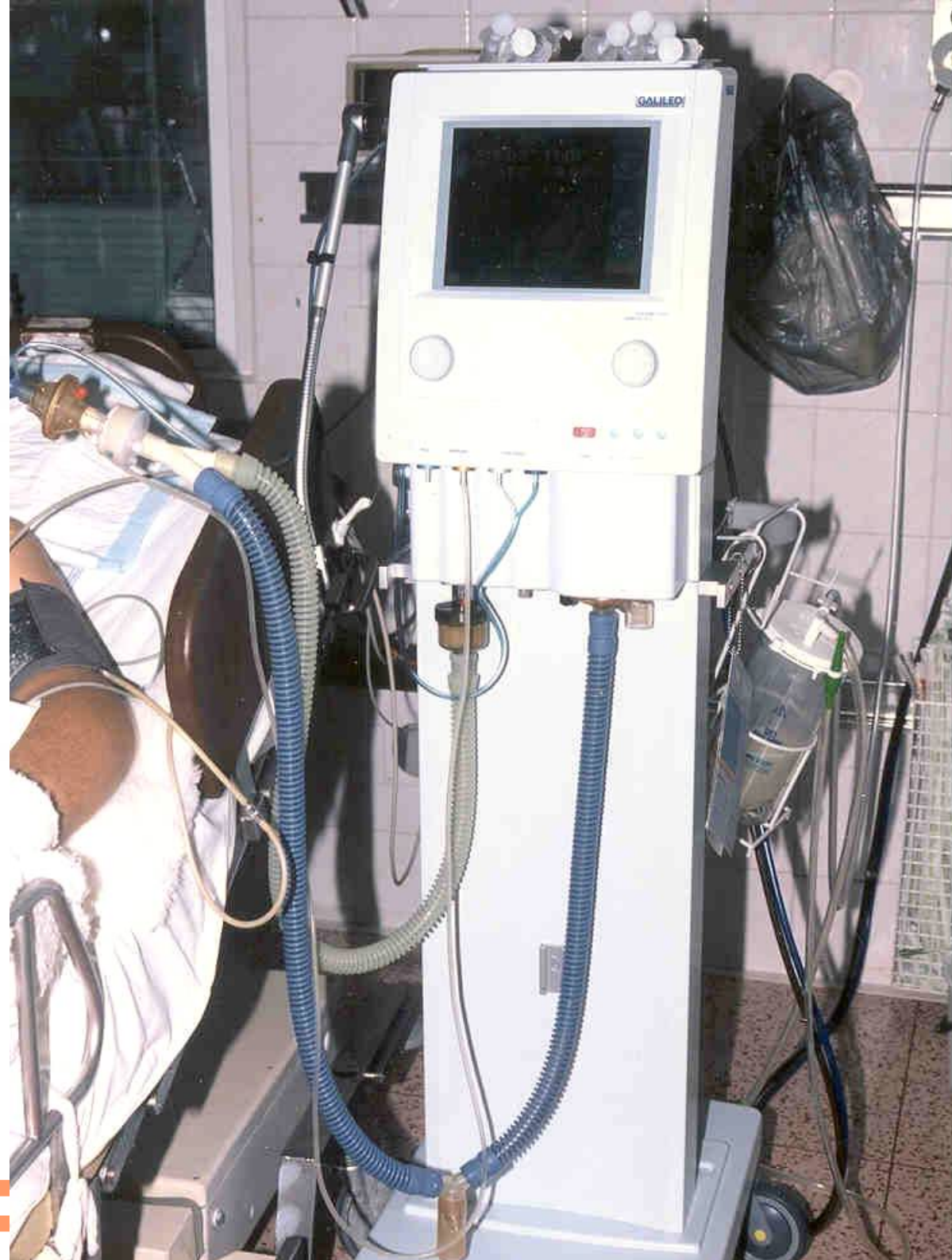
# Klasifikace ventilátorů:

- dle věku (novorozenecký, dětský, univerzální)
  - dle indikace (transportní, pro domácí UPV, anesteziologický)
  - dle konstrukce řídicí jednotky (pneumatické, elektronické, mikroprocesorové)
  - dle zajištění inspirační fáze (generátory tlaku, průtoku)
- 
-

# Dělení ventilátorů

- 1/ ICU-ventilátory (vysoce sofistikované elektronicky řízené servoventilátory s velkým výběrem ventilačních režimů a výbavou pro měření plicní mechaniky)
  - 2/ transportní ventilátory (tlakové, elektronické - s omezeným množstvím ventilačních režimů a minimální výbavou)
  - 3/ personal ventilátory pro „home care“-většinou vybaveny jedním režimem a alarmy
- 
-







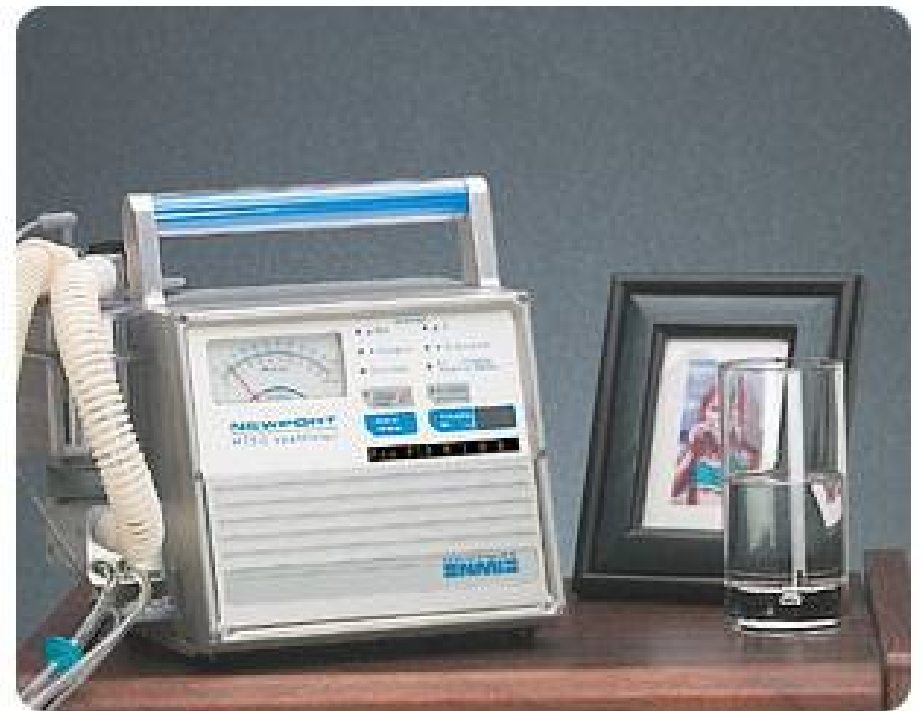


Control Panel Display Data:

PEEP	FiO2	Flow
5.0	21%	2.0
5.0	21%	2.0
5.0	21%	2.0

Additional parameters visible on the display include: PEEP Max: 11.0, FiO2 Max: 100%, Flow Max: 10.0, and a total volume of 2.3 Liters.





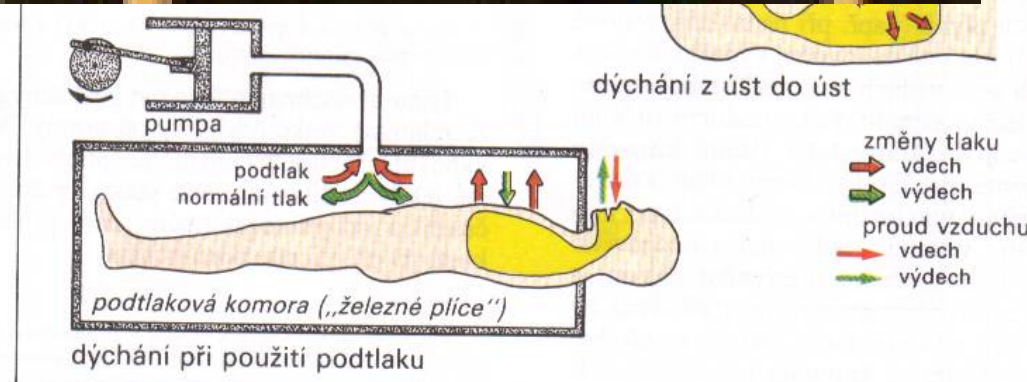
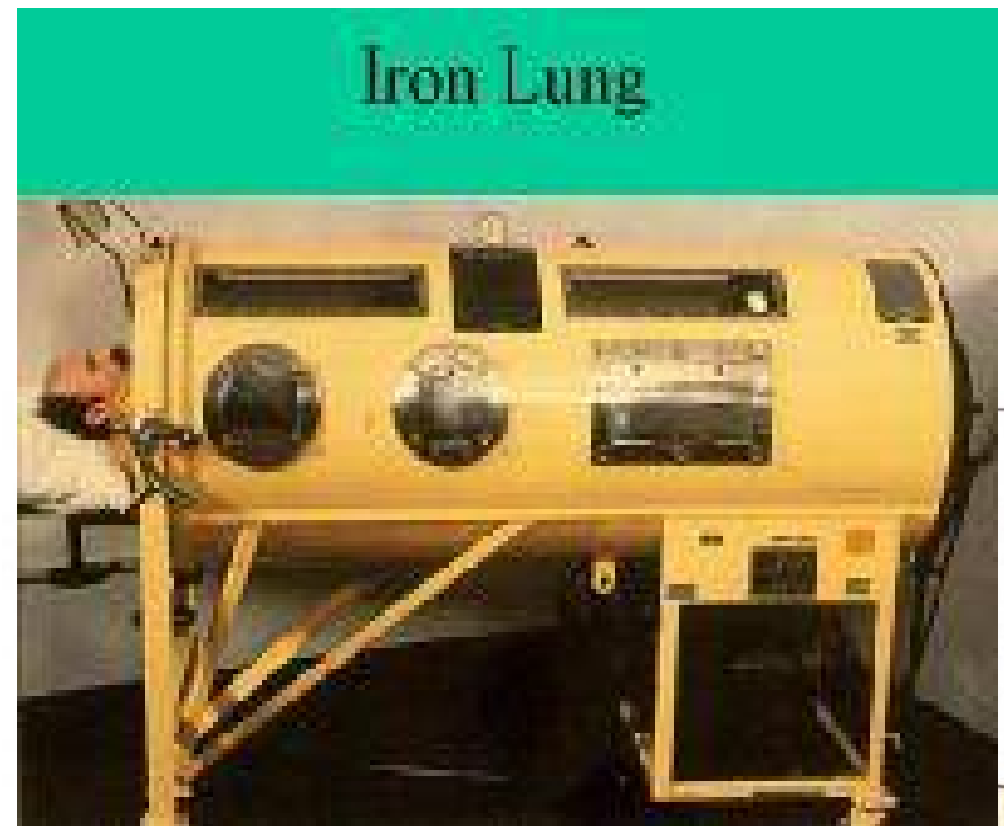
# Formy UPV

- ventilace pozitivním přetlakem
- trysková ventilace
- oscilační ventilace
- ventilace negativním tlakem – neužívá se

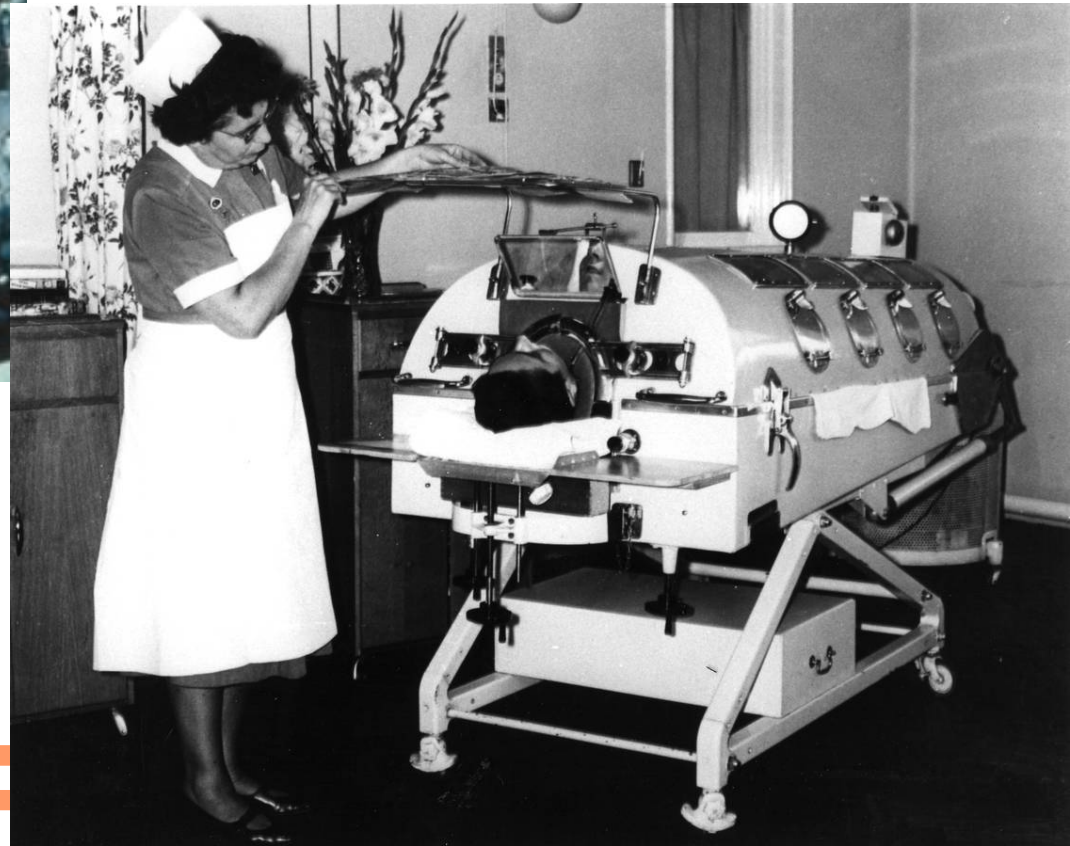


# Ventilace negativním podtlakem

- železné plíce
- celé tělo ve válci, kolem krku gumové těsnění
- \*1927, max v 1950s



# Ventilace negativním tlakem









# Ventilační režim

- konkrétní způsob realizace UPV.  
(jak je nastaven ventilátor.)
  - spont. dýchání
  - podpůrné ventilační režimy
  - řízená ventilace
- 
-

# Fáze dechového cyklu

- Inspirační
  - iniciace = co zahajuje dech. cyklus (čas, trigger (tlak, průtok))
  - limitace = omezení při tvorbě tlaku/průtoku (tlakový / objemový limit)
  - cyklování = co ukončuje inspirium (čas, dosažený tlak, objem, průtok)
  - inspirační pauza = zástava proudění v d.cestách
- Expirační fáze (pasivní fáze)
  - expirační pauza
    - od ukončení proudění vzduchu na konci výdechu do iniciace dalšího dech.cyklu.

# Ventilace pozitivním přetlakem

- Tlaková- průtok plynů při vdechu vzniká cyklickým zvyšováním tlaku na vstupu do dýchacích cest (jako při nafukování balonku)
- Objemová - ventilátor generuje průtok plynů, což vede k vzestupu tlaku na vstupu do DC a po dosažení určité hodnoty tlaku dochází k proudění plynů do DC nemocného



# Ventilační režimy:

- MV (mandatory ventilation) – řízená ventilace;
  - PCV (pressure controlled ventilation) – tlakově řízená ventilace;
  - VCV (volume controlled ventilation) – objemově řízená ventilace;
- SIMV (synchronized intermittent ventilation) – synchronizovaná zástupná ventilace; (dnes v praxi SIMV+PS)
- PS (pressure support) – tlaková podpora;
- CPAP (continuous positive airway pressure) – spontánní dýchání při trvalém přetlaku v dýchacích cestách;
- BiPAP (biphasic positive airway pressure) – spontánní dýchání na dvou úrovních přetlaku v dýchacích cestách.

# Dělení ventilačních režimů

- dle stupně ventilační podpory
- dle synchronie s dechovou aktivitou nemocného
- dle způsobu řízení inspirační fáze
- ostatní nové ventilační režimy



# Dělení podle stupně ventilační podpory

- **plná** ventilační podpora
- **částečná** ventilační podpora

# Synchronizace s dechovým úsilím

- **synchronní** ventilační režimy - aktivita ventilátoru je synchronizována s dechovou aktivitou nemocného – zajištěno spouštěním – **triggerováním** - změnou tlaku nebo průtoku
  - **asynchronní** ventilační režimy - bez ohledu na fázi dechového cyklu nemocného
- 
-



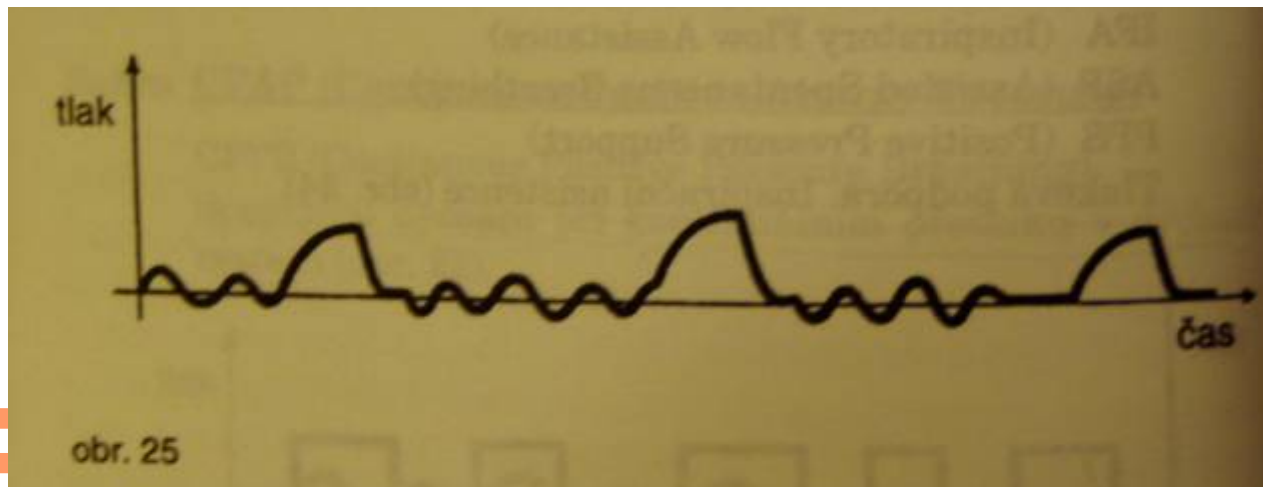
# Typy dechů

- řízené
- asistované
- spontánní podporované
- spontánní nepodporované



# Asynchronní ventilační režimy

- dechový cyklus ventilátoru je zahájen bez ohledu na fázi dechového cyklu nemocného
- v neonatologii a kojeneckém věku je užíván režim IMV - intermittent mandatory ventilation

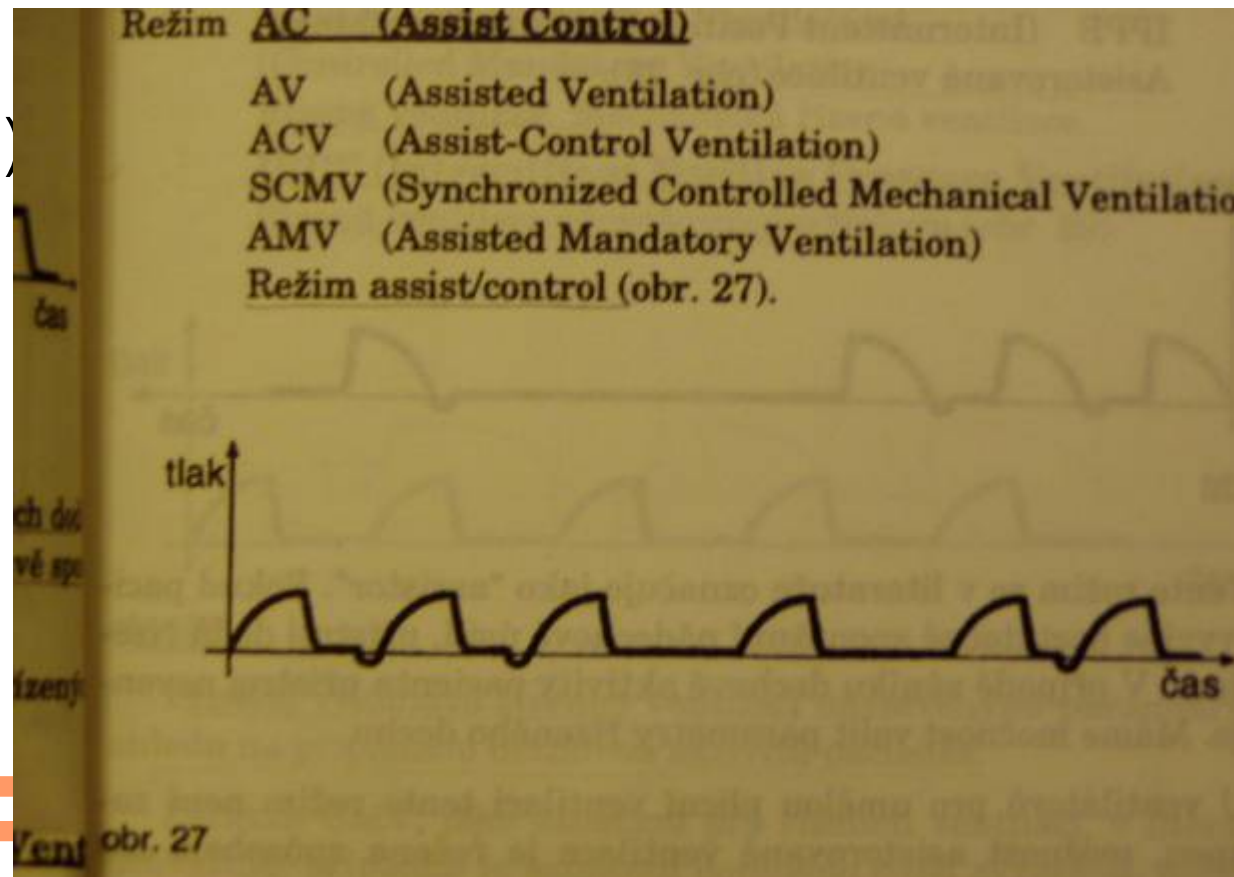


# Synchronní ventilační režimy - typy dechů

- **řízené dechy** - u nemocných bez dechové aktivity, průběh **inspiria je zcela** definován **ventilátorem...CMV** - control mandatory ventilation
  - **asistované dechy** - nemocný **iniciuje** aktivitu ventilátoru a je spuštěn **dech**, který je **zcela definován ventilátorem...A/CMV**..při absenci dechové aktivity nemocného zajistí řízenou ventilaci a při dechové aktivitě asistovanou
- 
-

# MV – řízená ventilace

- bez dech.aktivity (hluboká analgosedace)
  - PCV : bezpečnější,
  - VCV : snaha o korekci PaCO<sub>2</sub>
  - (Triggerovaný dech)



# Synchronní ventilační režimy - typy dechů

**SIMV** - kombinuje spontánní dechy s nastaveným počtem zástupových dechů, pacient dýchá spontánně, ale s nedostatečnou minutovou ventilací  
- ventilátor dodá předem nastavený počet dechů/min s předem nastaveným objemem (VC SIMV) nebo tlakem (PC SIMV)

- spontánní podporované dechy- ventilátor podporuje inspirační úsilí nemocného, ale průběh inspirační fáze není kontrolován ventilátorem
  - spontánní nepodporované dechy
- 
-

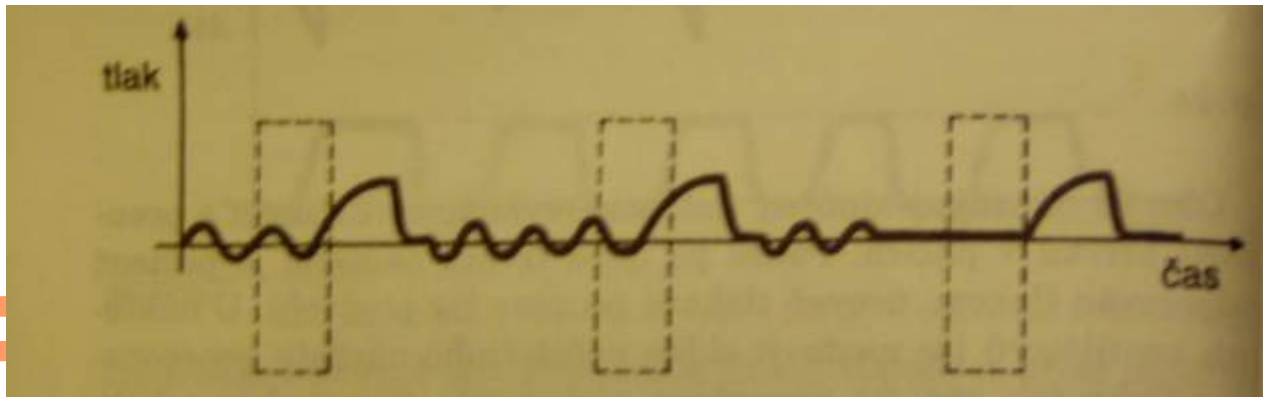
# SIMV

synchronized intermittent mandatory ventilation –  
synchronizovaná zástupná ventilace;

(dnes v praxi SIMV+ PS) – odpojování

Pokud v časovém oknu je aktivita pacienta, je iniciován řízený vdech.

Není li v časovém oknu aktivita pacienta, je iniciován časem (na konci okna) řízený vdech.



# Dělení dle řízení inspirační fáze

- režimy s nastavenou velikostí dechového objemu
  - objemově řízená ventilace (VCV, VC SIMV)
- režimy s variabilní velikostí dechového objemu-
  - tlakově řízená ventilace





# Objemově řízená ventilace = VCV

- konstantní velikost dechového objemu, dochází ke změnám inspiračních tlaků
  - vhodné tehdy, je-li dominantním cílem UPV kontrola PaCO<sub>2</sub>
  - VCV – k přepnutí z inspiraie do exspiraie dojde po dosažení předem nastaveného objemu bez ohledu na dosažený tlak v DC
  - VC SIMV
- 
-

# Režimy s variabilní velikostí dechového objemu

- **PCV - pressure control ventilation-** k přepnutí z inspira do expira dojde po dosažení předem nastaveného maximálního inspiračního tlaku ( PIP – peak inspiratory pressure )
- **PC SIMV**



# Režimy s variabilní velikostí dechového objemu

- PSV - pacient zahajuje dech svým úsilím..tlakový nebo průtokový trigger..okruh je natlakován na nastavenou hodnotu tlaku a tlak je poté udržován, ventilátor měří průtok plynů nutný k udržení nastaveného tlaku a při poklesu průtoku na určitou hodnotu (pac.se přestává nadechovat) ukončí vdech
    - dovoluje pacientovi řídit objem a délku trvání dechu
    - vyžaduje dechovou aktivitu pacienta
- 
-

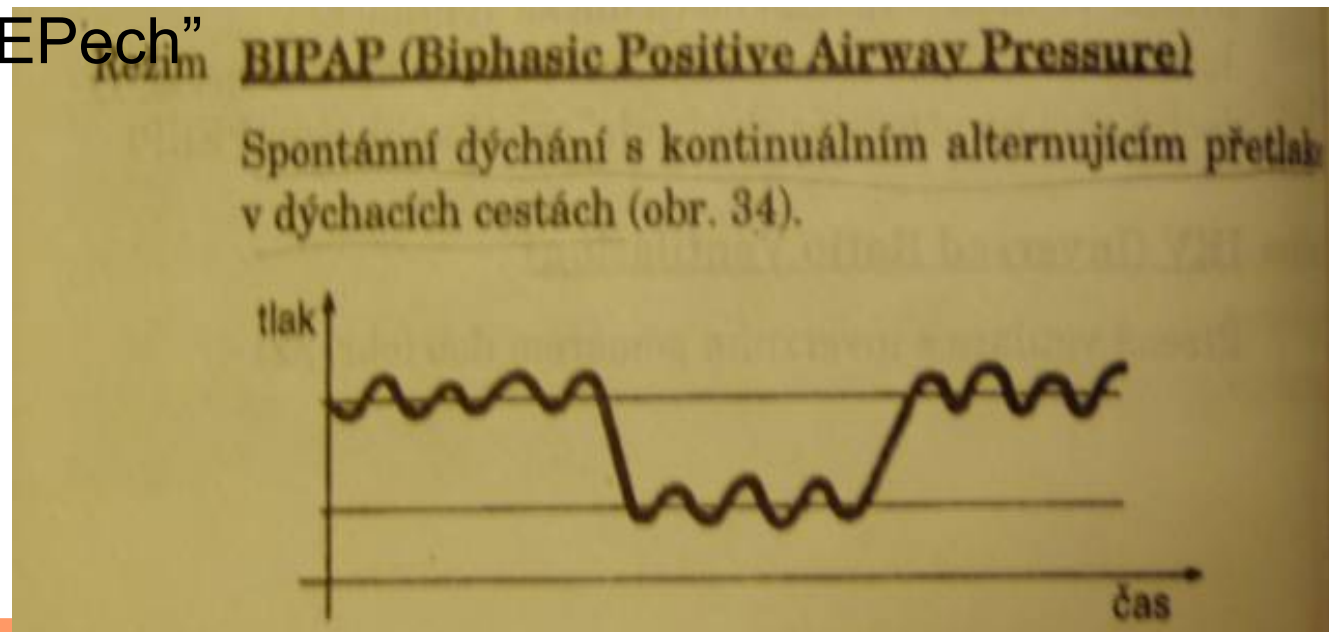
# BiPAP

(biphasic positive airway pressure) – spontánní dýchání na dvou úrovních přetlaku v dýchacích cestách.

BIPAP+ PS

Bez dechové aktivity pacienta odpovídá PCV.

“PS na 2 různých PEEPech”



# Positive EndExpiratory Pressure

- zajištěn chlopní (PEEP-ventil)
- brání vzniku atelektáz
- pomáhá překonat plicní edém
- zlepšuje distribuci plynu v plicích
- snižuje dechovou práci



Tlak v dýchacích cestách vztahujeme k atmosférickému tlaku.

---

---

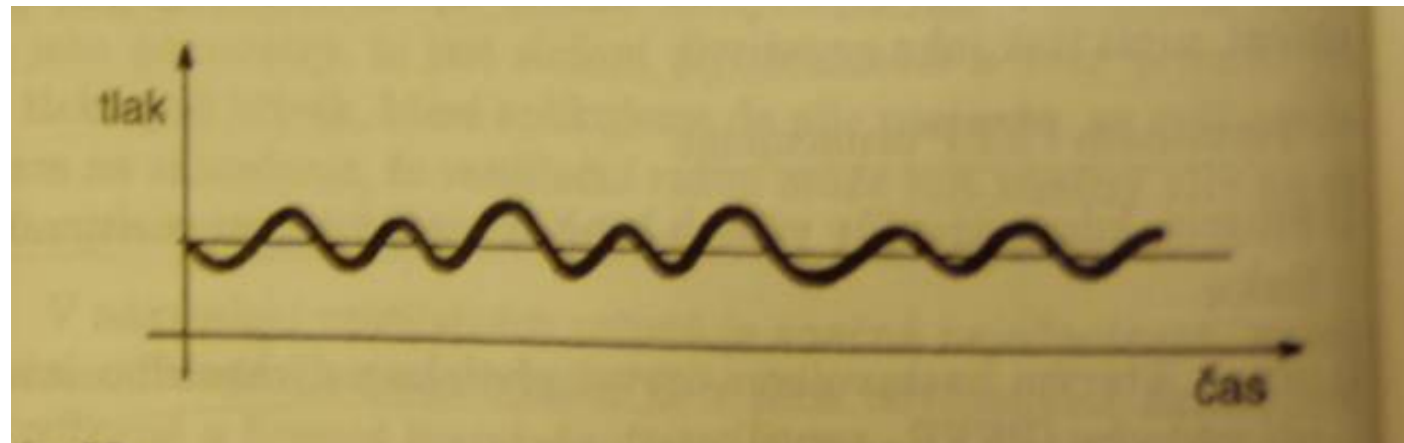
# PEEP x CPAP

- PEEP - pozitivní endexpirační přetlak, na konci exspira je v dýchacích cestách tlak vyšší než tlak atmosférický, vždy v kombinaci s ventilační podporou
- CPAP - u spontánně dýchajícího nemocného je v DC udržen tlak vyšší než atmosférický po celou dobu dechového cyklu, lze podávat obličejovou maskou, TR, TS, pomáhá provzdušnění atelektáz, snižuje dechovou práci pacienta, zlepšuje poměr ventilace-perfuze

# CPAP

(continuous positive airway pressure) – spontánní dýchání při trvalém přetlaku v dýchacích cestách;

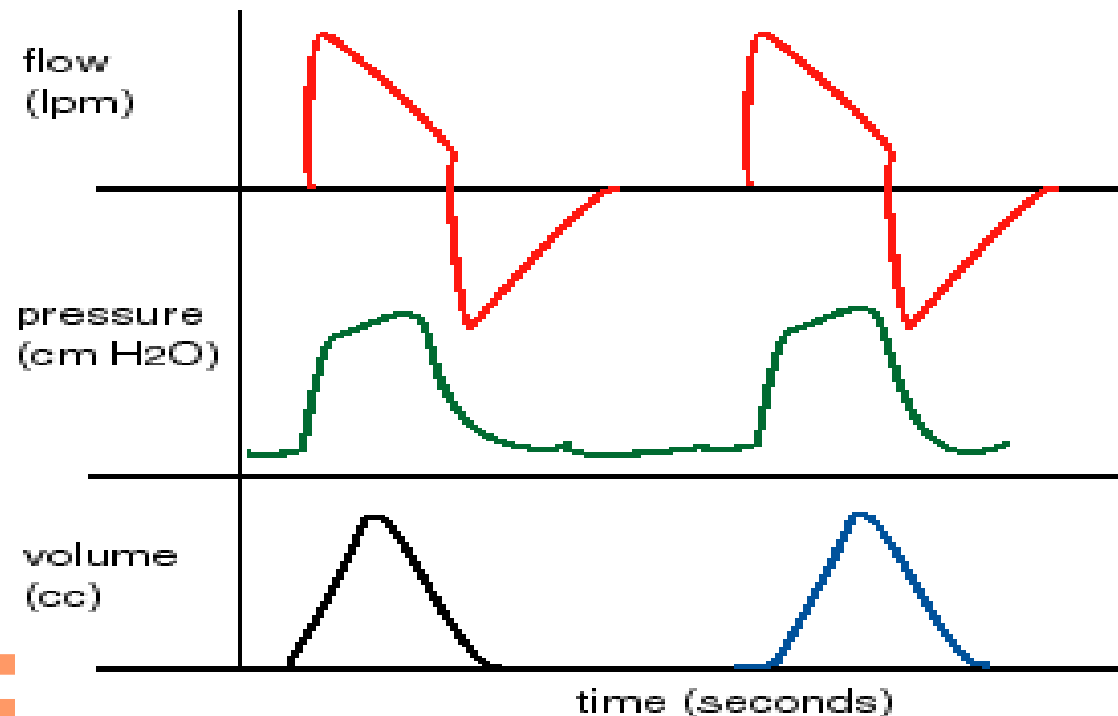
- nebulizace – zvlhčování;





# Základní parametry UPV

- režim
- $V_t$  = dechový objem
- T Inspirium : T Expirium
- $P_i$
- PEEP
- f
- $f_iO_2$



# Základní nastavení UPV

Lung protective ventilation:

- $V_t$  4-6 ml/kg
- PEEP 5
- minimální dechovou frekvenci 10..12/min
- $f_iO_2 < 60\%$



# Použití ventilačních režimů

VCV - dobrá kontrola eliminace CO<sub>2</sub>

- preferován u nemocných s křečovými stavy, status astmaticus a v průběhu KPR

PCV - u nemocných vyžadujících plnou ventilační podporu, někdy preferován u skupiny nemocných s plicní dysfunkcí



# Použití ventilačních režimů

SIMV – umožňuje dva typy dechů, spontánní a asistované/řízené

- zvýšené riziko retence CO<sub>2</sub>, zvýšení dechové práce, únava dýchacích svalů, prodloužený weaning

PSV - u nemocných bez poškození dechového centra a se stabilizovanou oxygenační funkcí plic



# PATIENT SELECT

RESUME  
CURRENT

NEW  
PATIENT

PATIENT  
ACCEPT





# PATIENT SIZE SELECT

NEO

PED

ADULT

SIZE  
ACCEPT





**ET TUBE**

ATC OFF

7.5  
mm Diameter

30.0  
cm Length

LEAK COMP OFF

0.0  
ml/cmH2O Circ Comp

**HUMIDIFIER**

ACTIVE OFF

**PATIENT**

1  
kg Pt Weight

IDENTIFICATION

EST

SETUP ACCEPT

**MODE SELECT**

Volume A/C

Pressure A/C

Volume SIMV

Pressure SIMV

PRVC A/C

PRVC SIMV

APRV

CPAP PSV

MODE ACCEPT



# VOLUME A/C

MAIN

29  
l/min  
PIFR

## MODE SELECT

Volume  
A/C

Pressure  
A/C

PRVC  
A/C

8  
bpm  
Rate

Volume  
SIMV

Pressure  
SIMV

PRVC  
SIMV

4  
cmH2O  
Pmean

Volume

APNEA MODE

Pressure

Apnea  
Backup

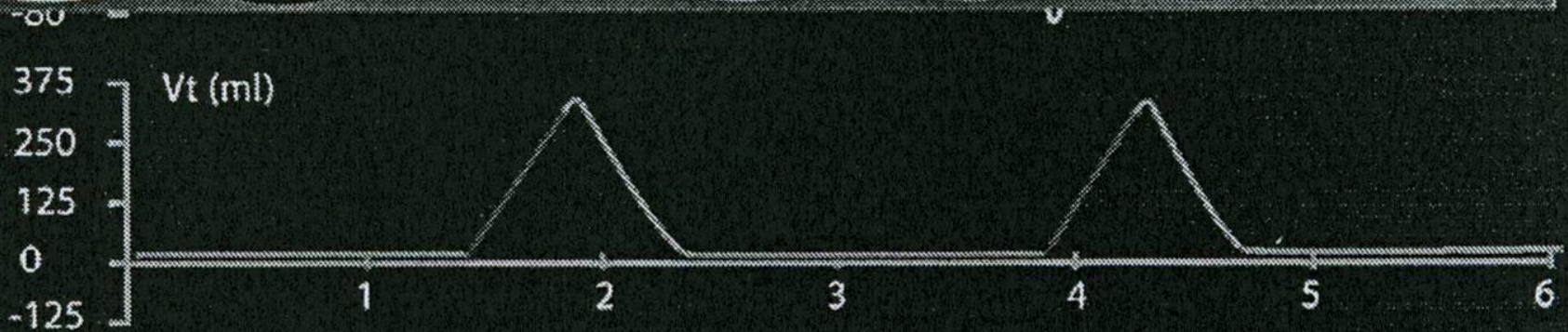
APRV

CPAP  
PSV

MODE  
ACCEPT

30  
cmH2O  
Ppeak

6  
cmH2O  
PEEP



8 bpm Rate

-0.50 l Volume

60 l/min Peak Flow

0.00 Sec Insp Pause

6 cmH2O PEEP

Confirm Apnea Settings



# VOLUME A/C

MAIN

0.60

V<sub>t</sub>e

30

cmH<sub>2</sub>O  
P<sub>peak</sub>

4

cmH<sub>2</sub>O  
P<sub>mean</sub>

6

cmH<sub>2</sub>O  
PEEP

29

l/min  
PIFR

## MODE SELECT

Volume  
A/C

Pressure  
A/C

PRVC  
A/C

Volume  
SIMV

Pressure  
SIMV

PRVC  
SIMV

Volume

Pressure

APNEA MODE

Apnea  
Backup

APRV

CPAP  
PSV

MODE  
ACCEPT



8 bpm Rate

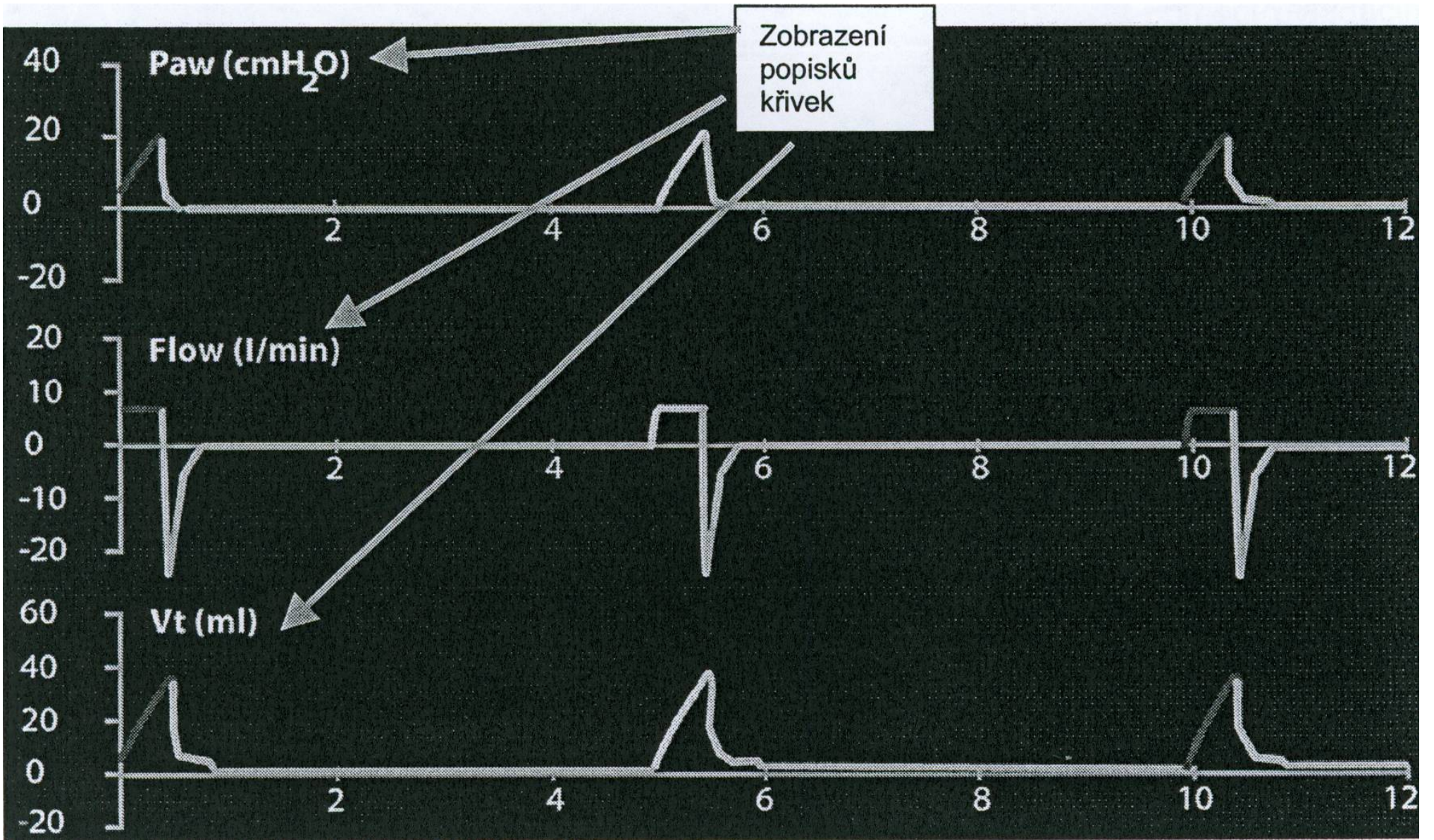
15 cmH<sub>2</sub>O Insp Press

0.50 Sec Insp Pause

6 cmH<sub>2</sub>O PEEP

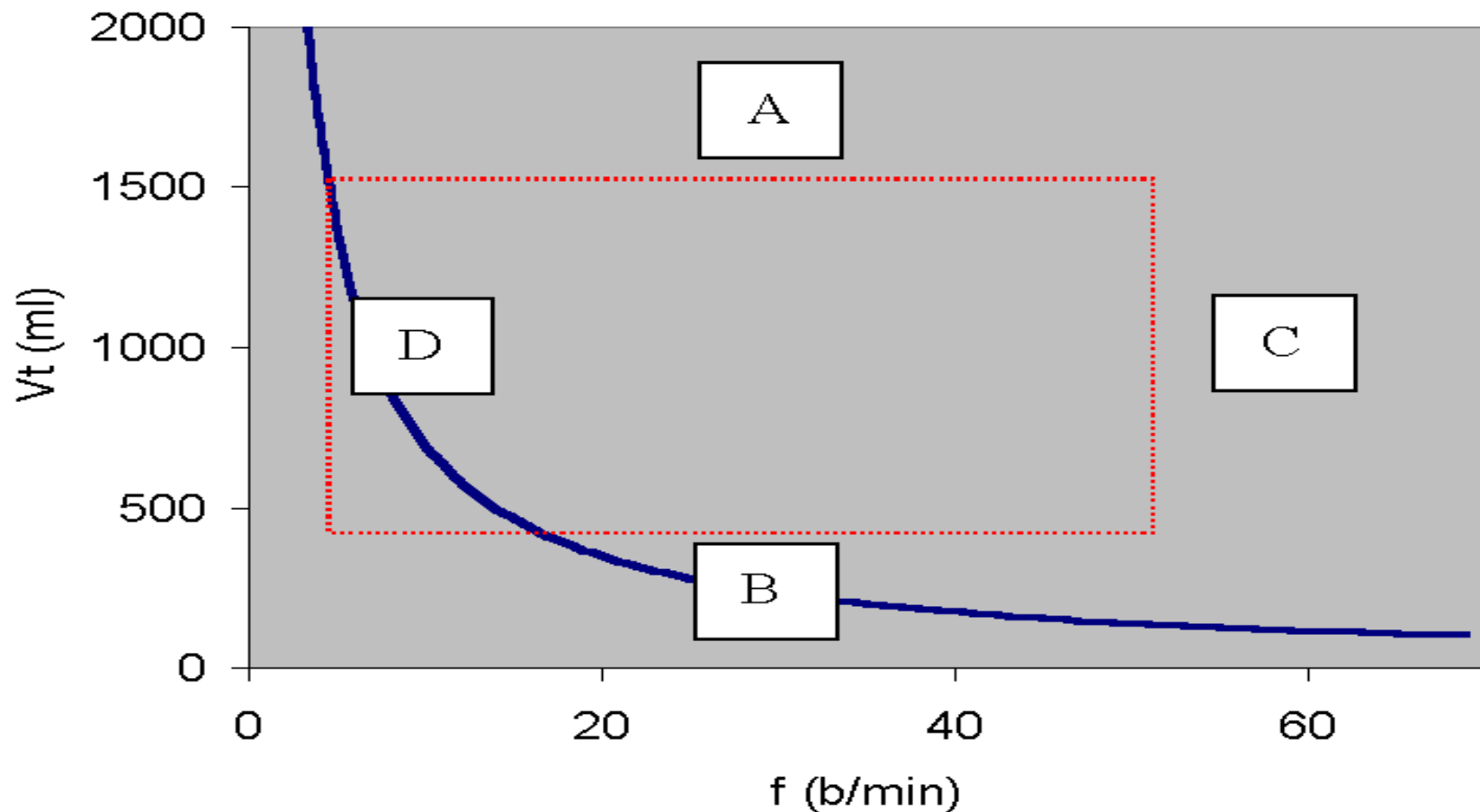
Confirm Apnea Settings





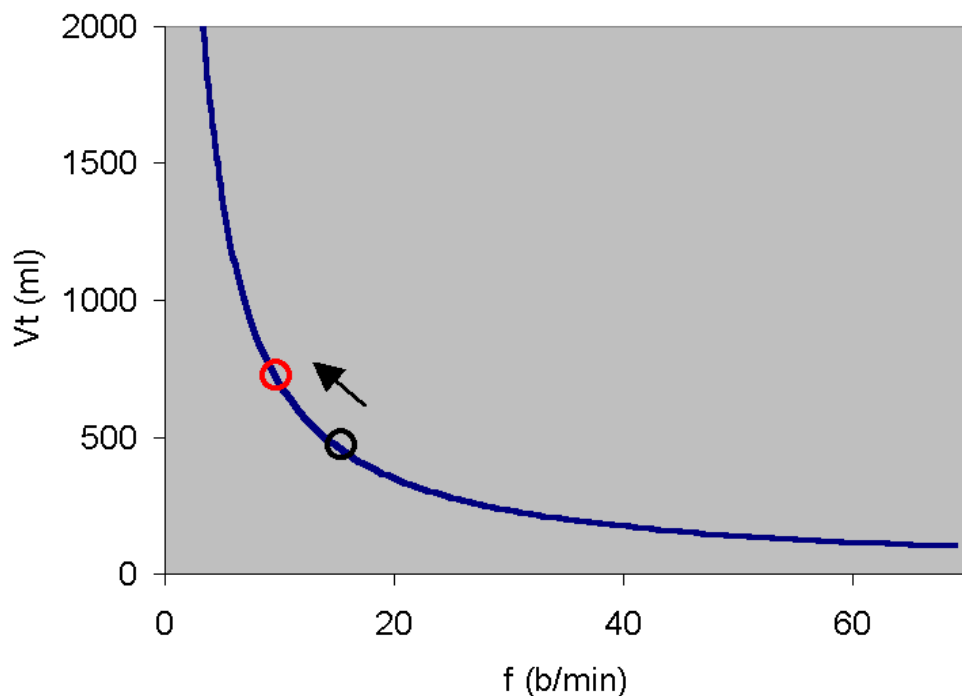
# Nastavení ventilátoru

- Minutová ventilace =  $f \cdot V_t$   
extrémy jsou špatně



# klinický stav se mění .. a s ním i parametry režimu

- bronchokonstrikce = delší ná/výdech



# Komplikace UPV

- komplikace vzniklé ze zajištění DC
  - komplikace vzniklé z nedostatečného nebo nadměrného zvlhčení nebo ohřátí vdechované směsi
  - nežádoucí účinky protrahované expozice vysokým koncentracím kyslíku (>50%)
  - infekční komplikace
  - vlastní plicní nežádoucí účinky způsobené ventilací pozitivním přetlakem ( VILI, VALI)
  - mimoplicní nežádoucí účinky způsobené ventilací pozitivním přetlakem - vliv na oběh, ovlivnění funkce ledvin, GIT
- 
-

# Plicní nežádoucí účinky

- VILI – ventilator - induced lung injury
  - VALI – ventilator - associated lung injury
  - poškození strukturální, volumotrauma, barotrauma
  - dysfunkce surfaktantu
  - „biotrauma“ – poškození mechanismy zánětlivé reakce
- 
-



# Mimoplicní n.ú.

- **kardiovaskulární** – ↑ nitrohručního tlaku při inspiriu... ↓ žilního návratu a mechanická interakce srdce a plic
  - ovlivnění **renálních funkcí a metabolismu vody a iontů** - ↓ výdeje moče, průtoku krve ledvinami, exkrece sodíku a GF až o 30%
  - ovlivnění **funkce GIT** – pokles perfuze jater a splachniku, ↑ žilního tlaku, nitrobřišního tlaku a tlaku v biliárním traktu
- 
-

# Další nežádoucí účinky

- UPV snižuje dechovou práci → oslabení dýchacích svalů
- polyneuropatie – kvadrupareza, poruchy šlachových reflexů, hypestezie, parestezie
- myopatie – slabost, zvýšená únava (kortikosteroidy, relaxancia)





# Neinvazivní plicní ventilace



# Neinvazivní plicní ventilace

NIVS – non-invasive ventilatory support

- způsob mechanické ventilační podpory bez nutnosti invazivního zajištění DC tracheální intubací
- nejčastěji neinvazivní ventilační podpora pozitivním přetlakem – noninvasive positive pressure ventilation – NPPV...10-20 cm H<sub>2</sub>O



# Neinvazivní ventilace (NIVS)

- NIV může být prospěšná jak nemocným s hyperkapnickým respiračním selháním (např. COPD – chronic obstructive pulmonary disease), tak i s hypoxemickým. NIV můžeme také použít při odpojování od ventilátoru



# Způsob zajištění DC



# Způsob zajištění DC





# Způsob zajištění DC



# Způsob zajištění DC



# Faktory úspěchu aplikace NIV



- mladší věk
  - spolupráce nemocného
  - schopnost nemocného synchronizovat své dechové úsilí s ventilátorem
  - těsnost masky na obličeji
  - dobrý stav dentice
  - dosažení zlepšení výměny plynů v průběhu 2 hodin od zahájení NIVS
- 
-



# Indikace NIV



- akutní hyperkapnické respirační selhání ( $p\text{CO}_2 > 50$  mmHg,  $\text{pH} < 7,35$ )
  - akutní hypoxemické respirační selhání ( $p\text{O}_2 < 55$  mmHg)
  - akutní exacerbace chronické respirační insuficience ( CHOPN )
  - domácí ventilace u nemocných s chron.resp.insuficiencí
  - u pac.před transplantací plic
- 
-

# Kontraindikace NIV



- nespolupacující nemocný
- těžká obezita
- zástava dechu
- oběhová nestabilita
- akutní ischemie myokardu
- riziko aspirace
- neschopnost aktivní expektorace
- nadměrná sekrece z DC
- poranění obličeje, anatomická deformita obličeje, popáleniny

# Přerušení NIV

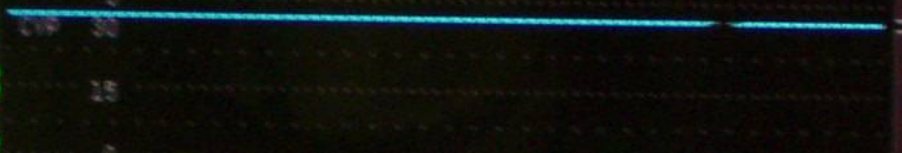
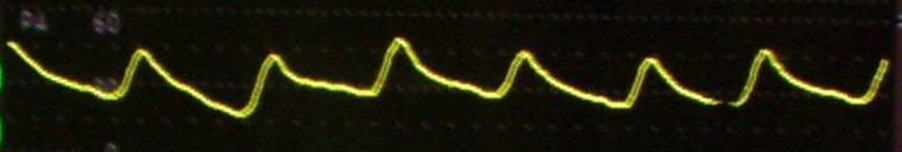
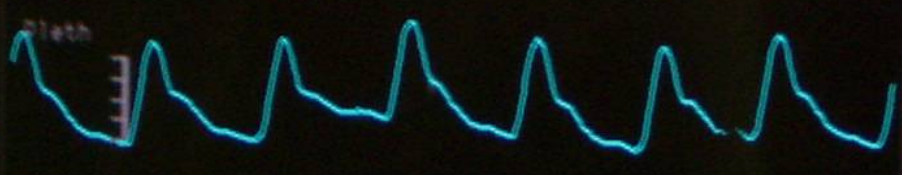
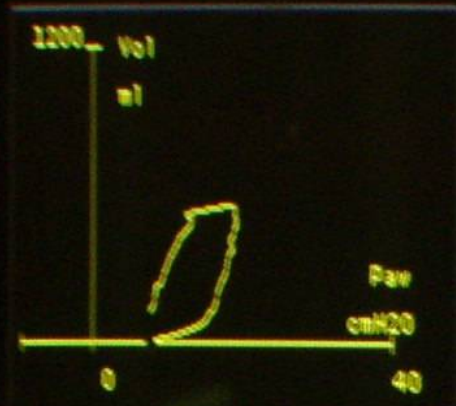


- netolerance masky nemocným
  - nemožnost dosažení klinických cílů do 30 min od zahájení NIV
  - rozvoj oběhové nestability, známky ischemie, závažné komorové arytmie
  - zhoršení stavu vědomí
  - neschopnost účinné expektorace
- 
-

# Komplikace NIV

- ve vztahu k **obličejové masce**...diskomfort, erytém, klaustrofobie, kožní defekty
  - ve vztahu k **aplikovanému tlaku** nebo průtoku...kongesce nosní sliznice, bolest dutin, uší, pocit sucha v ústech/nose, dráždění spojivek, distenze žaludku vzduchem, únik vzduchu kolem masky
  - závažné komplikace...**aspirace** žaludečního obsahu, hypotenze, PNO
- 
-





Adult cmH2O ml  
 Ppeak 20 TVinsp 560  
 Pplat 19 TVexp 450  
 Pmean 15  
 PEEPe 8 MVinsp 10.3  
 PEEP1 --- MVexp 10.6  
 I:E 1.2 : 1  
 Compl 36 ml/cmH2O  
 Raw 6 cmH2O/l/s

HR 80 /min  
 SpO2 95 %  
 Arrh. analys: Severe

Art (88) mmHg  
 120/71

PA (30) mmHg  
 44/23  
 Control

CVP (110) mmHg  
 110/109  
 Control

CO2 % ET 4.3 FiO2 64%  
 RR 16 /min

C.O. PCWP  
 l/min mmHg  
**7.09 13**  
 15:50 15:48

C.I. PCWP  
 l/min/m2 mmHg  
**3.53 13**  
 15:50 15:48

PgCO2 P(g-ET)CO2  
 kPa  
**7.6 3.5**  
 0 10 min

Tblood  
 °C  
**38.7**

# Monitorace během UPV

- Soulad s ventilátorem
- prokrvení, barva kůže
- SpO<sub>2</sub>, EKG, dech. frekvence, NIBP / IBP
- Kapnometrie
- acidobazická rovnováha (pH, paCO<sub>2</sub>, paO<sub>2</sub>)  
kapilární / arteriální krev;
- Parametry ventilace (P<sub>i</sub>, V<sub>t</sub>, f, fiO<sub>2</sub>)
  - obstrukce DC, zalomení, netěsnost, rozpojení okruhu.
- kontrola zvlhčovače
- hemodynamika (EKG, NIBP, ... IBP, CO)

# Pulzní oxymetrie - SpO<sub>2</sub>

Systemová arteriální saturace hemoglobinu kyslíkem určena pomocí pletyzmografické pulzní oxymetrie

- místa měření:
  - prst
  - ušní lalůček
  - nosní křídlo
  - ret



# 1000/s měření červenou, infrač. a „pozadí“ - světlo na sále

- Odlišit pulzující = arteriální
- nepulzující = ..... absorpci světla

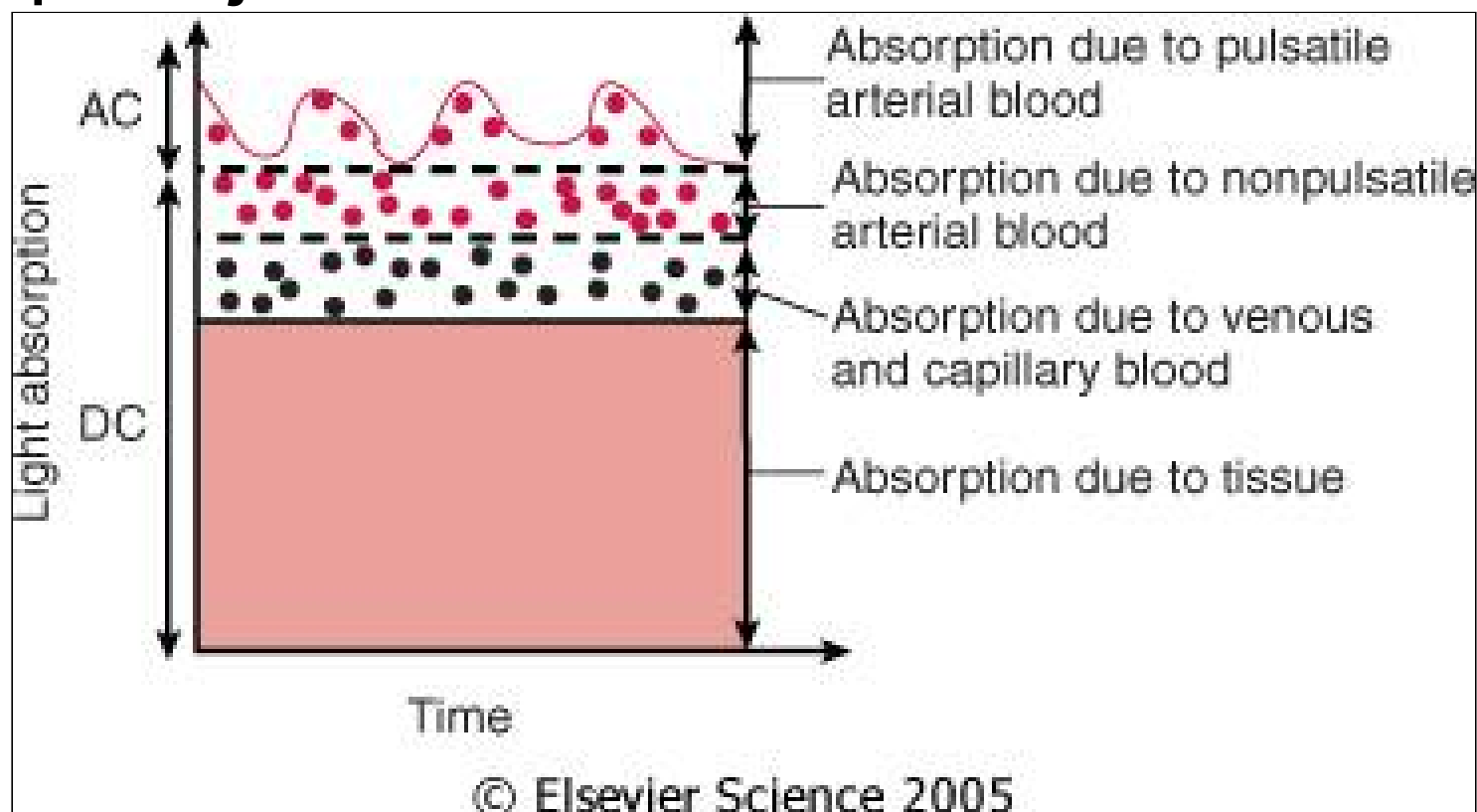


Figure 36-10 Principle of pulse oximetry. Light passing through tissue containing blood is absorbed by tissue and by arterial, capillary, and venous blood. Usually, only the arterial blood is pulsatile. Light absorption may therefore be split into a pulsatile component (AC) and a constant or nonpulsatile component (DC). Hemoglobin O<sub>2</sub> saturation may be obtained by application of Equation 19 in the text. (Data from Tremper KK, Barker SJ: Pulse oximetry. Anesthesiology 70:98, 1989.)



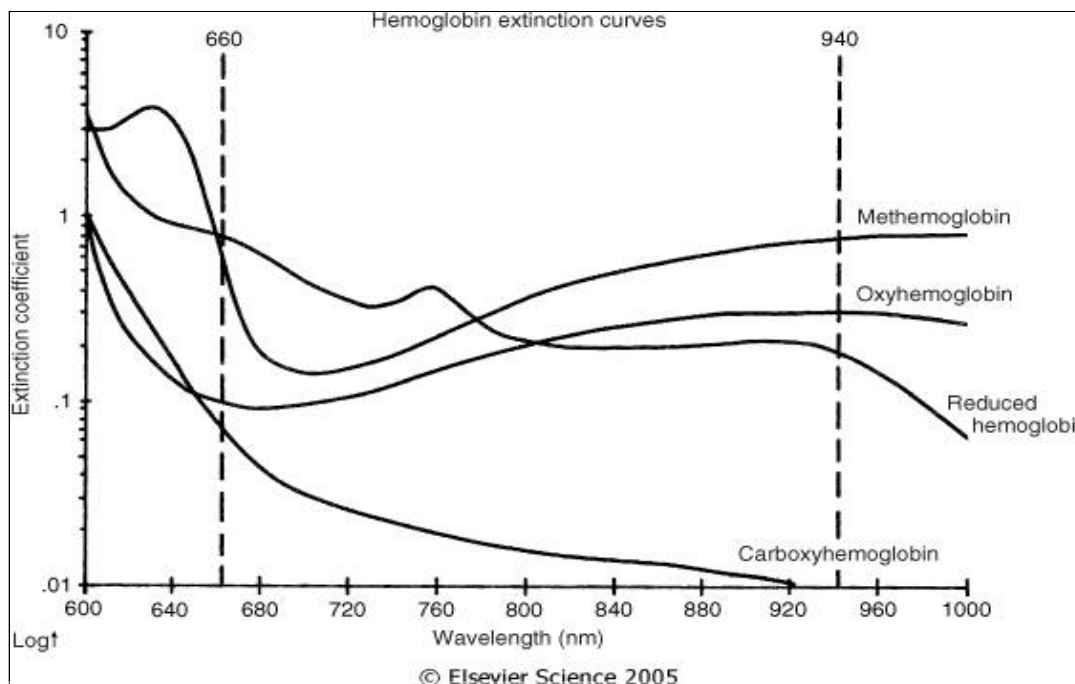
# 2 vlnové délky, 2 absorbance pro Hb a HbO<sub>2</sub>

$$AC_{660} / DC_{660}$$

$$S = \frac{AC_{660} / DC_{660}}{AC_{940} / DC_{940}}$$

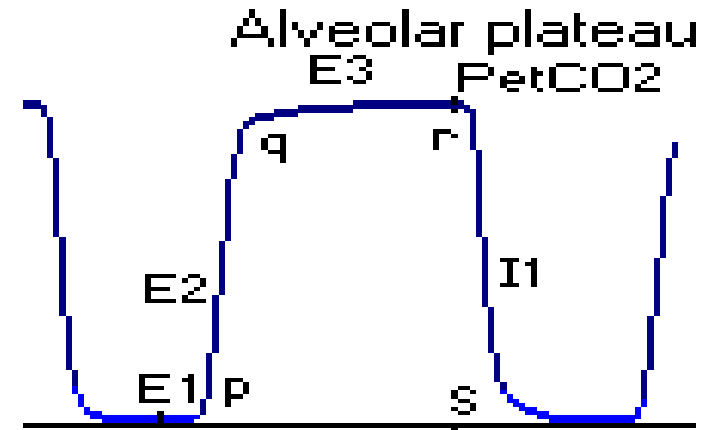
$$AC_{940} / DC_{940}$$

odpovídá % HBO/(HB+HBO)



# Kapnometrie EtCO<sub>2</sub>

Analýza vydechovaného vzduch  
EtCO<sub>2</sub> odráží PaCO<sub>2</sub>



Indikována při řízené hyperventilaci u  
mozkových poranění, permissivní hypercapnii

Rozdíl mezi EtCO<sub>2</sub> a PaCO<sub>2</sub> 1..?? kPa

# Odvykání od UPV (weaning) - kritéria

- odstranění příčiny vedoucí k UPV
  - stav vědomí a psychika nemocného
  - stav výživy a vnitřního prostředí
  - účinek tlumivých léků a myorelaxancií
  - stav krevního oběhu
  - oxygenační kritéria a stav ventilace
  - další faktory
- 
-

# Kritéria odvykání - denní hodnocení

- denní hodnocení celkového stavu nemocného
- denní test spontánní ventilace (tzv.SBT = spontaneous breathing trial)



# Zahájení odvykání dle stavu nemocného

- kontrola vyvolávající příčiny
  - oběhová stabilita
  - oxygenační funkce plic - PaO<sub>2</sub> > 60 mmHg, PEEP: 5-8 cmH<sub>2</sub>O, FiO<sub>2</sub>: 0,4-0,5, PS: 15-20 cm H<sub>2</sub>O
  - absence respirační acidozy, pH nad 7,25
  - dostatečná dechová aktivita
  - absence febrilního stavu
  - absence závažné anemie (min.Hb 80-100 g/l)
-



# Denní test spontánní ventilace

- odpojení od ventilátoru a spont.ventilace přes T-spojku s vdechováním zvlhčené a ohřáté směsi s  $FiO_2 < 0.5$  po dobu 120 min ( event. 5-30 min u krátkodobě ventilovaných)
  - připojení k ventilátoru s nulovou ventilační podporou se zajištěním kompenzace rezistence DC ET rourkou nebo TS kanylou (CPAP do 5 cmH<sub>2</sub>O, flow trigger, PS 5-7 cm H<sub>2</sub>O)
- 
-

# Kritéria úspěšnosti SBT

- vnitřní prostředí a výměna krevních plynů-  $\text{PaO}_2 \geq 50\text{-}60\text{mmHg}$ ,  $\text{pH} \geq 7,32$ , vzestup  $\text{PaCO}_2 \leq 10\text{mmHg}$
  - kardiovaskulární systém-  $\text{Tf} < 120\text{-}140/\text{min}$ ,  $\text{TKs} < 180\text{-}200\text{mmHg}$  a  $> 90\text{mmHg}$ ...absence vzestupu výchozích hodnot o více než 20%
  - respirační systém-  $\text{DF} \leq 30\text{-}35/\text{min}$  ...absence vzestupu výchozí hodnoty o více než 50%
- 
-

# Kritéria selhání SBT

- DF > 35/min po dobu > 5 min
  - SaO<sub>2</sub> < 90% během více než 30 s
  - ↑ nebo ↓ TF o více než 20% po dobu delší než 5 min
  - TKs > 180mmHg nebo < 90mmHg minimálně po dobu 1 min
  - známky psychomotorického neklidu nebo narůstající porucha vědomí v souvislosti s průběhem SBT
  - známky dechové tísně nebo dyskomfortu
- 
-

# Způsoby odvykání od ventilátoru

pacient by měl být vpolosedě nebo vsedě mimo lůžko, měl by být občas vyzýván k několika hlubokým dechům, součástí je rehabilitace dýchacích svalů, dostatek odpočinku a spánku, psychologická podpora

- UPV < 24-48 hod.....časné převedení na spont.ventilaci
  - odpojování nemocného na krátké intervaly, které se postupně prodlužují, v noci je pac.ponechán na ventilátoru
  - metoda postupného snižování ventilační podpory
- 
-

# Příčiny selhání odvykání

- centrální a periferní nervový systém
  - respirační systém
  - kardiovaskulární systém
  - psychické příčiny
  - nepoměr mezi kapacitou a mírou zátěže svalového aparátu
  - porucha na úrovni alveolokapilární membrány
- 
-



# Podmínky extubace

- splněná kritéria odpojení od ventilátoru a tolerance SBT
  - stav vědomí umožňující udržet průchodnost DC
  - funkční obranné reflexy DC (polykací a kašlací reflex, schopnost účinné expektorace)
  - absence nadměrné sekrece z DC
  - absence známek aspirace při polykání
- 
-

# Nejčastější příčiny neúspěšné extubace

- v oblasti DC:
    - aspirace...k prevenci aspirace nutné zastavení gastrické výživy, odsátí žaludečního obsahu sondou před extubací, zvýšení polohy horní poloviny těla
    - nadměrná sekrece v DC
    - otok DC
- 
-

# Nejčastější příčiny neúspěšné extubace

příčiny mimo DC:

- respirační insuficience z jiných příčin
  - srdeční selhání
  - porucha vědomí vedoucí ke ztrátě kontroly volných DC
  - absence spolupráce nemocného
- 
-

# Komplikace po dekanylaci u TS

- dekanylační panika – pocit dušnosti a akutní panický stav pacienta bezprostředně po dekanylaci z působený zvětšením mrtvého prostoru...prevencí je psychologická příprava a nácvik dýchání ústy (dočasný uzávěr kanyly)
  - porucha polykání
  - aspirace
  - porucha hojení TS kanálu – předpokladem zhojení stomatu je provádění mírné komprese na okolí TS sterilním obvazovým materiálem
- 
-

# Postextubační obstrukce DC

- až u 15% extubovaných nemocných
  - rizikové faktory: délka trvání endotracheální intubace, poranění DC, traumatická intubace
  - test stanovení úniku vzduchu kolem vypuštěné manžety TR, resp. TS kanyly - únik vzduchu min. 120 ml u dospělého....rozvoj postextubační obstrukce málo pravděpodobný
  - prevence a Th: přiměřená míra sedace před extubací, vždy pomůcky k reintubaci, inhalace zvlhčené studené směsi vzduchu, studené obklady na krk, kortikoidy, inhalační podání adrenalinu
- 
-

# Trvalá nutnost UPV, domácí UPV

- neodpojitelní nemocní, kde přes maximální úsilí a vyčerpání terapeutických možností dochází k fixaci závislosti na UPV (UPV delší než 3 měsíce)





# Podpůrné postupy

- **Permisivní hyperkapnie je metodou ventilačního přístupu**, který dovoluje navýšení hladiny oxidu uhličitého s posunem pH na kyselou stranu do hodnoty 7,25. Snižuje významně nebezpečí barotraumatů a omezuje užití agresivních ventilačních režimů u těžkých forem ARDS či status asthmaticus.
  - **Polohování na břicho (pronační poloha)** - je metodou léčebné péče, která u pacientů s ARDS může zlepšit oxigenační parametry, zlepšuje drenáž sekretů z dýchacích cest a homogenizuje ventilačně - perfúzní poměry, na tento typ polohování reaguje příznivě až 70% nemocných v časných fázích rozvoje syndromu dechové tísně dospělých
- 
-

# Další možnosti UPV

- novinky - NAVA
- málo časté realizace UPV:
  - Trysková,
  - HFO
  - CO2 eliminace
  - ECMO



# NAVA (Neurally Adjusted Ventilatory Assist)



- způsob ventilace synchronizované s vlastním dýcháním pacienta prostřednictvím katetru zavedeného jícnem k bránici, který snímá její elektrickou aktivitu (dechové centrum-brániční nerv-bránice)

# Trysková ventilace

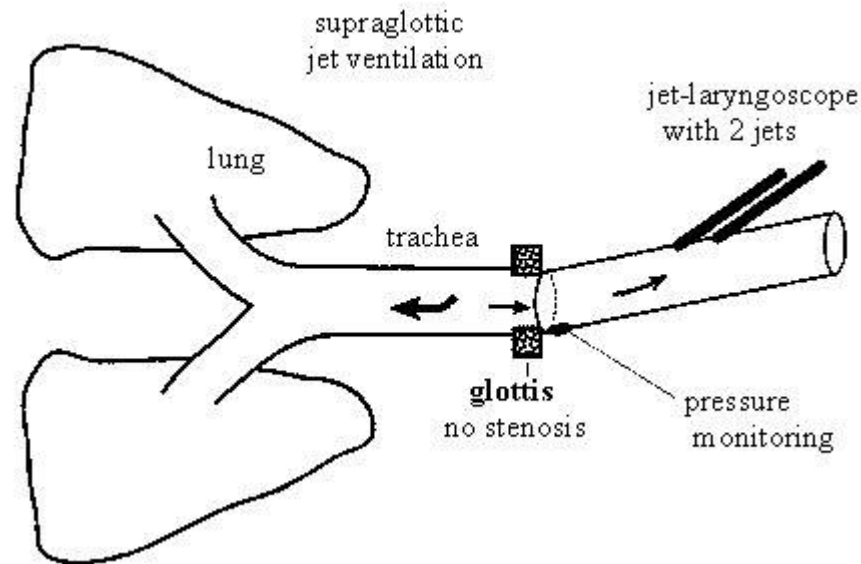


- alternativní technika ventilace v úzkých indikacích, např. při některých chirurgických výkonech v oblasti hrtanu a průdušnice
- Venturiho princip – proud plynu strhává další částice do d. cest

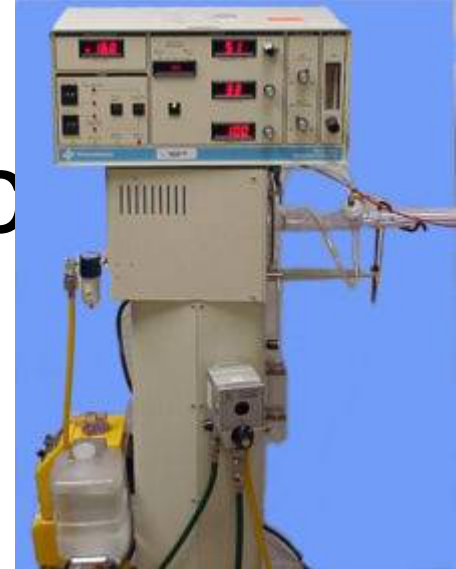


# Trysková ventilace

- není kontrolován dechový objem
- 20/min, vysoce stlačený plyn tryská do d.cest (definována  $T_i$ ,  $T_e$ )



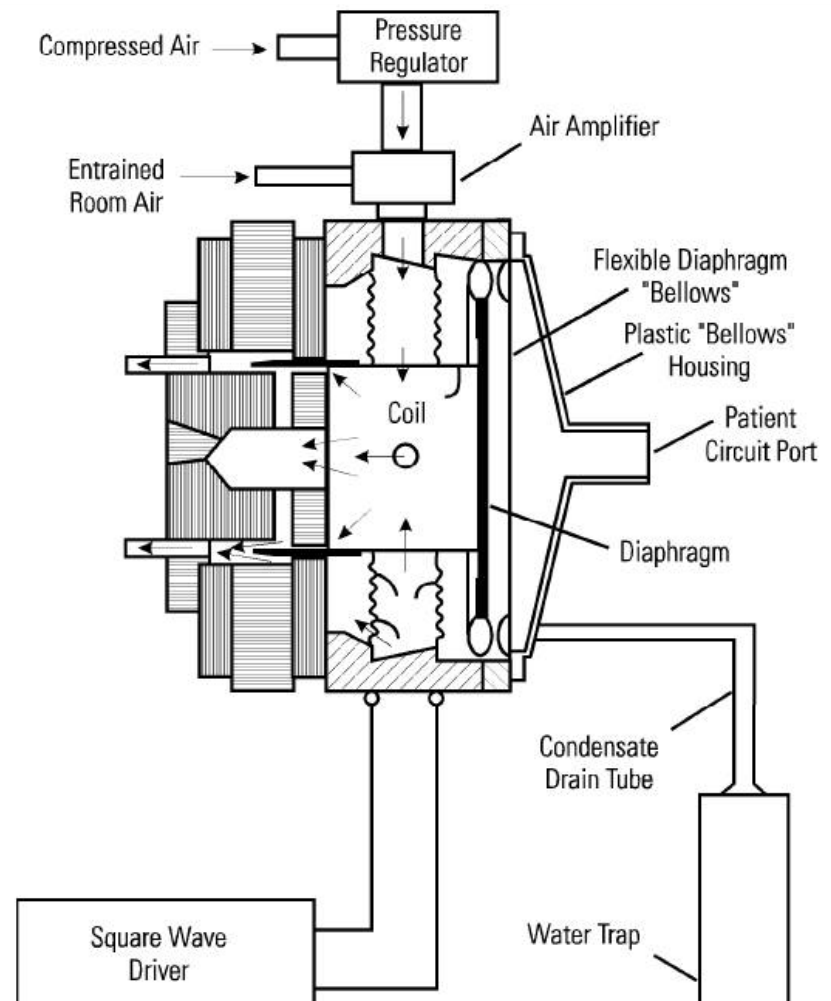
# Vysokofrekvenční ventilace



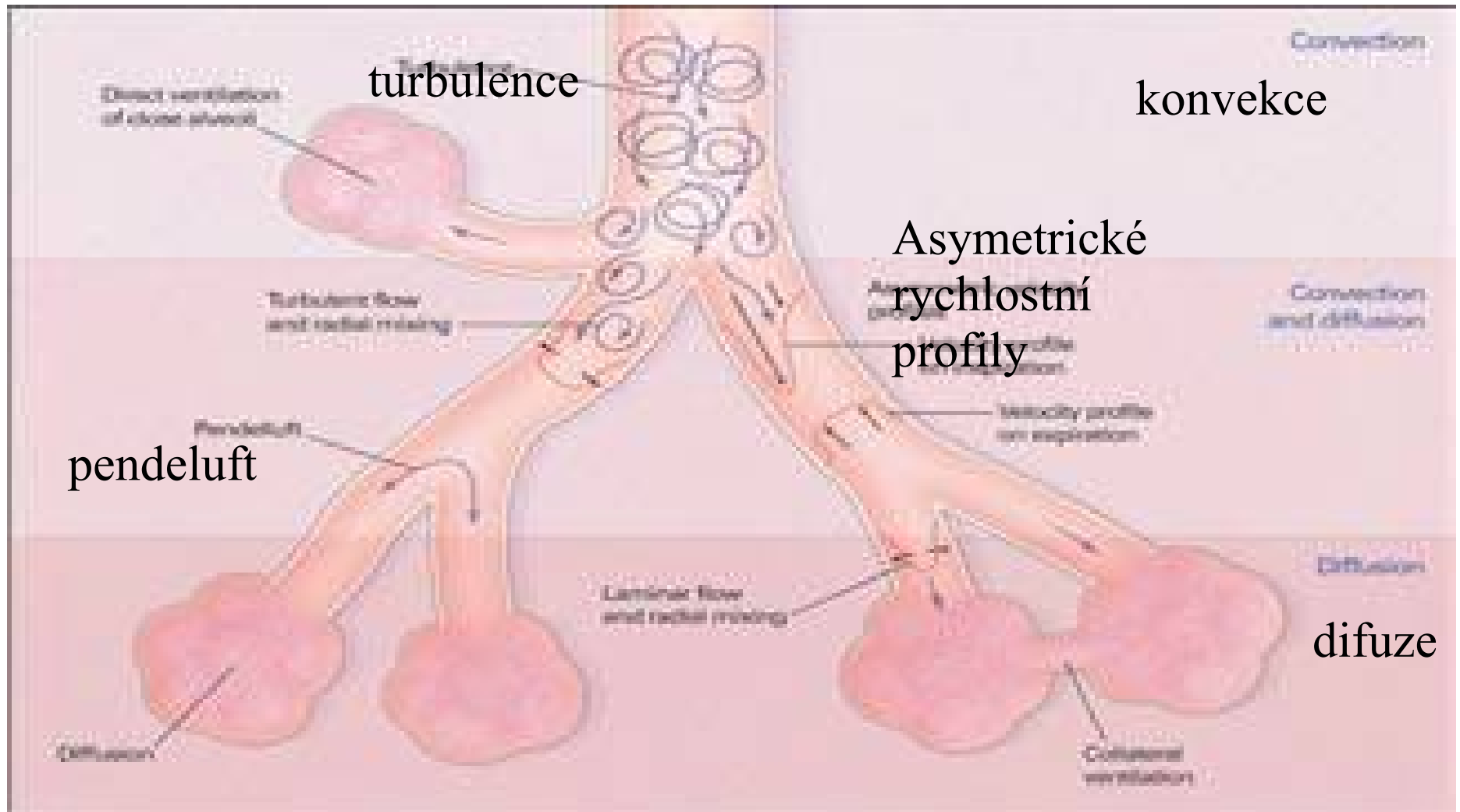
- dechový objem  $\ll$  mrtvý prostor
- frekvence:
  - High frequency PPV
    - 60..100/min, TV 3ml/kg, I:E 1:2
    - bronchoskopie
  - High frequency jet ventilation (HFJV)
    - 100..150/min, I:E 1:1
  - Ultra high frequency jet ventilation (UHFJV)
    - 4..8/sekundu
  - High frequency oscillation (HFO)
    - dospělí 4/s; děti 10..15/s;



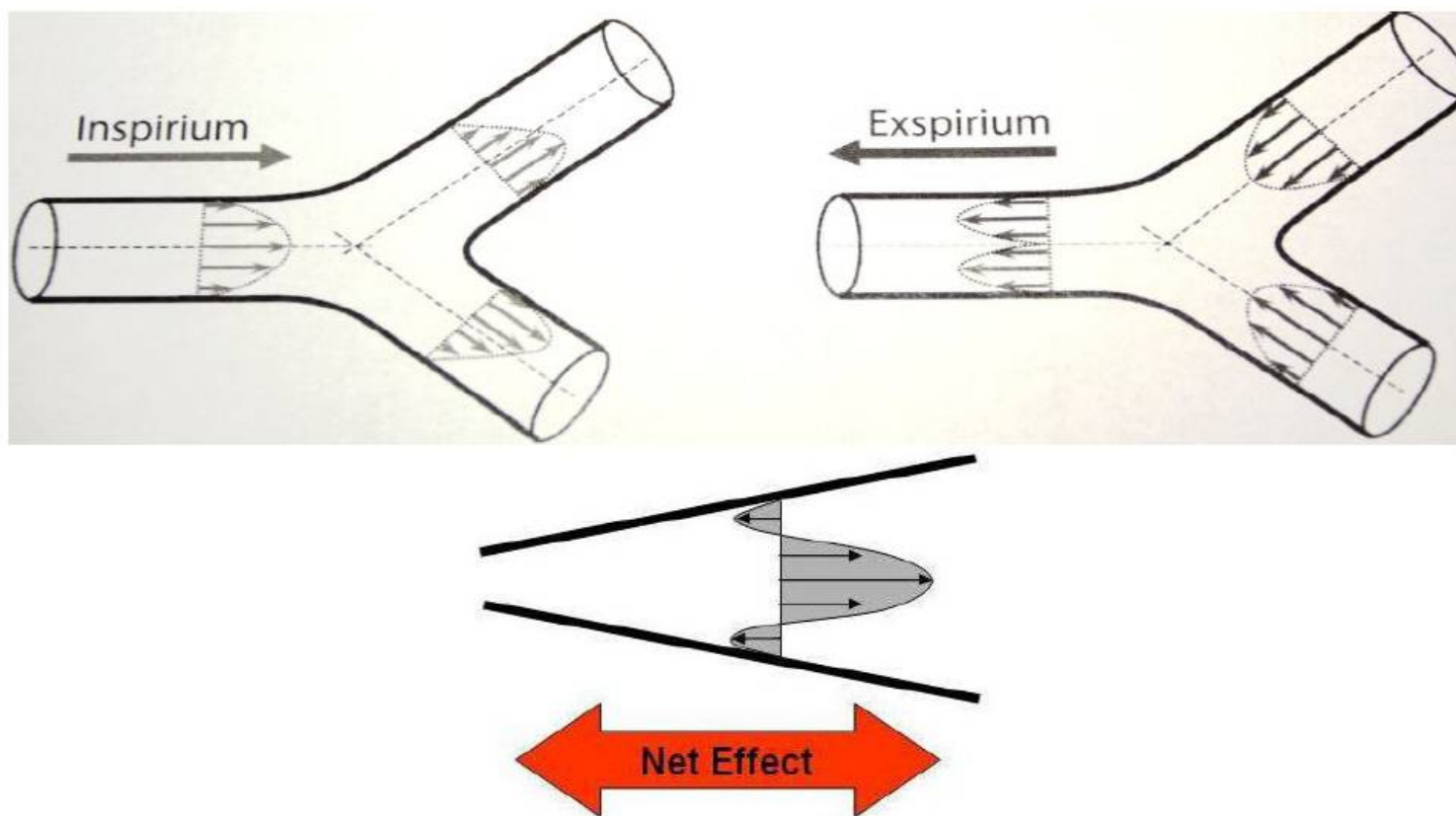
# Schéma HFO ventilátoru



# Výměna plynu při HFO



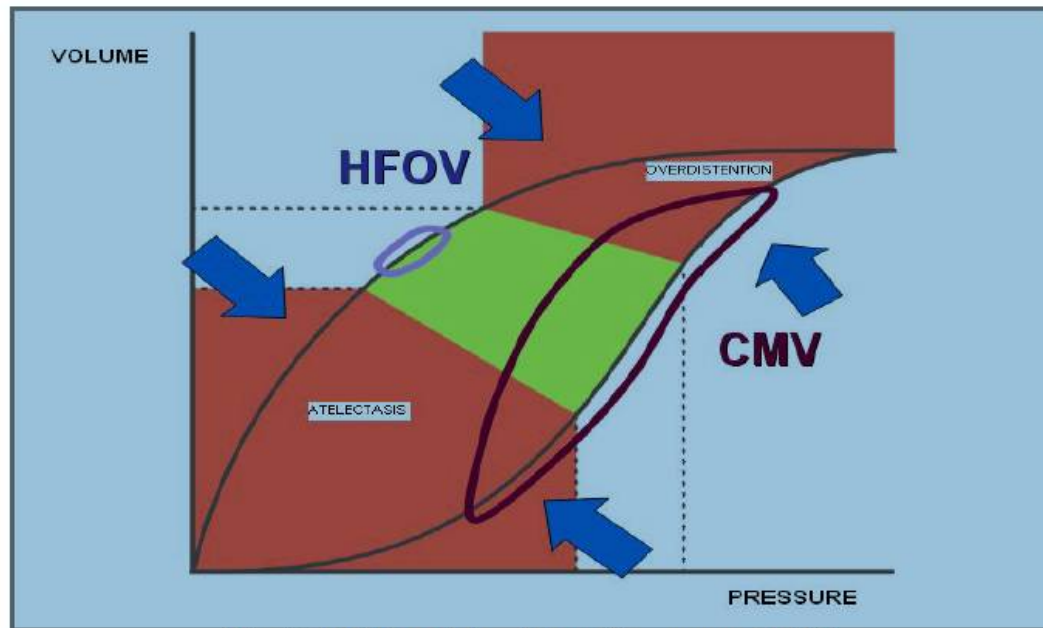
# Asymetrie rychlostních profilů



Obr. č. 7: Vznik asymetrických rychlostních profilů a výsledný „net effect“. Upraveno podle [4, 16]

# prospěch oscilace

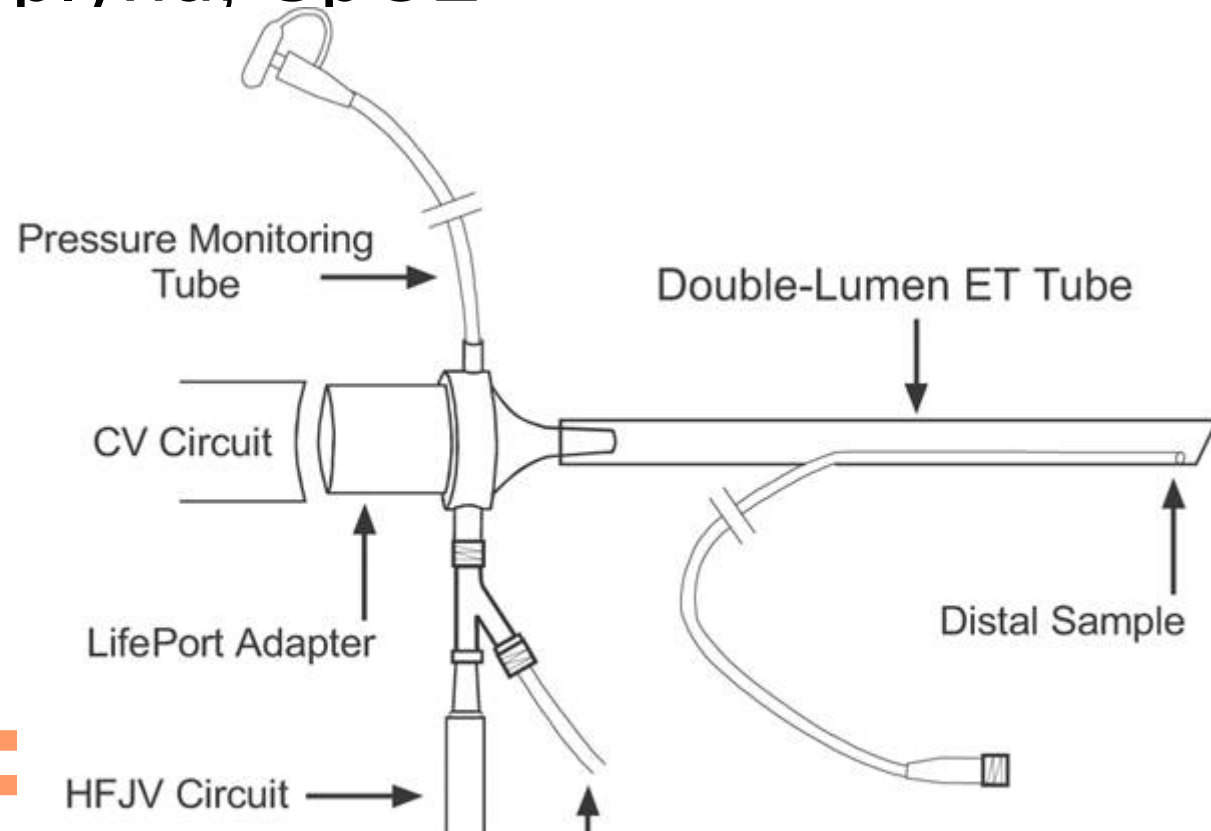
- minimální dechový objem bez mechanického poškození nemocné plíce



Obr. č. 4: Křivka tlak – objem. Upraveno podle [13]

# Oscilační ventilace – připojení pacienta

- není kontrola nad  $V_t$  (např: 1ml/kg)
- měřeny pouze tlaky v d.cestách
- analýza krevních plynů, SpO<sub>2</sub>



# oddělení oxygenace a ventilace

## Oxygenace:

- “plicní objem” závisí na tlaku v d.cestách  $Paw$   
příznak 9.žebra na RTG
- $fiO_2$

Ventilace závisí na  $f \cdot V_t^2$   
= amplituda membrány

- roste s klesající frekvencí
  - Prodloužení inspiria ( $T_i$  33%... 50%) zvyšuje  $V_t$
- 
-

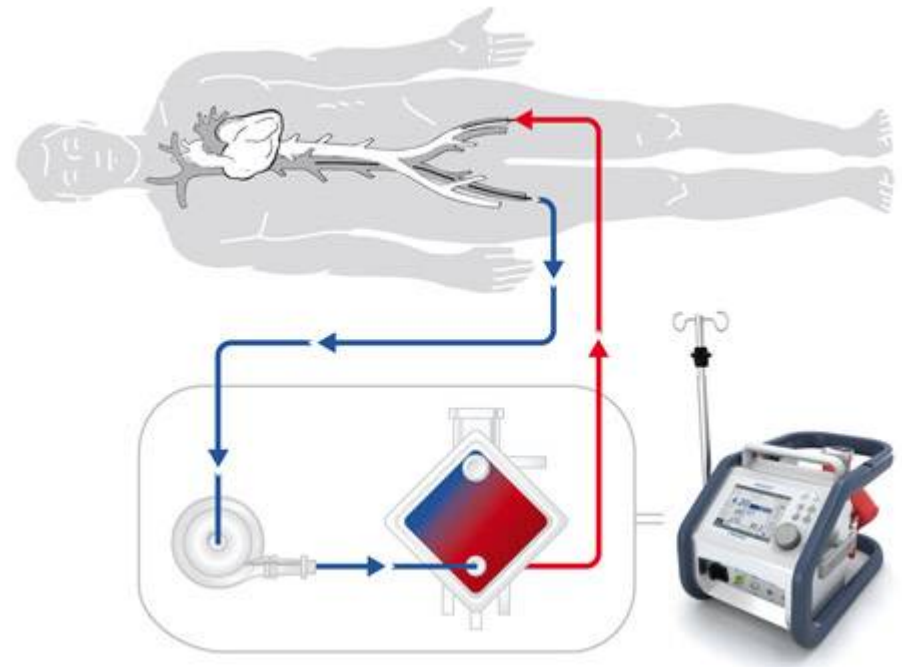
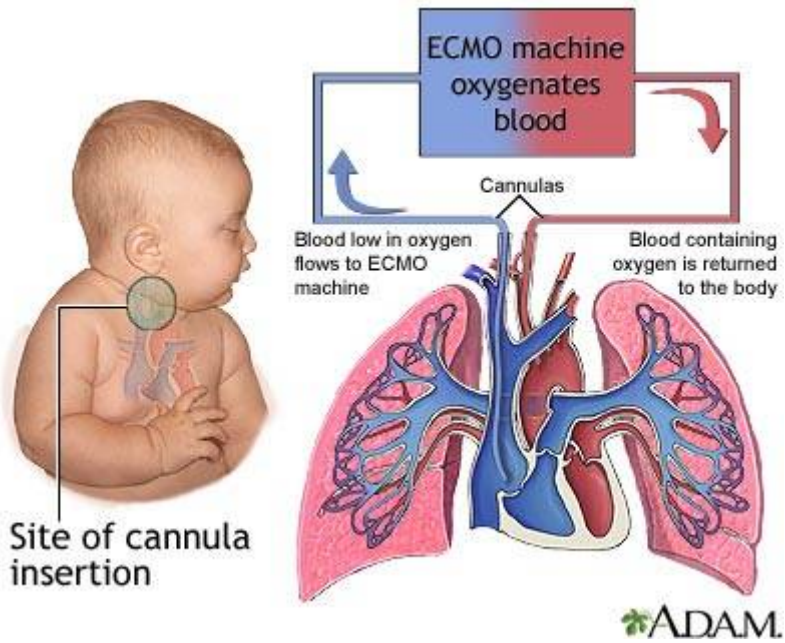


# Extra Corporal Membrane Oxygenation

- nutná kanylace velkých cév, antikoagulace,
- tok krve přístrojem přes membránový oxygenátor, který imituje výměnu krevních plynů v plicích, tzn. odstraňuje CO<sub>2</sub> a okysličenou krev vrací



# ECMO









# iLA Membrane Ventilator®



- k výměně plynů dochází na heparinem pokryté biokompatibilní membráně
- vyvinuto k užití max.29D
- připojení membránového „ventilátoru“ je zajištěno přes kanylu zavedenou do a.femoralis (13 nebo 15 F) a v.femoralis (15 nebo 17 F)



# Rizika UPV

- nevhodně nastavený režim
- interference s ventilátorem
- netěsnost, rozpojení okruhu, netěsnící manžeta TR
- neprůchodnost DC, zalomení hadic
- vznik barotraumatu
- krvácení z DCD při nešetrném odsávání
- vznik atelektáz při hromadění sekretů, intubace do prava
- infekce



# Tlumení a relaxace

Cíl: zajistit toleranci T Rourky, útlum dech.aktivity:

- analgosedace:
  - analgezie : sufentanil, fentanyl, morfin
  - benzodiazepiny: midazolam (Dormicum)
  - propofol (Diprivan)
- relaxace:
  - Arduan, Tracrium, Pavulon
    - CAVE relaxace při vědomí, rozvoj neuropatie.
    - Analgosedovaný pac. vnímá své okolí!

# Posouzení úrovně sedace - Ramsay

při vědomí, úzkostný, agitovaný, neklidný

při vědomí, spolupracující, orientovaný,  
uvolněný

při vědomí, reaguje jen na příkazy

spí, živě reaguje na světlo, poklep na kořen  
nosu, hlasitý podnět

spí, reaguje omezeně

spí, nereaguje

---

---

# Při poruše ventilátoru:

- Volat **POMOC**
- Zahájit dýchání AmbuVakem s O<sub>2</sub>
- Info lékaře, technika



# Při nechtěné extubaci:

- nepanikařit!!
- prodýchávat AmbuVakem s O<sub>2</sub>
- volat lékaře a sestru /ARO k intubaci

