



# Monitorovanie ventilácie

Peter Čandík



*Klinika anestéziológie  
a intenzívnej medicíny  
VÚSCH a.s. a LF UPJŠ Košice*

UNIVERZITA PAVLA JOZEFA ŠAFÁRIKA V KOŠICIACH



*Východoslovenský ústav srdcových  
a cievnych chorôb, a.s.*



# Čo je to Monitorovanie? I

**Monitorovanie (monitoring)** je v medicínskom slovníku viac menej zdomácnelé slovo, ktorého základ pochádza z latinského slova monitor – monitoris – upozorňovateľ, napomínateľ, pripomínateľ.

Z dnešného pohľadu môžeme výraz monitorovanie, monitoring charakterizovať ako činnosť **prístroja**, ale aj **personálu**, ktorý sleduje a vyhodnocuje sledované veličiny pacientových **fyzilogických (patofyzilogických), laboratórnych a klinických parametrov**.

Na základe vyhodnotenia parametrov upozorňuje na ich zmeny, ktoré prekročili nastavený rámec hraničných hodnôt alebo dohodnutých vyhodnocovacích kritérií.



# Čo je to Monitorovanie? II

**Monitorované veličiny (monitorovanie) môžu byť sledovania:**

**priamo meraných veličín** ( napr: Tlak v okruhu, Prietok, krvný tlak, pulzová frekvencia, teplota, MOS, a pod.)

**nepriamo meraných a vypočítaných veličín** (napr.: odpor pľúcnych ciev, tlak v alveolárnom priestore, auto PEEP, spotreba energie, spotreba O<sub>2</sub> a pod.)

**klinicky sledovaných veličín** a prípadne ich globálne vyhodnotenie skórovacím systémom ( napr.: veľkosť zreníc, farba pokožky, potenie, izokória -každú hodinu, Glasgow coma score, APACHE II score, Trauma score a pod.)

**laboratórnych výsledkov v širšom slova zmysle** (napr.: glykemický profil, hematologický profil, mikrobiálny profil a pod.)



# Čo je to Monitorovanie? III

**Z časového hľadiska sledovania jednotlivých veličín rozlišujeme :**

**monitorovanie** – t.j. sledovanie zvoleného parametra v určitých vopred zvolených časových intervaloch

(napr. pri anestézii rozumieme meranie parametrov v 5 minútových intervaloch TK, pulz, dychová frekvencia a pod. Pri dlhodobej resuscitačnej starostlivosti napr.: ABR každých 8 hod., Glasgow coma score každé 2 hodiny, hodinová diuréza, vyšetrenie na kultiváciu a citlivosť mikróbov u intubovaného pacienta 1 x denne a pod.)

**kontinuálne monitorovanie** – t.j. sledovanie zvoleného parametra technickým zariadením nepretržite

(napr. v anestéziológii - FiO<sub>2</sub>, ETCO<sub>2</sub>, Invazívne meranie tlaku krvi a pod.)

# Monitorovanie ventilácie

**Ventilácia** je súbor fyziologických (technologických) funkcií organizmu (prístroja) ktorých cieľom je výmena dýchacích plynov medzi atmosférou a alveolárnym priestorom.

**Ventilácia môže byť:**

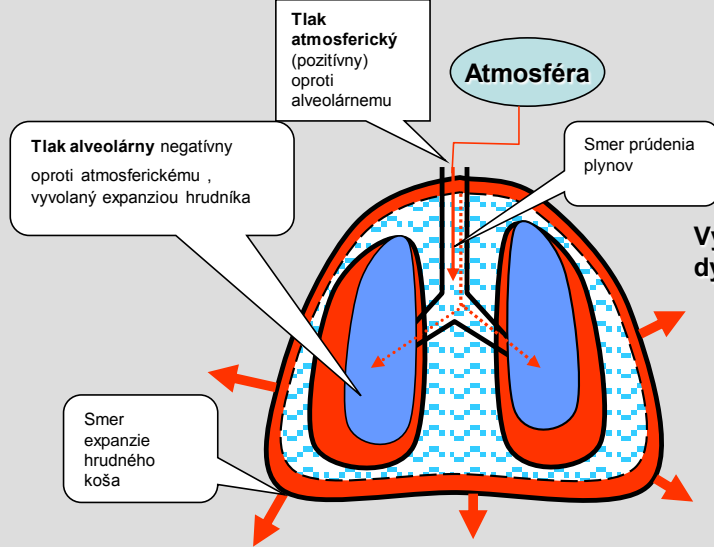
- Spontánna
- Podporná
- Riadená



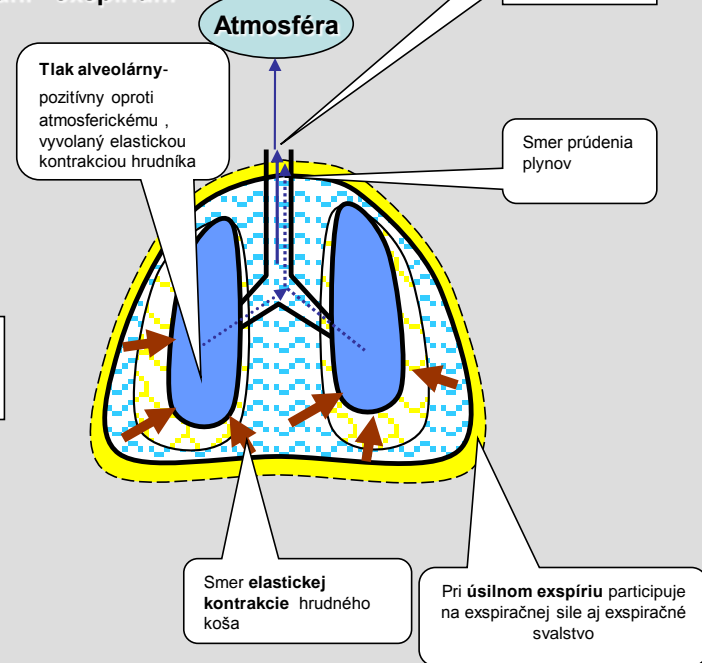
# Základné rozdiely medzi spontánnou a riadenou ventiláciou

## Výmena plynov pri spontánnom a riadenom dýchaní – fyzikálny princíp

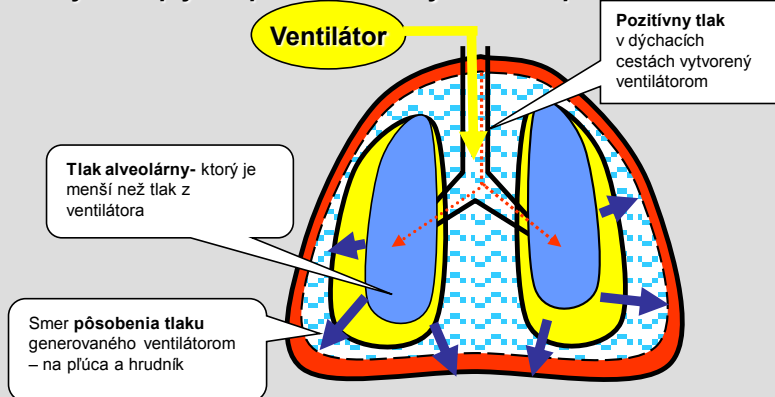
### Výmena plynov pri spontánnom dýchaní -inspírium



### Výmena plynov pri spontánnom i riadenom dýchaní - expírrium



### Výmena plynov pri riadenom dýchaní- inspírium



# Monitorovanie v praxi

## Monitorovanie ventilácie:

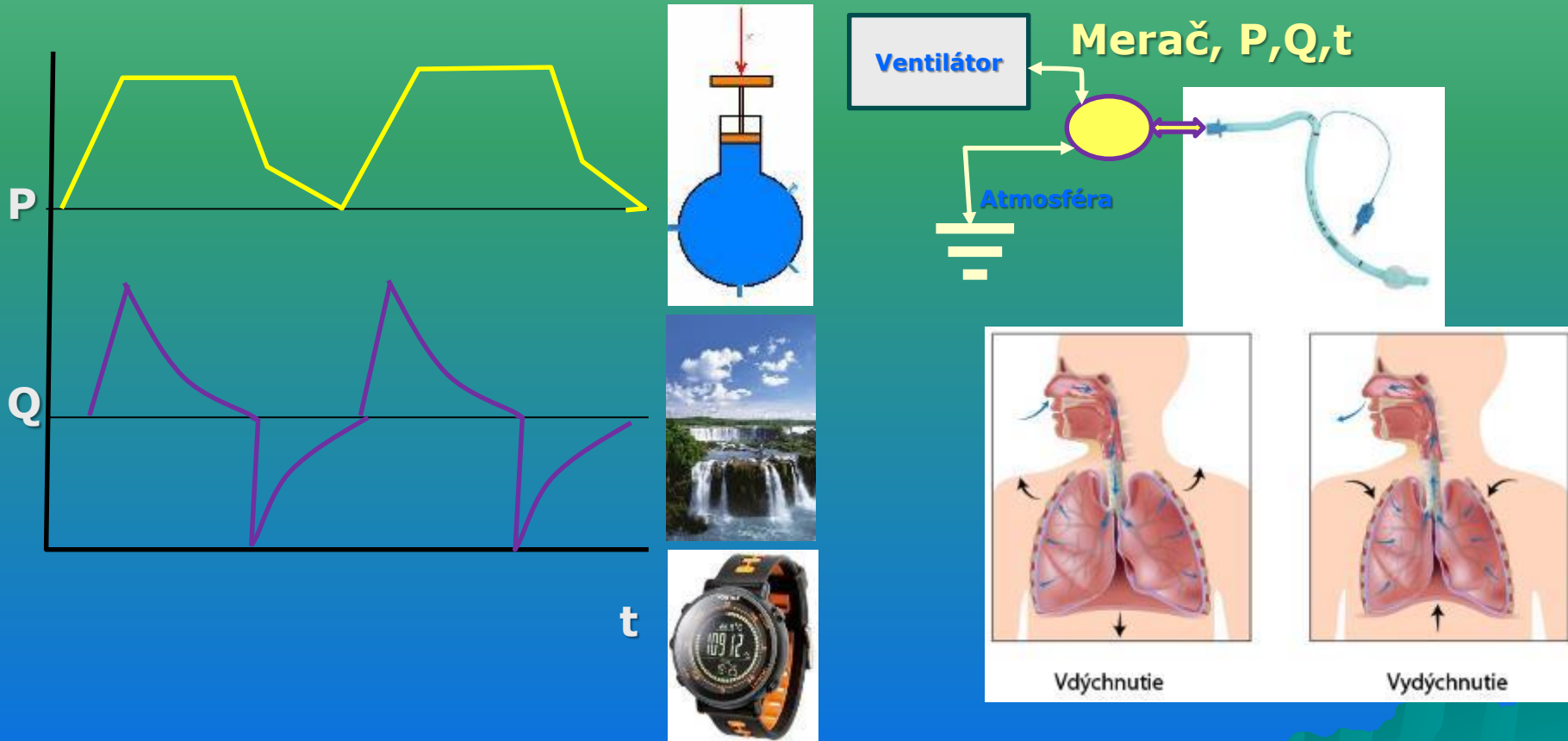
- **priamo meraných veličín** – Tlak, prietok, čas.
- **vypočítaných veličín** – Objem, Frekvencia , Ti:Te, Tau, Poddajnosť, Odpor, Alveolárny tlak, PEEPi, (pľúcna mechanika).....
- klinicky sledovaných veličín** – Frekvencia dýchania, dýchacie šelesty, Zatahovanie medzirebria a jugula, Stridor, Kinetika dýchacích pohybov, Dušnosť.....
- laboratórnych výsledkov** – ABR, Krvné plyny, Laktát, Pyruvát, ETCO<sub>2</sub>, VECO<sub>2</sub>, ViO<sub>2</sub>, RQ .....
- kontrola technického stavu** – u prístrojov a technológii - selfcontrolling





# Monitorovanie v praxi II

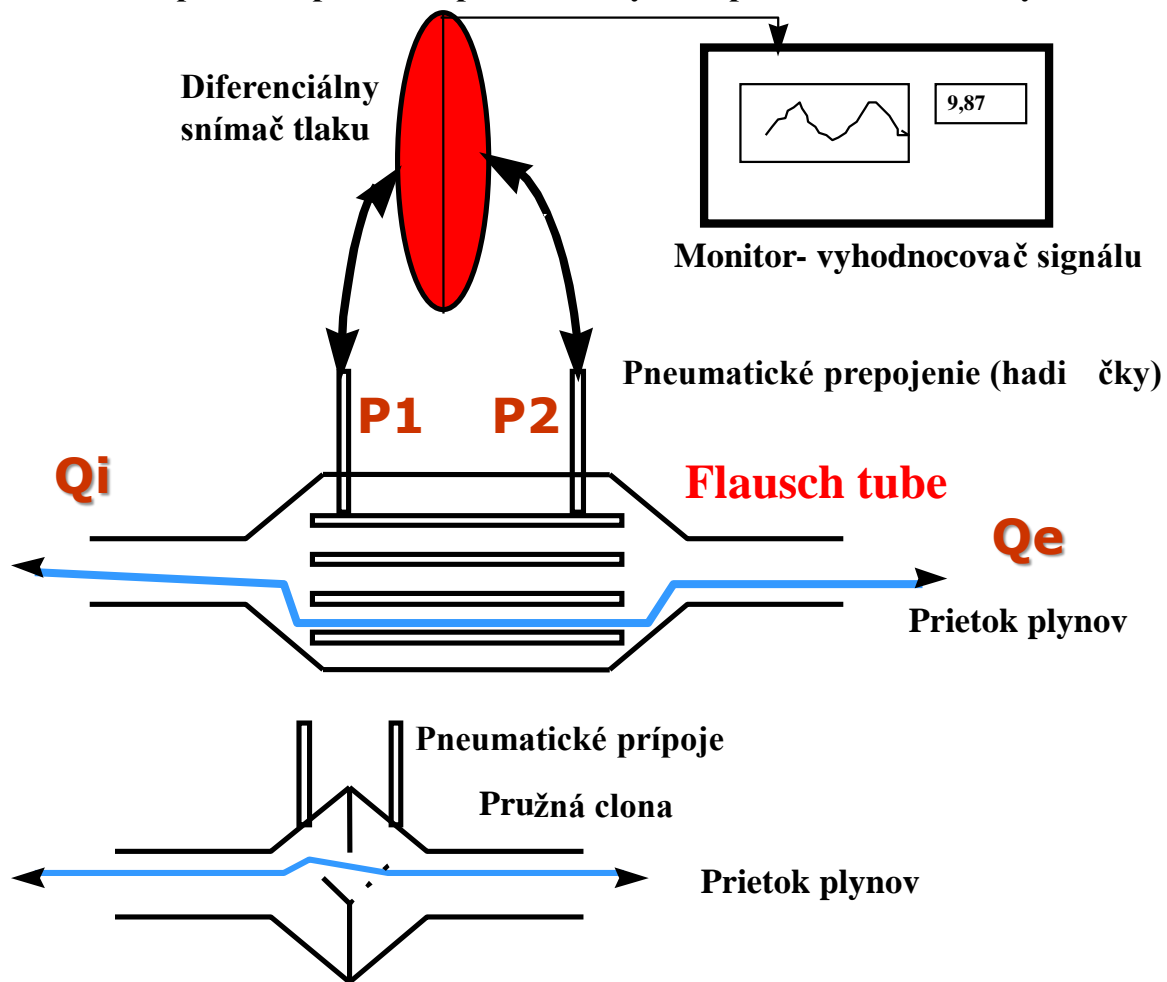
V organizme živočíchov dýchajúcich vzduch pľúcami je len jeden otvor – **larynx**, prípadne v horných dýchacích cestách umiestnená **kanyla**, cez ktorú prúdi dýchací plyn do a z páciových pľúc.



U pacienta dýchajúceho spontánne, či na riadenom dýchaní sú len **3 priamo merateľné parametre, Tlak, Prietok a čas.**

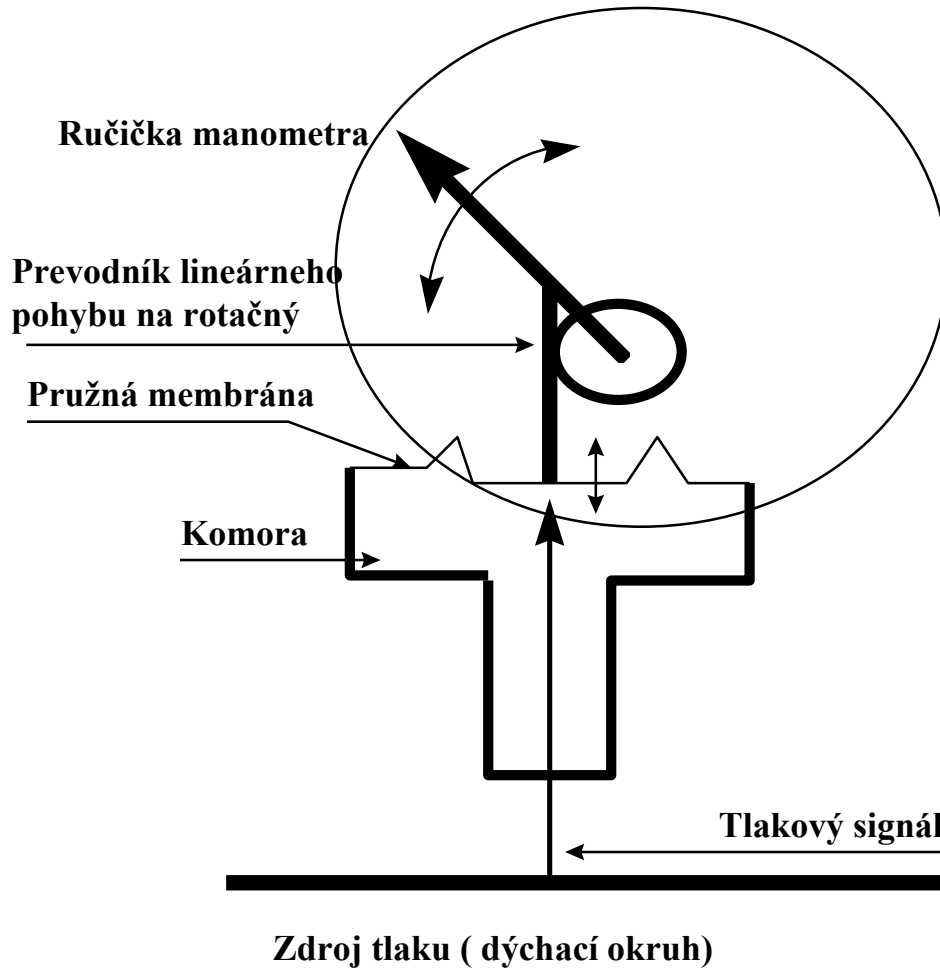
# Meranie prietoku plynov

Schéma merania prietoku pomocou pneumatických odporov - diferenciálnym snímačom

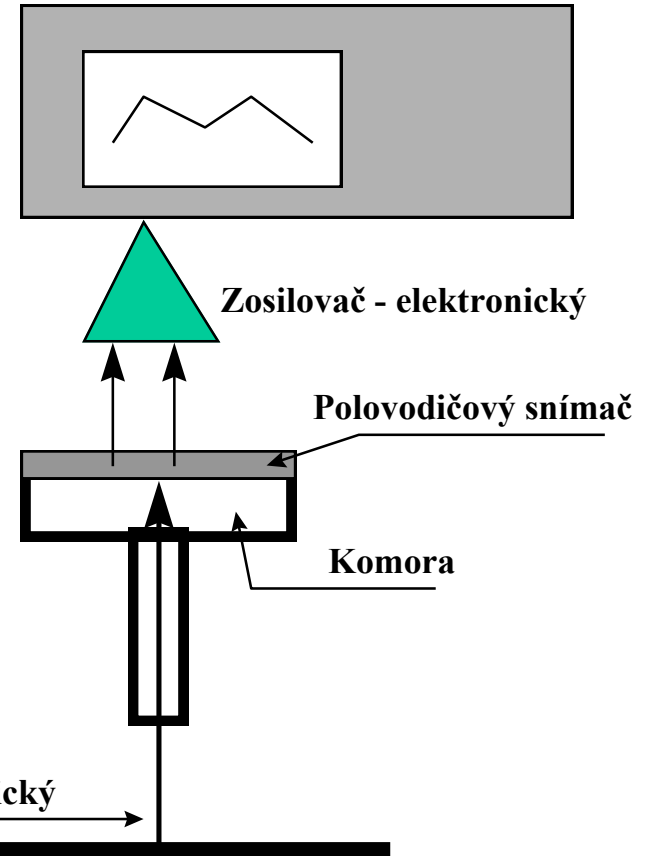


# Meranie tlaku

## Mechanický manovákuometer



## Elektronický merač tlaku



# Meranie času

Čas je vo fyzike charakteristika hmotných objektov určujúca následnosť udalostí (Wikipédia)

Čas je fyzikálna veličina, ktorá bráni tomu aby sa všetky deje stali naraz.

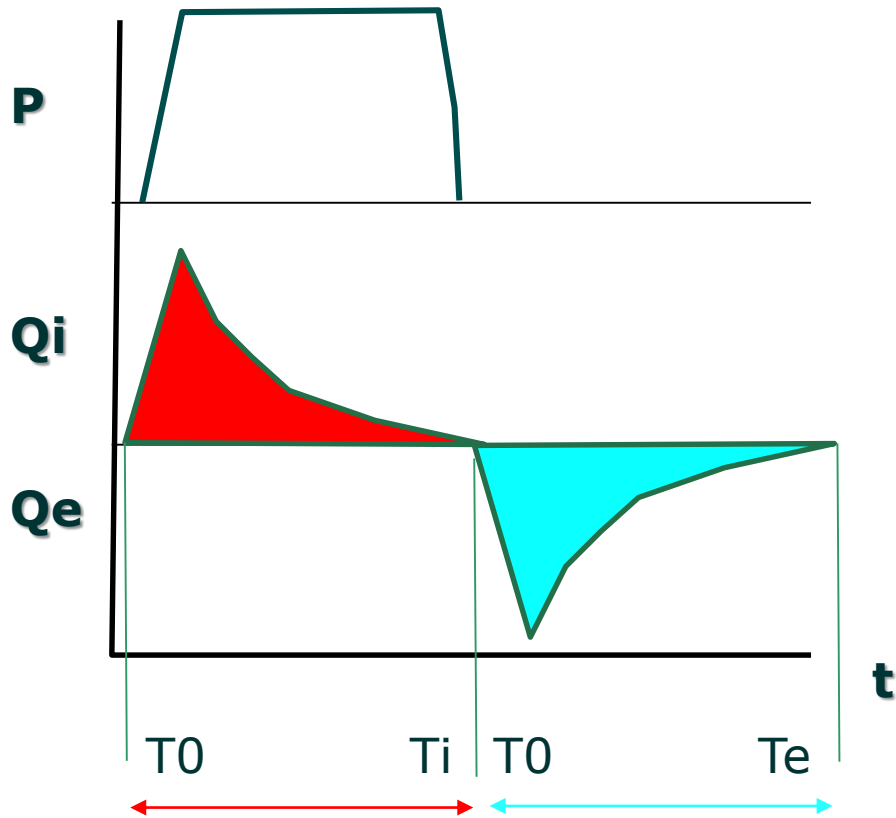
Pre monitorovanie ventilácie sú potrebné časové úseky na sledovanie premenných.

**Milisekundy (ms)** - priebeh prietoku, tlaku, triggra , čas časovej konštanty a pod.

**Sekundy (sec.)** – priebeh a trvanie inspíria , exspíria, dýchacieho cyklu a pod.

**Minúty až hodiny (hod.)** – trendy jednotlivých veličín a ich zmien.

# Meranie objemu plynov



$$VT_i = \int_{T_0}^{T_i} Q_i$$

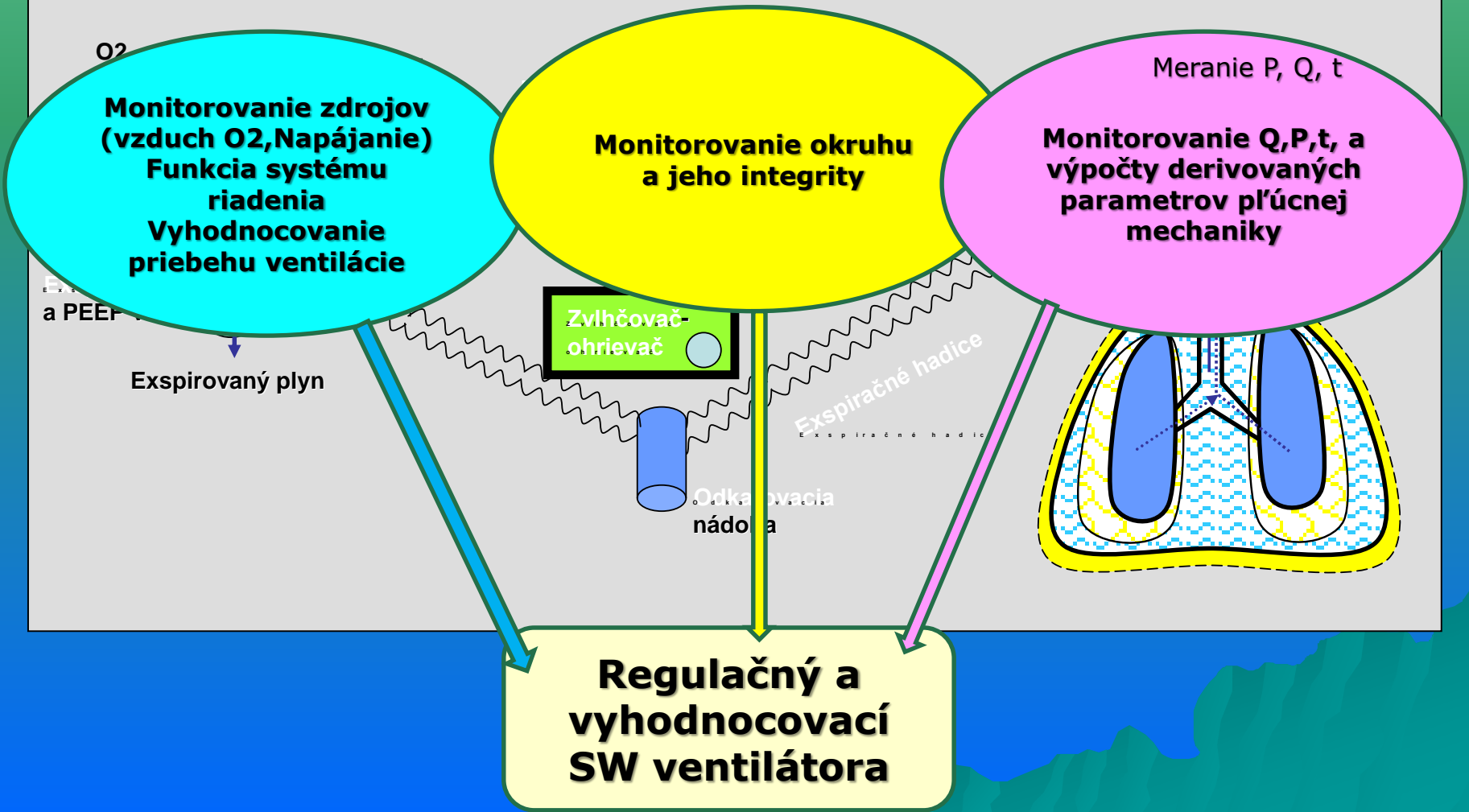
$$VT_e = \int_{T_0}^{T_e} Q_e$$

Objem **V** je časový integrál prietoku **Q** v čase trvania **inspíria** / **expíria**

Objem **V** je rovný ploche pod prietočnou krivkou (i/e)

# Monitorovanie - princípy

Fyzikálny princíp – schéma konvenčného ventilátora



# Monitorovanie zdrojov (vzduch O<sub>2</sub>, Napájanie)

## Funkcia systému riadenia

-**Tlak v systéme napájania** ventilátora plynmi má byť podľa ISO normy =  $450 \pm 50$  kPa

Pri poklese napájacieho tlaku vyvolá systém alarm. Zvyčajne je funkčnosť ventilátora zabezpečená do  $P = 250$  kPa.

-**Výpadok jedného z plynov** (zvyčajne O<sub>2</sub>, vzduch) je alarmovný, ale umožní bazálnu ventiláciu na jednom z plynov (pri výpadku O<sub>2</sub> poklesne FiO<sub>2</sub>)

-**Výpadok elektrickej siete** je alarmovaný ale väčšina ventilátorov prepne zdroj do zálohy na batériu, ktorá dokáže nalájať ventilátor od 30 min do 4 hod.

-**Selftest systému** sa zvyčajne vykonáva po zapnutí ventilátora, podobne ako celkový test zariadenia

-Počas ventilácie systém **monitoruje chod rozhodujúcich uzlov** a upozorní na prípadné odchýlky, či poruchy.

# Monitorovanie okruhu a jeho integrity

Okruh ventiliátora je monitorovaný :

- **Na tesnosť** pri self teste – ( únik 30 ml/min pri tlaku 3 kPa)
- **Úniky** monitoruje ventilátor aj počas ventilácie ( pozor na únik pri netesnej ET kanyle)
- Systém monitoruje aj **činnosť snímačov** tlaku a prietoku
- Systém monitoruje **zloženie plynnej zmesi** (FiO<sub>2</sub>)
- Nepriamo, cez zvlhčovač a jeho reguláciu systém monitoruje **teplotu dýchacích plynov**



# **Monitorovanie zásadných priamo meraných fyziologických a základných laboratórnych veličín v súvislosti s UVP**

**Monitorovanie tlaku, prietoku, objemu, času**

**Pulzová oxymetria**

**Kapnometria- kapnografia**

**Volumetrická kapnografia**

**Monitorovanie pľúcnej mechaniky a derivovaných param.**

**Krvné plyny**

**ABR**

**Laktát**

**Hemodynamika**

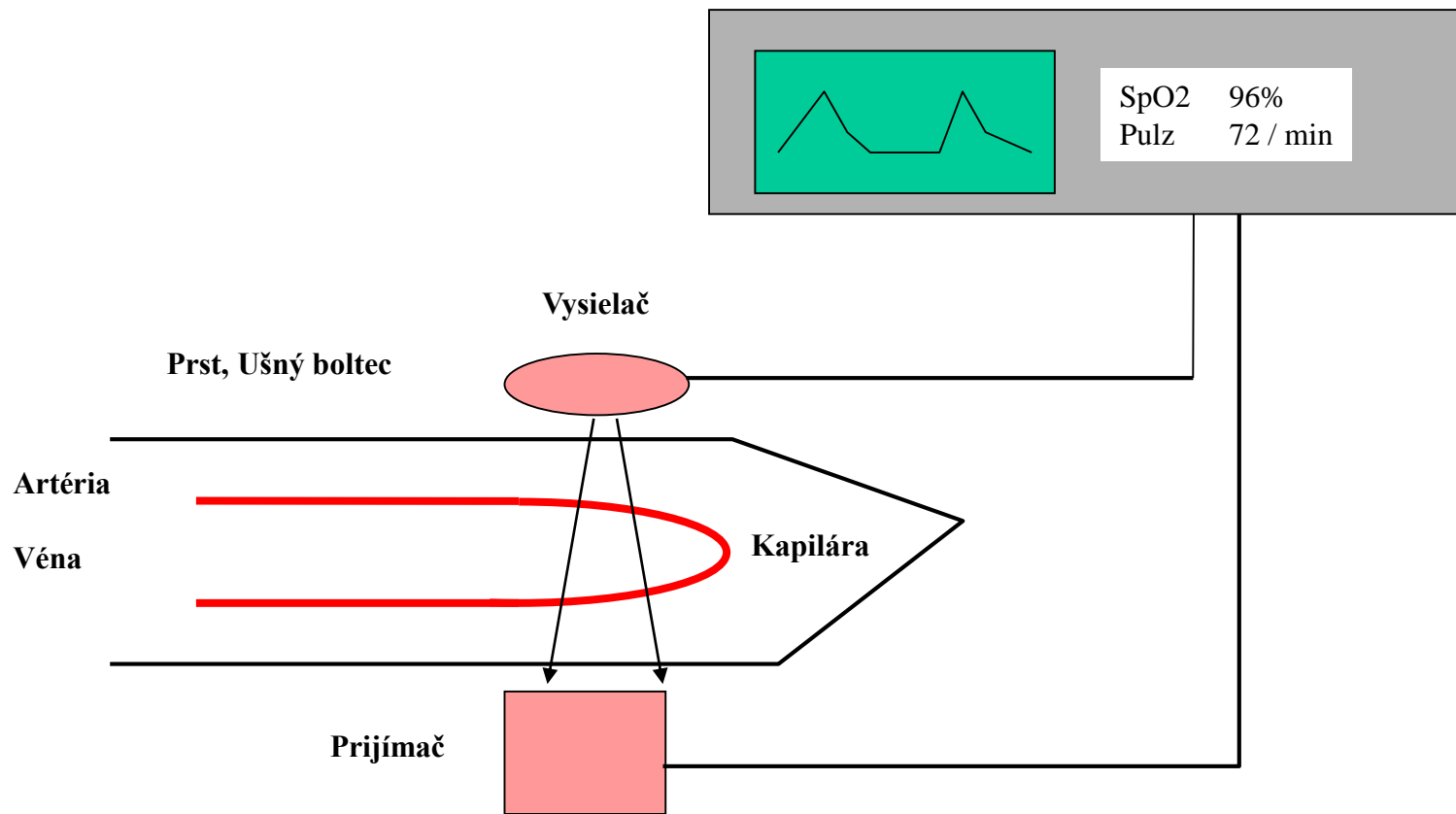
**Dodávka /spotreba O<sub>2</sub>**

**Výmena plynov na AKM**

# Pulzná (pulzová) oxymetria - SpO<sub>2</sub>

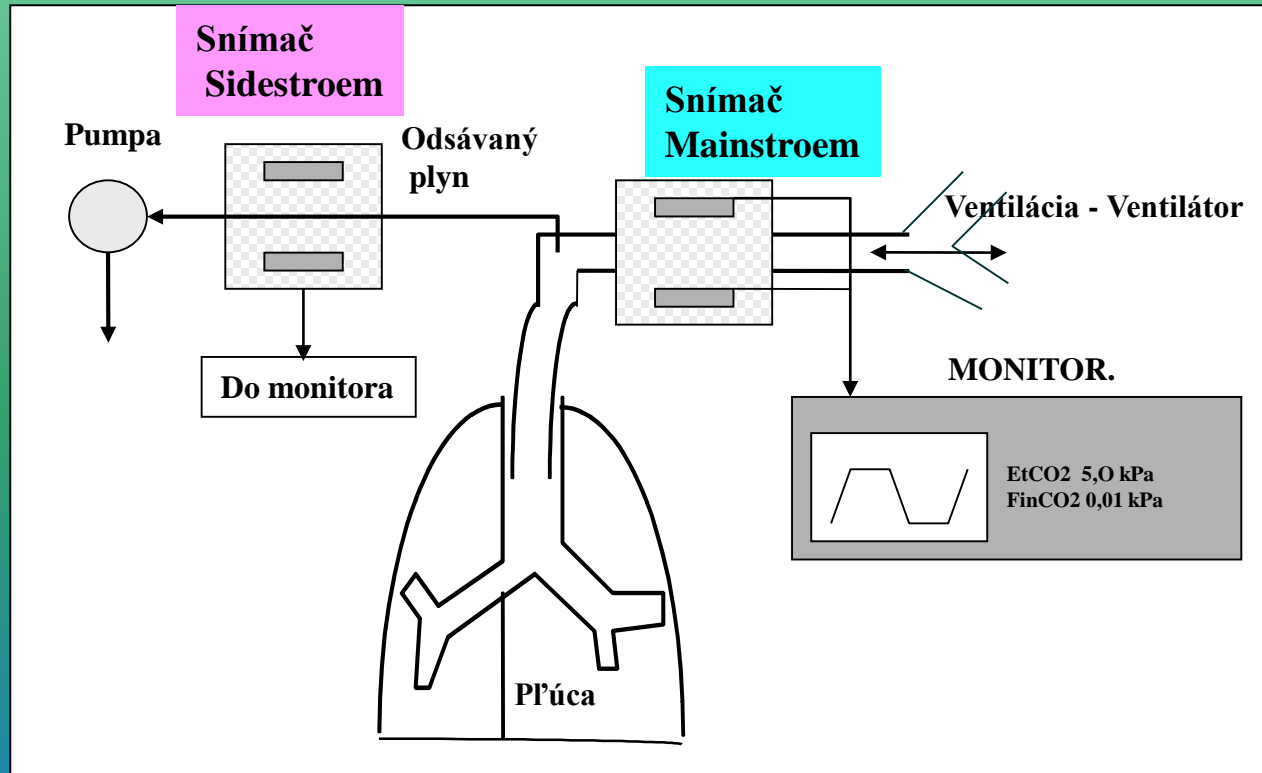
Pozn: Moderné snímače dokážu merať aj obsah **Hb v krvi**

MONITOR



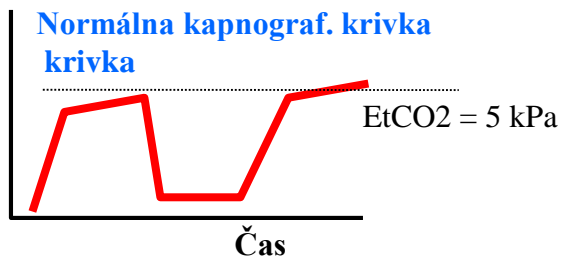
Princíp monitorovania SpO<sub>2</sub>

# Princípy kapnografie metrie



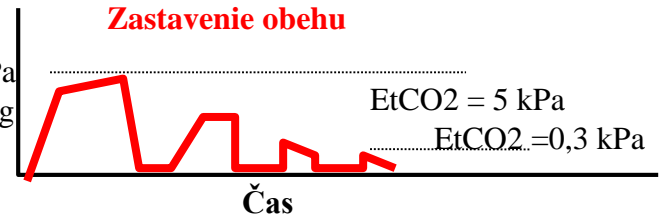
CO2  
%, kPa  
mmHg

Normálna kapnograf. krivka  
krivka



CO2  
%, kPa  
mmHg

Zastavenie obehu



# Princípy kapnografie/metrie – zmeny ETCO<sub>2</sub>

## Vzostup pCO<sub>2</sub> (ETCO<sub>2</sub>)

Teplota  
Sepsa  
MH  
Hypoventilácia  
Bolus NaHCO<sub>3</sub>  
Embolizácia CO<sub>2</sub> (kapnoperitoneum)  
Stúpajúci CO  
Obnovenie obehu po KPCR  
Rozpojenie od ventilátora

## Zníženie pCO<sub>2</sub> (ETCO<sub>2</sub>)

Embólia do pľúcnice  
Zastavenie obehu  
Hypotermia  
Hyperventilácia  
Hypometabolické stavy  
Hypotenzia  
Pokles CO  
Intubácia ezofágu  
CHOPCH  
Extubácia

# Princípy volumetrickej kapnografie I

Volumetrická kapnografia predstavuje integráciu prietoku (objemu) a koncentrácie CO<sub>2</sub> vo vydychovanom plyne.

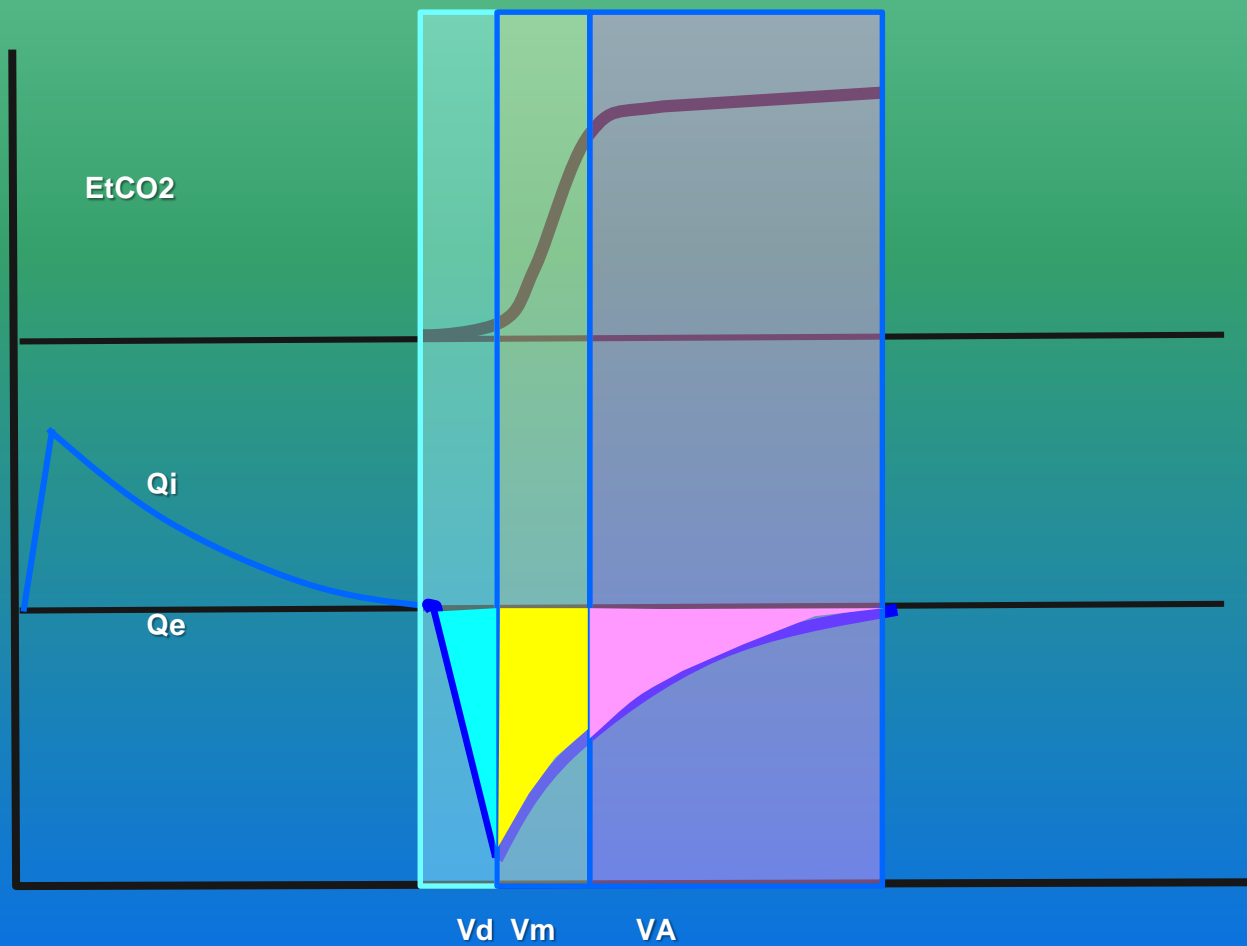
**Umožňuje získavať parametre predtým ťažko merateľné**

1. VCO<sub>2</sub>, t.j. elimináciu CO<sub>2</sub> (ml, lit)
2. Mŕtvy priestor dýchacích ciest VD
3. fyziologický VD/VT
4. Alveolárnu ventiláciu
5. Odhad, ale aj výpočet CO (MOS)

Koncentrácia CO<sub>2</sub> v  
mŕtvom priestore

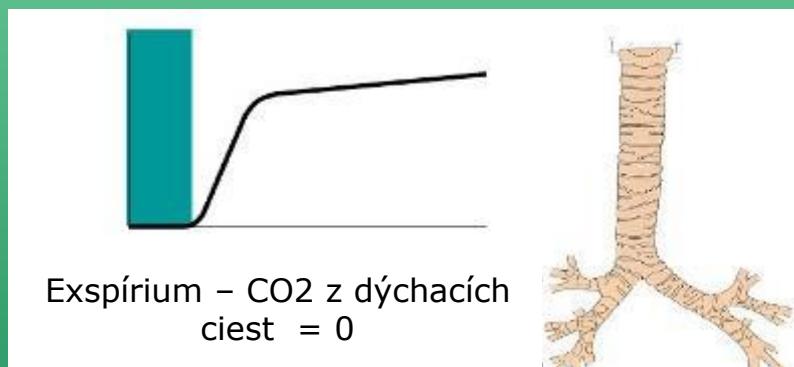
Koncentrácia CO<sub>2</sub> v miešacom  
priestore

Koncentrácia CO<sub>2</sub> v  
alveolárnom priestore

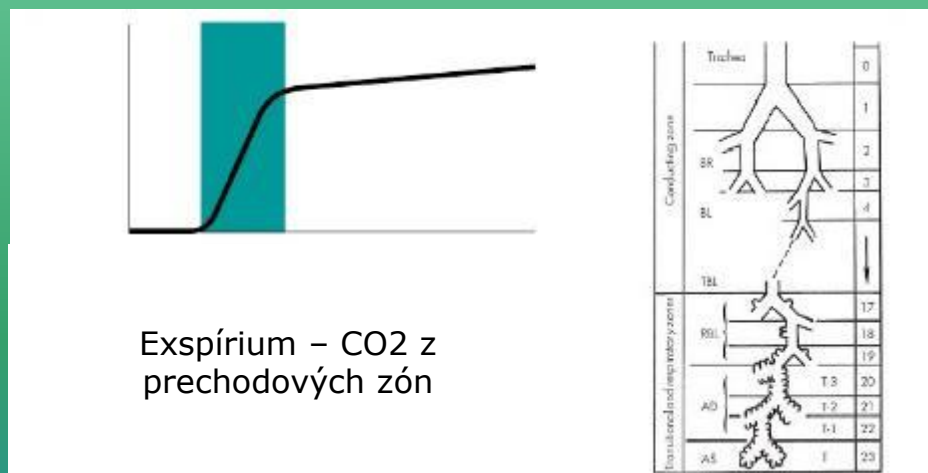


# Princípy volumetrickej kapnografie II

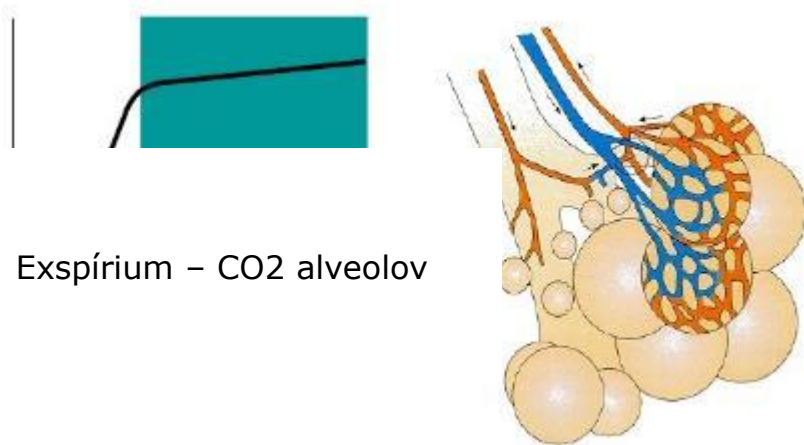
## Fáza I



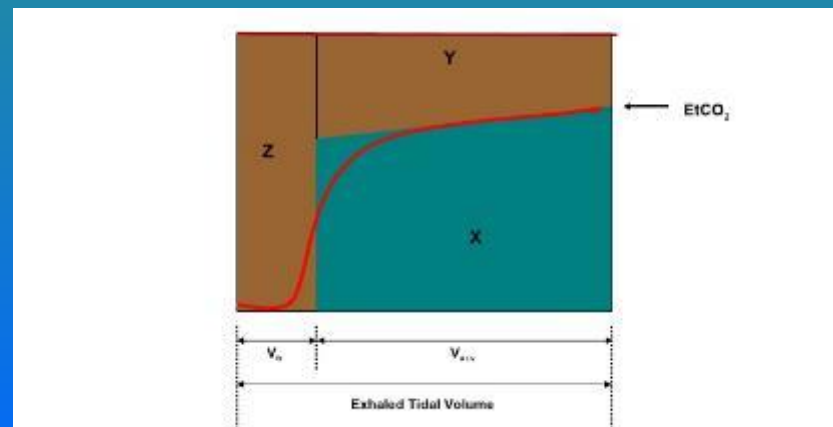
## Fáza II



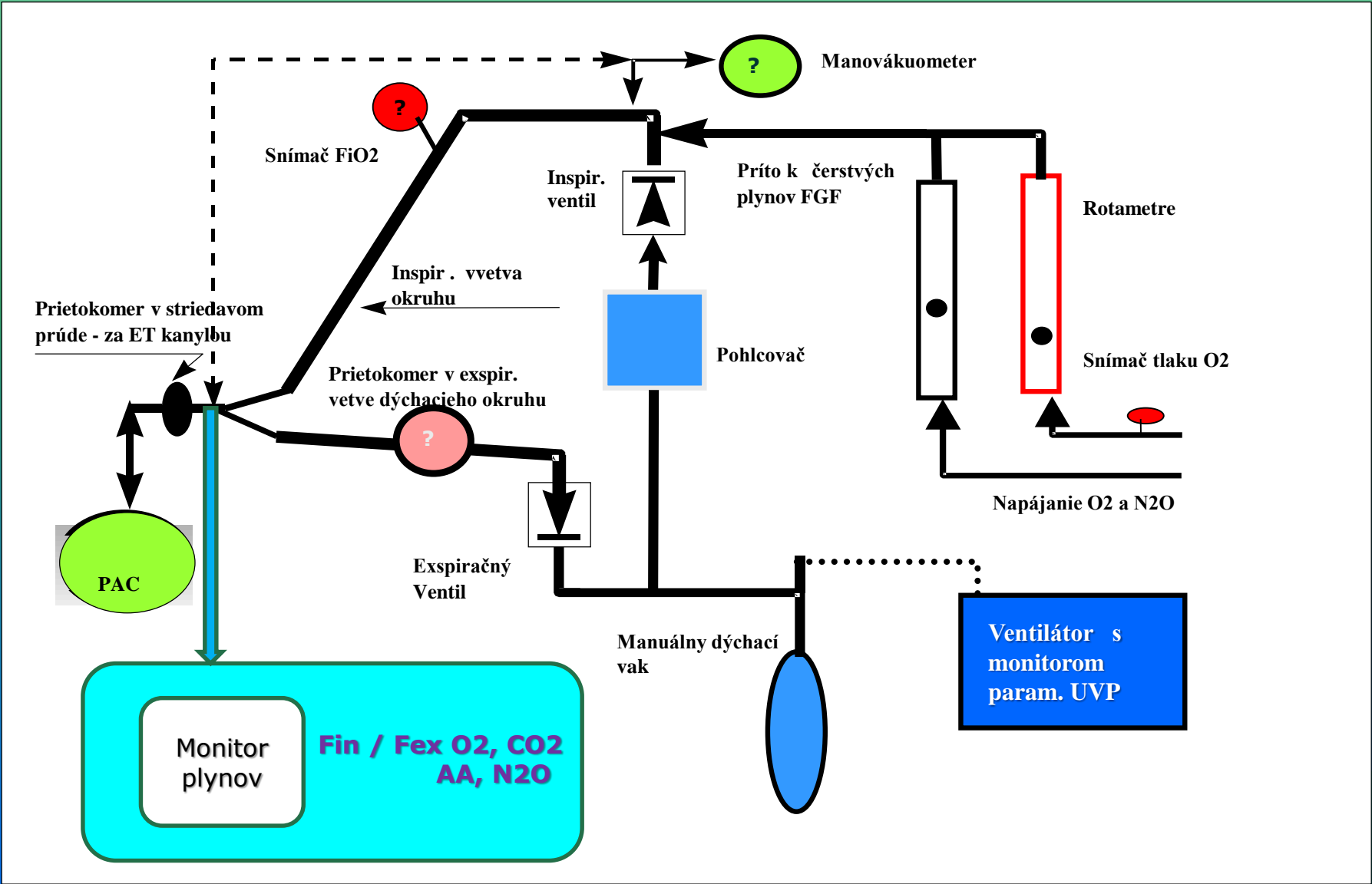
## Fáza III



## Krivka ETCO<sub>2</sub> z jednotlivého expíria



# Monitorovanie počas anestézie – základné rozdiely

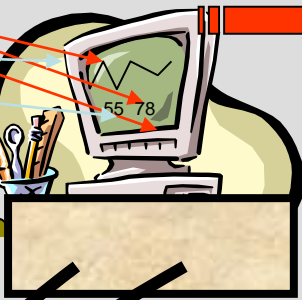




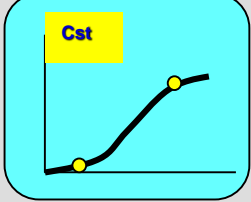
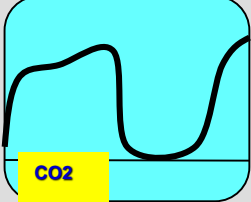
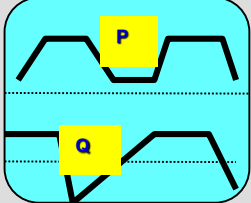
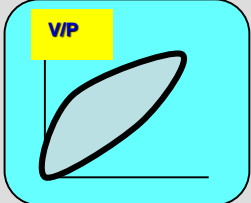
# Monitorovanie pľúcnej mechaniky on-line

???

Bez měření  
Není vězení !!!  
Amatérske rádio © 1965



- ???
- Tau i
- Tau e
- $P_{AI}$
- Pae
- PEEPi
- PEEP
- Cst
- Cdyn
- Raw
- VT
- MV
- F
- Ti%
- Ptp
- (Transp. tlak)

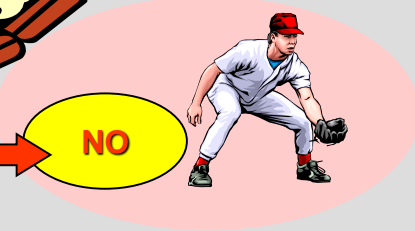


YES

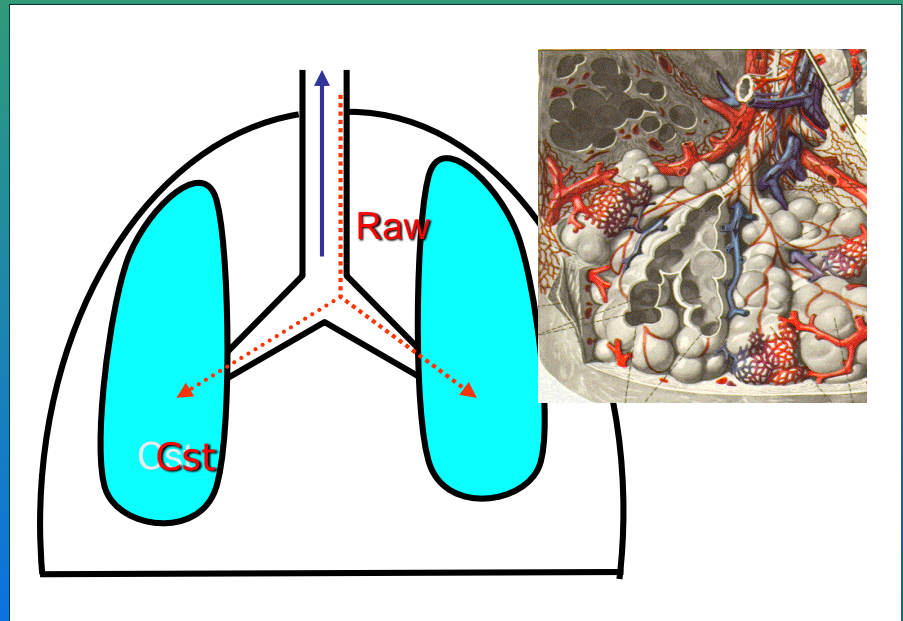
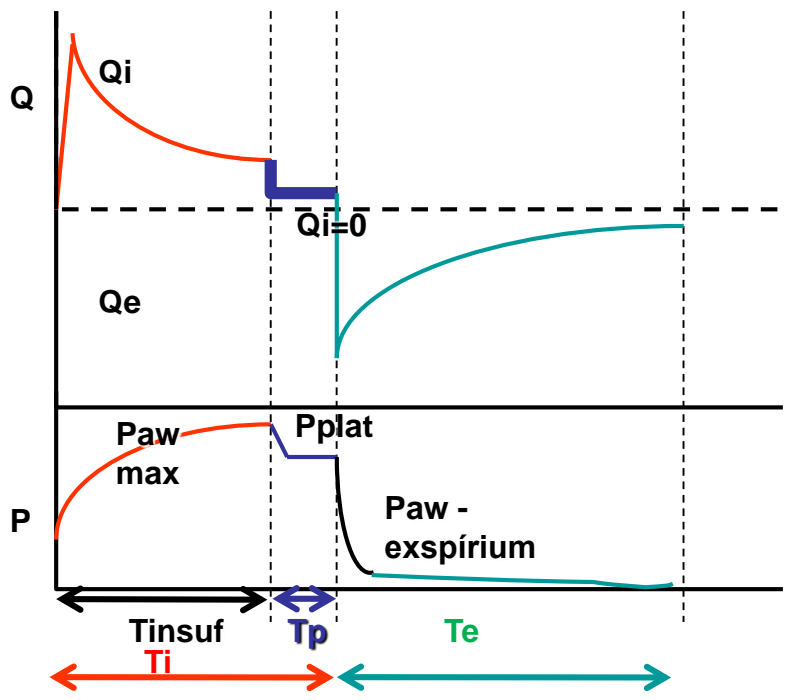


SIRS, ARDS  
MODS, MOF  
????????????

NO



# Monitorovanie pľúcnej mechaniky - základné veličiny a pojmy



# Monitorovanie pľúcnej mechaniky

## základné veličiny a pojmy – číslicové monitorovanie II

$T_I$  (čas inpiria) (sek) - je reálne trvanie času inpiria, t.j. času, počas ktorého je insuflovaný plyn do pľúc. Do tohto času sa započítava aj tzv. poinspiračná pauza  $T_p$ .

$T_E$  (čas expira) (sek) - je reálne trvanie času expira.

$T_I \%$  (percentuálny pomer trvania dĺžky inpiračného času z ventilačného cyklu) (%)

$f$  (frekvencia dýchania) / $d \cdot \text{min}^{-1}$  /

$V_T = V_{TE}$  (dychový objem – rozumie sa exspirovaný objem plynov) /lit./

$MV$  (minútová ventilácia) / $\text{lit} \cdot \text{min}^{-1}$  /

$P_{AWmax}$  (maximálny tlak v dýchacom okruhu v hodnotenom dychovom cykle meraný na „Y“

$P_{AWmin}$  (– minimálny tlak v dýchacom okruhu v hodnotenom dychovom cykle mechanický – externý PEEP)

$\tau_I$  (Prvá inpiračná časová konštanta celého systému –pľúca + ventilačný okruh + ventilátor) /sek./

$\tau_E$  (Prvá expiračná časová konštanta celého systému –pľúca + ventilačný okruh + ventilátor) /sek.

$C_{st}$  (Statická poddajnosť) /  $\text{lit} \cdot \text{kPa}^{-1}$  /

$C_{dyn}$  (Dynamická poddajnosť) /  $\text{lit} \cdot \text{kPa}^{-1}$

$R_{IAW}$  (Inpiračný odpor dýchacích ciest + odpor ET kanyly) /  $\text{kPa} \cdot \text{l}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$  /

$P_{Al}$  (Špičkový alveolárny tlak) / kPa /

Vyjadruje vypočítaný maximálny tlak v alveolárnom kompartmente, ktorý pôsobí na steny alveolov počas inpiria.

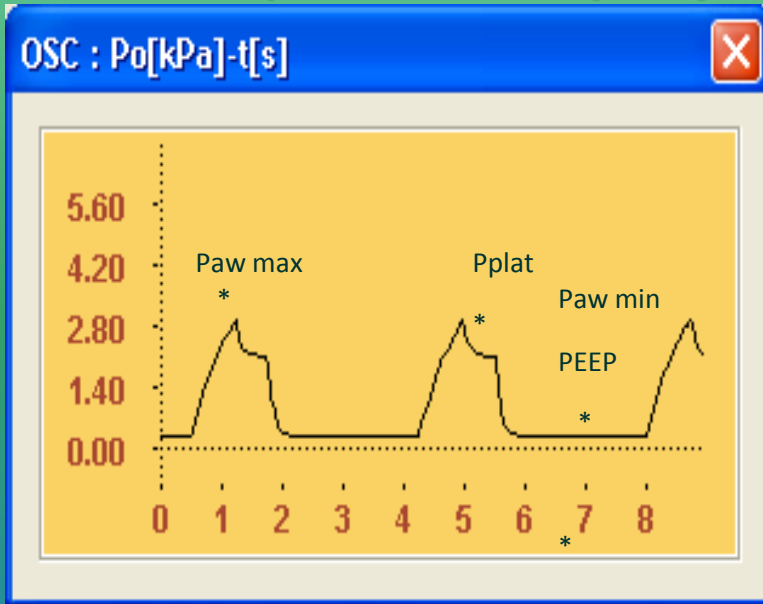
$PEEP_i = P_{AE\ inadv}$  (Inadvertný, auto- PEEP) / kPa/

$P_{AE}$  (Minimálny alveolárny tlak na konci expira = suma inadvertného  $PEEP_i$  + mechanického PEEP) /kPa/

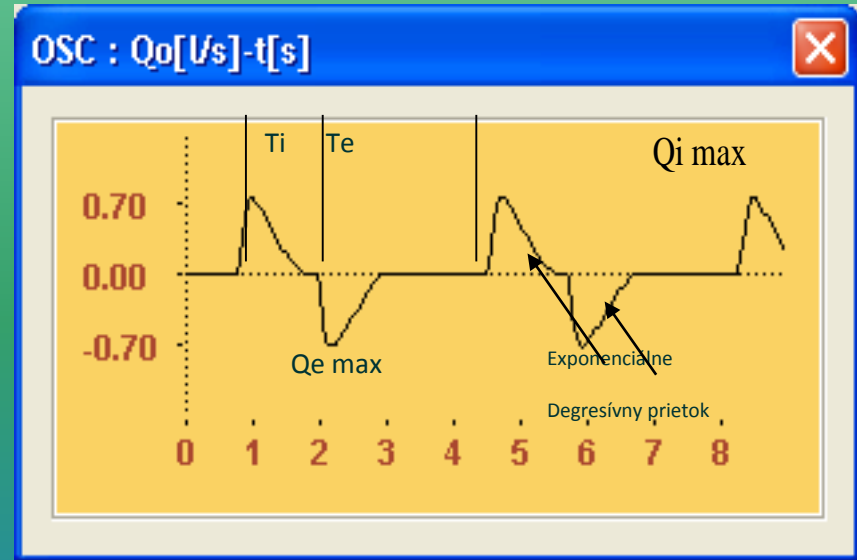
$f/V_T$  index /bezrozmerné číslo/

# Monitorovanie pľúcnej mechaniky základné veličiny a pojmy – analógové monitorovanie I

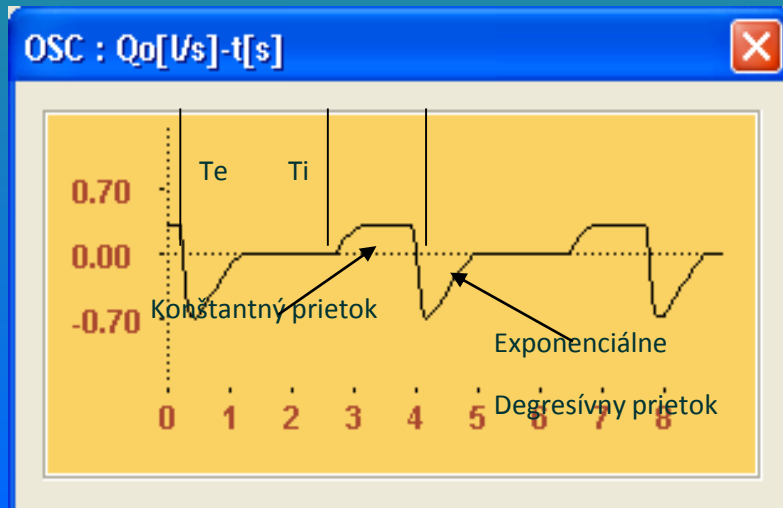
## Krivka priebehu tlaku (CMV)



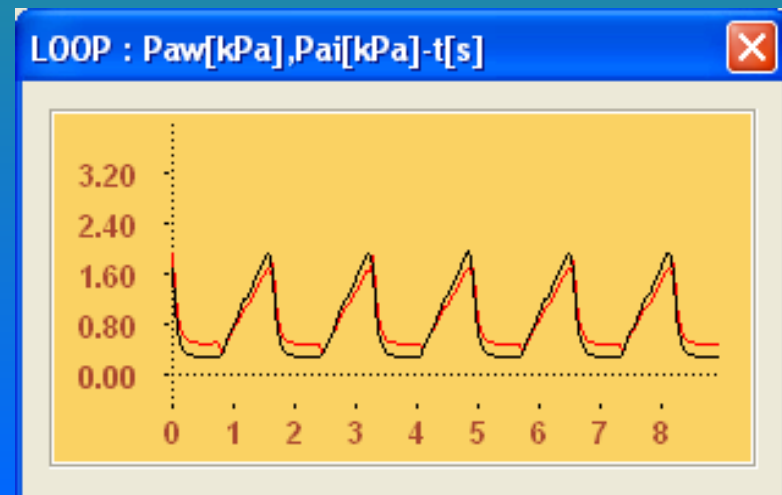
## Krivka priebehu tlaku (PCV)



## Krivka priebehu prietoku (CMV)

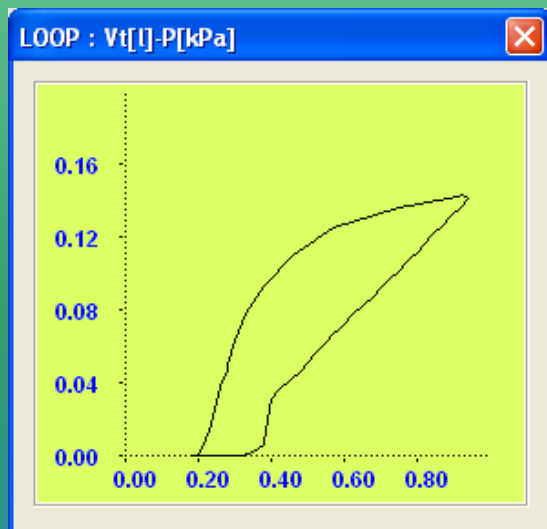


## Krivka priebehu tlaku **Pai**- alveolárneho a tlaku v okruhu Paw

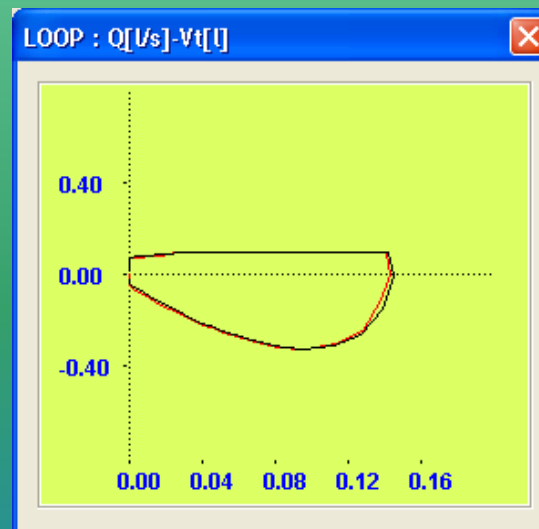


# Monitorovanie pľúcnej mechaniky základné veličiny a pojmy – analógové monitorovanie II

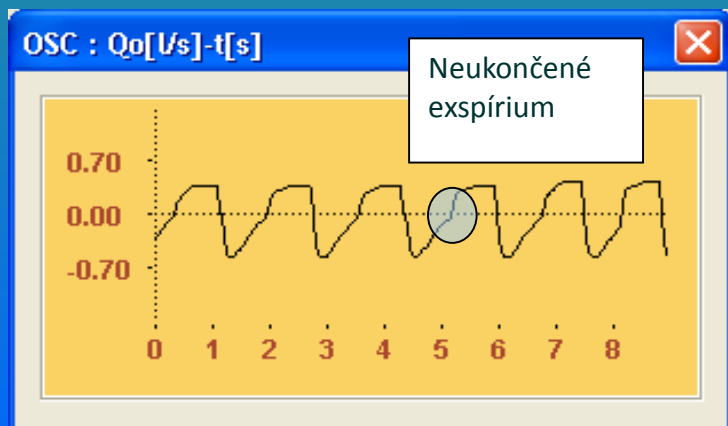
Sľučka V/P



Sľučka Q/V



Krivka priebehu prietoku  
Prítomný PEEPi pre krátky  
čas expíria

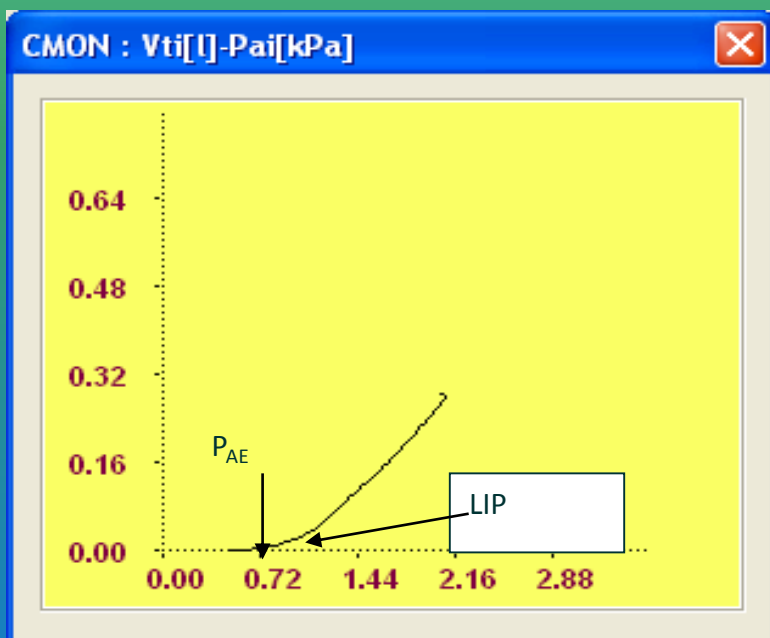


Sľučka V/P – horný inflekčný bod

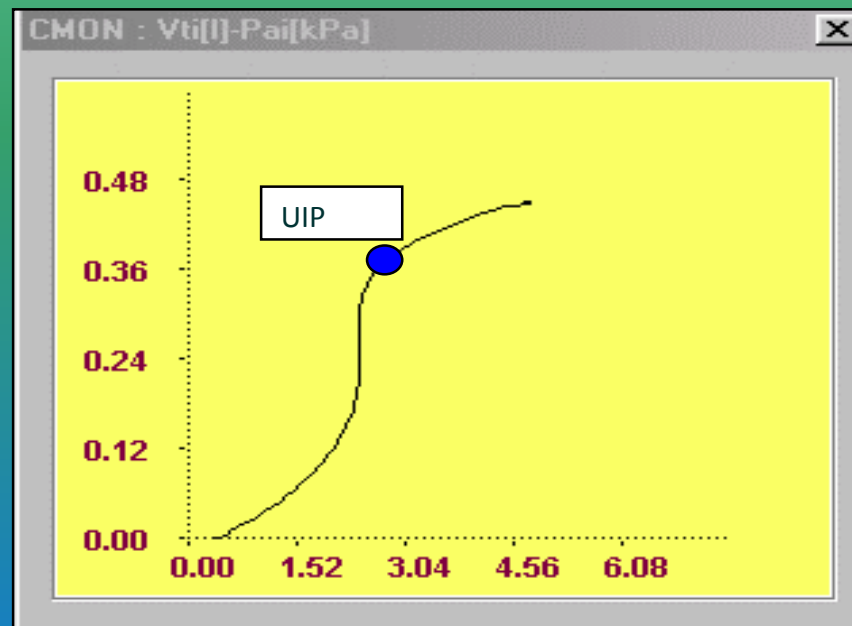


# Monitorovanie prúcnnej mechaniky základné veličiny a pojmy – analógové monitorovanie III

Krivka priebehu statickej  
poddajnosti  
S identifikáciou dolného  
inflekčného bodu



Krivka priebehu statickej  
poddajnosti  
s identifikáciou horného  
inflekčného bodu



# Monitorovanie pľúcnej mechaniky základné veličiny a pojmy – analógové monitorovanie IV

Krivka **trendu** Paw max, prístupné všetky trendové krivky aj ostatných parametrov.



# Záver

**Monitorovanie** ako spôsob sledovania stavu jedného či viacerých orgánových systémov pacienta , je dôležitým faktorom v modernej anestéziológii a intenzívnej medicíne. Jednotlivé monitorovacie metódy a techniky sa niekedy vzájomne prelínajú .

Je nevyhnutné zdôrazniť, že akýkoľvek **čistý prístrojový monitoring** nemôže nahradiť klinické sledovanie pacienta a súvŕšajúcu analýzu jednotlivých monitorovaných veličín erudovaným lekárom.

Vo väčšine prípadov len pomôcka, ale mnohokrát esenciálna, ktorá môže vo významnej miere zlepšiť kvalitu starostlivosti a bezpečnejšie previesť pacienta cez kritické obdobie jeho ochorenia.





# Komplexný monitoring ventilovaného pacienta



**Ďakujem za pozornosť**

© 2015



Východoslovenský ústav srdcových  
a cievnych chorôb, a.s.