

# Anestetické dýchacie systémy - okruhy



**Pavol Török**

**Klinika anestéziológie a intenzívnej medicíny VUSCH a.s. a UPIŠ LF Košice.**

**CEEA 2014 Košice**



## **Základné atribúty**

*Základnými podmienkami pre ich aplikáciu sú:*

**presná dodávka anestetického média, médií  
presná dodávka koncentrácie O<sub>2</sub>  
prevencia akumulácie CO<sub>2</sub>  
malý prietochý odpor a malý mŕtvy priestor**

*Iné funkčné vlastnosti , ktoré by mal okruh splňať sú:*

**jednoduchý odvod odpadových plynov  
adekvátne zvlhčovanie  
jednoduchá konštrukcia  
nízka hmotnosť  
nízka cena - ekonomičnosť prevádzky**

## **Klasifikácia dýchacích systémov a okruhov**

**Principiálne je klasifikácia založená na spôsobe odstraňovania CO<sub>2</sub> z okruhu.**  
*Existujú v podstate 4 základné spôsoby eliminácie CO<sub>2</sub>.*

**úplná absorbcia CO<sub>2</sub> pomocou pohlčovača**

**čiastočná absorbcia CO<sub>2</sub> so zvýšeným Q<sub>fgf</sub> ( fresh gas flow – prítok čerstvých plynov)**

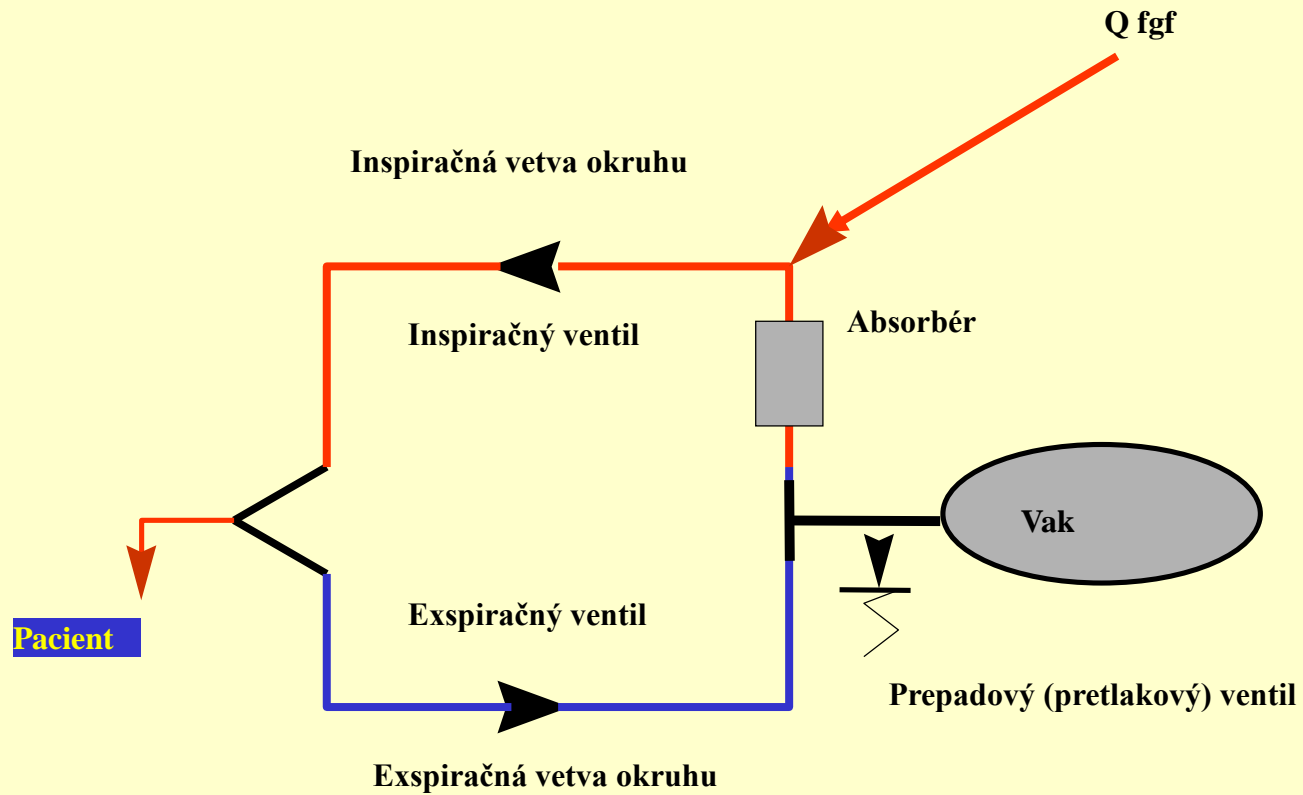
**použitie ventilov na oddelenie inspíria a expíria - systémy bez spätného vdychovania**

**rozriedenie CO<sub>2</sub> do atmosféry**

## Základné charakteristiky anest. systémov

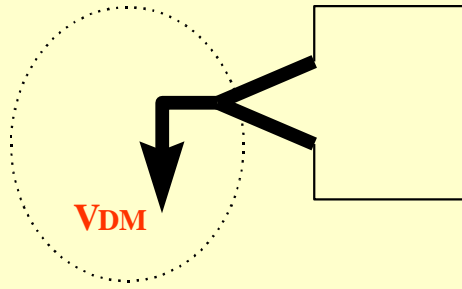
Systém	Vak	Spätne vdychovanie	Absorbér	Kontakt s atmosférou Inspírium Exspírium		Ventily	Q <sub>fgf</sub>
<b>Otvorený</b>							
Kvapkací (gravitačný)	nie	nie	nie	áno	áno	žiadne	neznáme
Insuflačný systém	nie	nie	nie	áno	áno	žiadne	neznáme
Ayreovo T	nie	nie	nie	áno	áno	žiadne	neznáme
<b>Polootvorený bez spätného vdyčovania</b>							
<i>Ventilový</i> ( Frumin, Leight, Fink, Stephen)	áno	nie	nie	nie	áno	áno	vysoký
Ayreovo T - <i>bezventilový</i>	nie	nie	nie	nie	áno	nie	vysoký
<b>Polozatvorený</b>							
Mapleson A,B,C,D,	áno	čiastoč.*	nie	nie	áno	jeden	stredný
Jackson Rees,	áno	čiastoč.*	nie	nie	áno	jeden	stredný
<i>Koaxiálny</i> -Bain	áno	čiastoč.*	nie	nie	áno	jeden	stredný
<i>Okruh-dvojcestný</i>	áno	čiastoč.*	áno	nie	áno	tri	stredný
<b>Zatvorený</b>							
Okruhový -dvojcestný	áno	áno	áno	nie	nie	tri	nízky
To-and-fro	áno	áno	áno	nie	nie	jeden	nízky

# Anestetický okruh - schéma (Sword 1928)

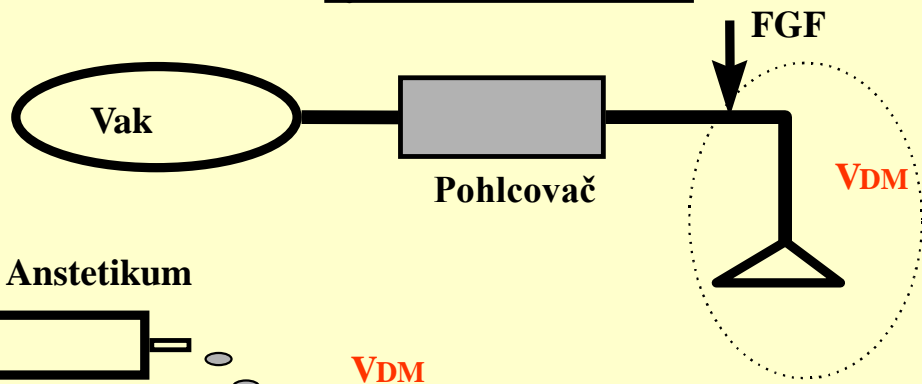


# Mŕtvý priestor

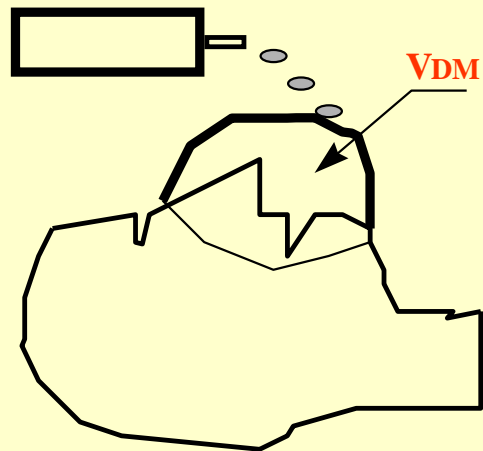
## Okruh



## Systém TO-AND-FRO



## Anestetikum

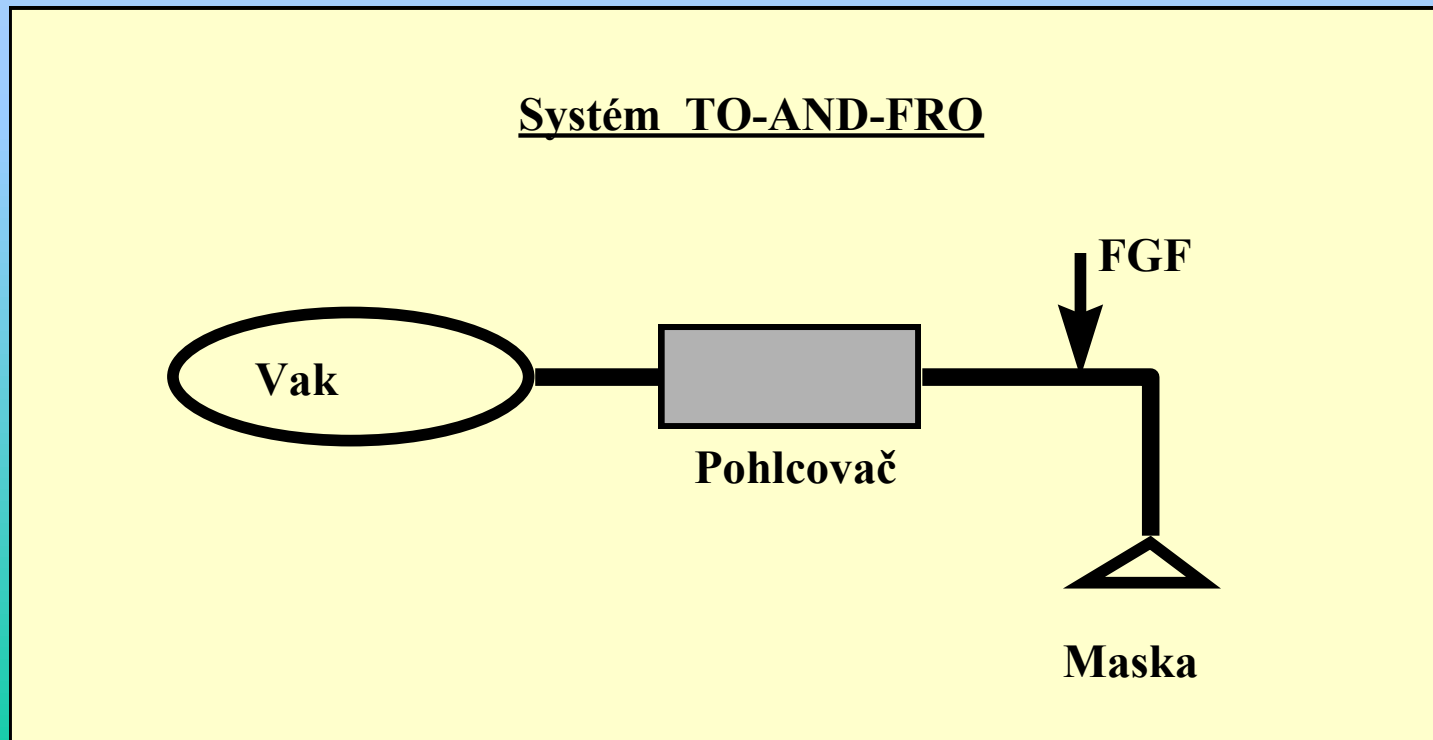


## Systém otvorený

## TO and FRO-systém

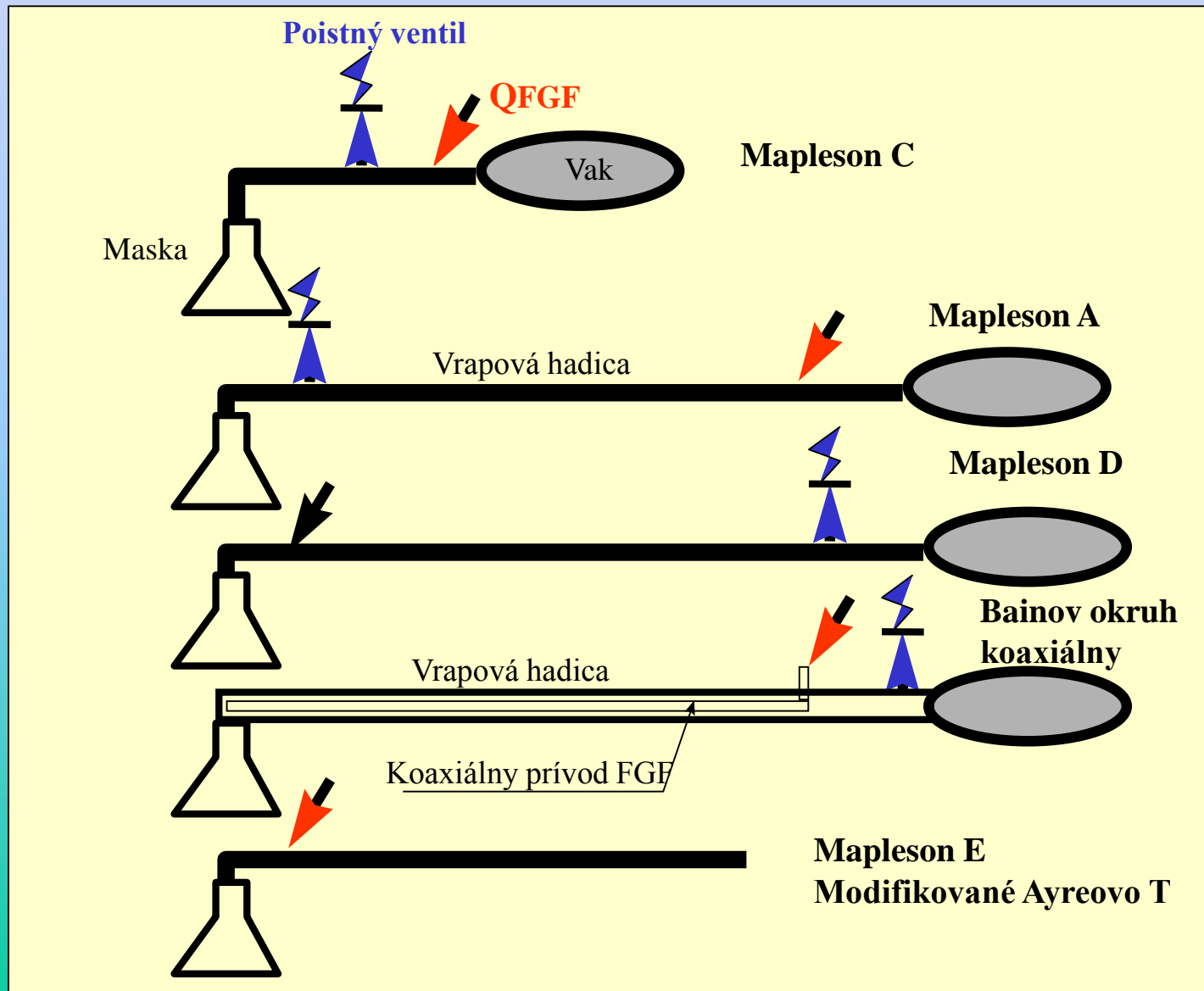
Tento zatvorený systém bol aplikovaný Watersom a Jacksonom v r. 1924. Je to prvý úplne uzatvorený systém, ktorý sa líši od okruhu tým, že pre inšpirium i expírium je len jeden kanál (jedna cesta).

V podstate ide o systém Mapleson C s interpozíciou pohlcovača CO<sub>2</sub>.





# Polozatvorené jednocestné systémy (Mapleson)



# Ayreho "T" systém

Vek	Hmotnosť (kg)	frekv. ventilácie (d/min)	Vt (ml)	Dĺžka hadičky (rezervoár) (cm)	Qfgf (l/min)
Novorodenec	3	50	20	3,5	1800
1 mesiac	6	45	30	5	2700
6 mesiacov	8	45	40	7,5	3200
1 rok	10	40	50	10	4000
2 roky	15	35	65	12	4500
3 roky	18	30	80	15	4800
4 roky	20	25	100	17	5500
5 rokov	22	25	125	21	6300

## Polozatvorený okruh pre LFA a zatvorený okruh

**Definícia.** Zatvorený systém s okruhom môžeme charakterizovať úplnou izoláciou od atmosféry, bez úniku anestetickéj zmesi plynov, s úplným spätným vdychovaním a pohlcovaním CO<sub>2</sub>. Prívod kyslíka musí byť totožný s rýchlosťou spotreby. Prívod anestetických plynov musí byť taký, aká je aktuálna spotreba. Väčšie objemy anestetík sa zvyčajne privádzajú na začiatku anestézie, potom sú potrebné objemy podstatne nižšie.

**Požiadavky.** Perfektná absorbcia CO<sub>2</sub>, minimálny mŕtvy priestor, dokonale tesný systém vrátane tesnenej ET kanyly, minimálny prietochný odpor, ktorý sa dá zabezpečiť dostatočne hrubými hadicami a konektormi ( u dospelých ISO M/F 22 mm), monitoring O<sub>2</sub>, N<sub>2</sub>O, CO<sub>2</sub> a anestetík (AA) v okruhu.

## **Polozatvorený okruh pre LFA a zatvorený okruh**

**Výhody.** Veľmi dobré zvlhčovanie , relatívne vyhovujúce ohrievanie dýchacej zmesi, minimálne úniky, zníženie nákladov.

**Zvlhčenie a ohriatie plynov.** Zatvorený systém má výhodu v relatívne dobrom zvlhčení a ohriatí plynov .

Exspirované vodné pary kondenzujú v okruhu, pričom teplo vznikajúce pri pohlcovaní CO<sub>2</sub> chemicky ohrieva dýchaciu zmes.

Pri použití okruhu je teplota inšpirovaných plynov zvyčajne okolo 28 -33 st.C a 100% R.V.

**Únik anestetických plynov.** V zatvorenom okruhu plyny unikajú dvomi spôsobmi.

Je to difúziou cez povrch tela pacienta a cez hadice .

Úniky netesnosťami okruhu ( dobrý systém dovoľuje maximálny únik podľa normy ISO 50 ml/min pri pretlaku 3 kPa.). Úniky cez poistný ventil.

## **"Technická" úroveň zmien koncentrácií plynov v anestetickom okruhu. ( HFA a LFA )**

**Predpokladajme, že vnútorný objem anestéziologického prístroja a ventilátora by bol ( $V_m$ ) = 6 litrov , nami zvolený prítok čerstvých plynov  $Q_{fgf} = 6$  l/min, pri zvolenej koncentrácii  $O_2$ ,  $N_2O$ , AA = x%. Ak by sme systém naplnili plynmi o zvolenej koncentrácii čiste nafúknutím, koncentrácie plynov oproti východzej by sa stabilizovali cca za 1 minútu. (lineárna závislosť)**

**Existuje exponenciálna časová závislosť (časová konštanta  $\tau_m$ ) , ktorá závisí od vnútorného objemu anestéziologického prístroja ( $V_m$ ) , príkonu čerstvých plynov  $Q_{fgf}$  a ventilačných parametrov, (ktoré z didaktického pohľadu považujeme za konštantné). Táto časová konštanta nám udáva teoretickú dĺžku ( čas) časovej stabilizácie anestéziologického prístroja, kedy bude dosiahnutá stabilizácia koncentrácií  $O_2$ ,  $N_2O$ , AA na vopred zvolené hodnoty v samotnom anestéziologickom prístroji.**

$$\tau_m = V_m / Q_{fgf} * 60$$

## "Technická" úroveň zmien koncentrácií plynov v anestetickom okruhu (HFA a LFA)

**Napr:** pre  $Q_{fgf} = 6 \text{ l/min}$  bude  $\tau_m = 50 \text{ sek}$ .

Pretože sa jedná o exponenciálny dej, dosiahneme počas trvania prvej časovej konštanty  $\tau_m$  hodnotu koncentrácie oproti zvolenej na úrovni 63%, pri  $\tau_m = 85\%$ , a pri  $\tau_m = 95\%$ .

Ak sme mali koncentráciu isofluranu (ISO) na začiatku = 0 a cieľová (navolená na odparovači) je 1%, potom v priebehu 50 sek bude koncentrácia v dýchacom okruhu cca 0,63%, v priebehu 100 sek cca 0,85% a po 150 sek = 0,95%. **Teda k stabilizácii koncentrácie anestetika (aj  $N_2O$  a  $O_2$ ) dôjde po uplynutí  $3 \times \tau_m$ .**

**Aktuálna koncentrácia ( $C_{akt}$ )** zvoleného plynu ( $N_2O$ , AA a sekundárne aj  $O_2$ ) závisí od zvolenej koncentrácie, t.j. nastavenej na rotametroch a odparovači ( $C_{set}$ ), času ( $T_{set}$ ), ktorý uplynul od momentu zvolenia koncentrácie a časovej konštanty  $\tau_m$  (pre daný  $Q_{fgf}$ ).

$$C_{akt} = C_{set} * \left( 1 - e^{-\frac{T_{set}}{\tau_m}} \right)$$

## Časová konštanta $\tau_m$ - načo?

- **v úvode do anestézie** je vyplavovaný z organizmu dusík ( $N_2$ ) a to do ventilačného systému anestéziologického prístroja (denitrogenácia). V prípade, že poznáme časovú konštantu stabilizácie koncentrácií, vieme odhadnúť minimálnu dĺžku nevyhnutného času na „**technickú denitrogenáciu**“ ventilačného systému anestéziologického prístroja.

Ak použijeme  $Q_{fgf} = 8 \text{ l/min } O_2$  na denitrogenáciu pacienta pred úvodom do anestézie bude  $\tau_m = 38 \text{ sek.}$ , teda  $3 \times \tau_m = \text{cca } 120 \text{ sek.}$  Znamená to, že dusík, ktorý sa z organizmu vyplavuje, sa z okruhu anestéziologického prístroja eliminuje na 95% v čase 2 minút. Ak počítame eliminačný čas cca 80% dusíka z vodnej a plynnej fázy v čase 2 min dá sa teoreticky predpokladať, že k dostatočnej denitrogenácii nielen pacienta, ale aj prístroja dôjde v priemere do 3-5 minút.

- **po úvode do anestézie (pri úvode)** zvyčajne nastavujeme koncentráciu inhalačných anestetík na zvolenú hodnotu a to navolením prietoku  $N_2O$ ,  $O_2$ , ako aj navolením koncentrácie AA na odparovači.

Ak poznáme  $\tau_m$ , vieme predpokladať, že k vyrovnaní koncentrácií anestetík a  $O_2$  na zvolené hodnoty by malo dôjsť v čase  $T_{set}$ , ak zanedbáme „odber“ anestetík pacientom. Samozrejme, že spotreba anestetík pacientom, ktorá je hlavne v úvode vysoká, predĺži vyrovnanie koncentrácie anestetík v okruhu.

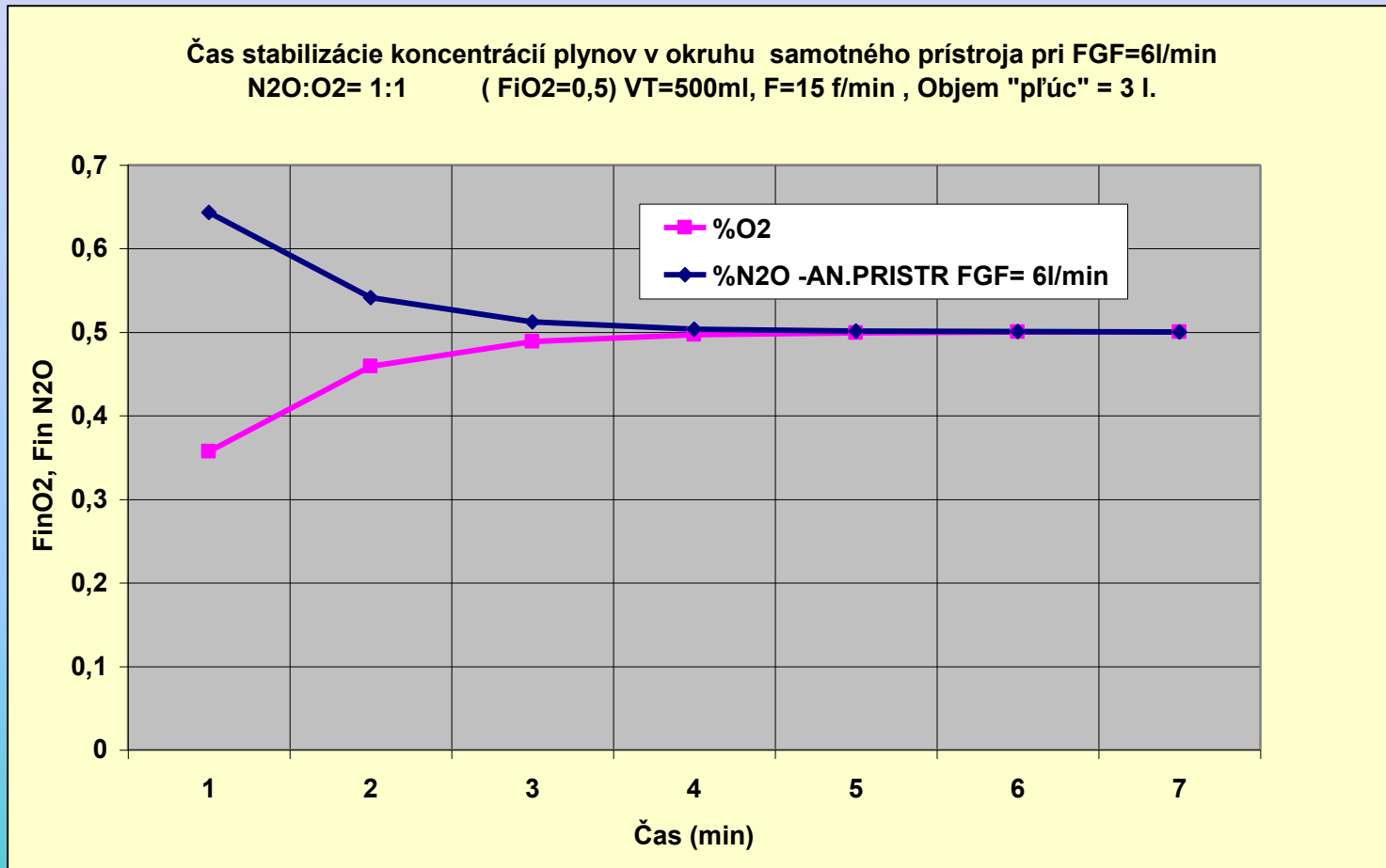
- **v priebehu anestézie, hlavne pri znížení  $Q_{fgf}$**  na hodnoty okolo 1 l/min, pri ktorom je  $\tau_m = \text{cca } 300 \text{ sek.}$ , si musíme uvedomiť, že k stabilizácii koncentrácie plyných médií v okruhu (pri zmene navolenej napr. na odparovači) dôjde až za niekoľko minút. A to sme stále nezohľadnili spotrebu anestetika pacientom v danej chvíli, čo predĺži čas stabilizácie.

## Časová konštanta $\tau_m$ - načo? (2)

- pri aplikácii veľmi nízkych  $Q_{fgf}$  ( $O_2$  okolo 200 ml/min) na hranici spotreby  $O_2$  organizmom dochádza v závislosti od  $\tau_m$  k veľmi pomalým zmenám koncentrácií anestetík v okruhu.
- Tak nízke prietoky  $Q_{fgf}$  sú použiteľné len pri dobrej saturácii pacienta anestetikami od 10-25 minúty anestézie, alebo pred koncom LFA, kedy len stabilizujeme už existujúce koncentrácie a mierny postupný pokles koncentrácií  $N_2O$  a AA nevadí alebo je žiaduci.
- pri vzniku „katastrofickej situácie“, ktorá nás núti zvyčajne k rýchlemu zvýšeniu koncentrácie  $O_2$  v okruhu je výhodné vedieť, s akou časovou konštantou  $\tau_m$  prístroj pracuje, pretože vhodným zvolením  $Q_{fgf}$  môžeme rýchlo zvýšiť koncentráciu  $O_2$  v okruhu.
- pri plánovanom ukončovaní anestézie je možné pomocou zmeny  $Q_{fgf}$  (zvyčajne čistého  $O_2$ ) postupne, alebo veľmi rýchlo v závislosti na  $\tau_m$  znižovať koncentráciu anestetík v okruhu. Ak aplikujeme  $Q_{fgf} O_2 = 8$  l/min, dôjde k vyplaveniu anestetík z plynnej a vodnej fázy do 2-3 minút, čo pri aplikácii Sevofluranu, Desfluranu, a Xenónu vedie k veľmi rýchlemu zobudeniu pacienta.



## Časová konštanta Tau m - načo ? (3)



Dá sa povedať, že znalosť časovej konštanty  $\tau_m$  toho ktorého anestéziologického prístroja je nevyhnutným atribútom pre aplikáciu anestézie nízkym prietokom . Odvodenie vplyvu  $Q_{fgf}$  na koncentračné zmeny koncentrácie anestetických plynov a O<sub>2</sub> v okruhu je vlastne praktickým využitím teoretických výpočtov vo vzťahu k bezpečnosti LFA a MFA.

# Okruh

**Všeobecné požiadavky na technické riešenie častí okruhu sú nasledovné:**

**Maximálna tesnosť v spojoch ( únik maximálne 30 ml/min pri tlaku 3 kPa, resp. 8-10 ml/min pri tlaku 1,5 kPa)**

**Vysoká odolnosť všetkých meracích komponentov voči vlhkosti prípadne preplachovanie snímačov malým objemom O<sub>2</sub>**

**Spol'ahlivá činnosť vo vysokej relatívnej vlhkosti a „vykurovanie“ telesa okruhu, vrátane ventilov.**

**Ľahká údržba**

**Jednoduchá možnosť dezinfekcie, respektíve sterilizácie**

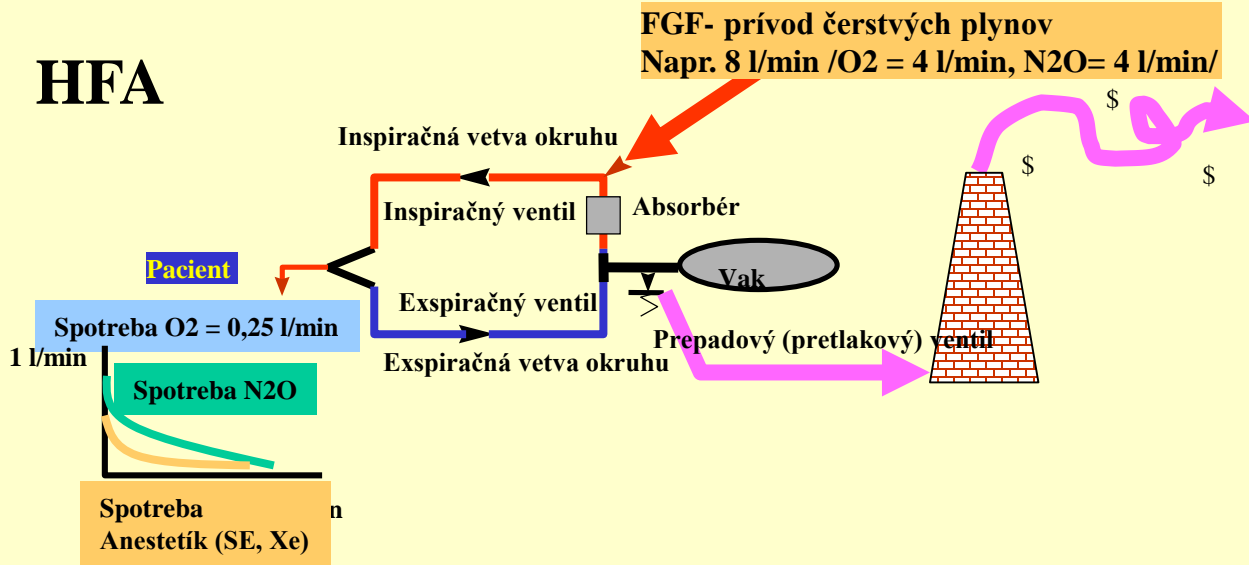
**Dobrá a pohodlná ovládateľnosť**

**Jednoduchá výmena kontajnera s nátronovým vápnom.**

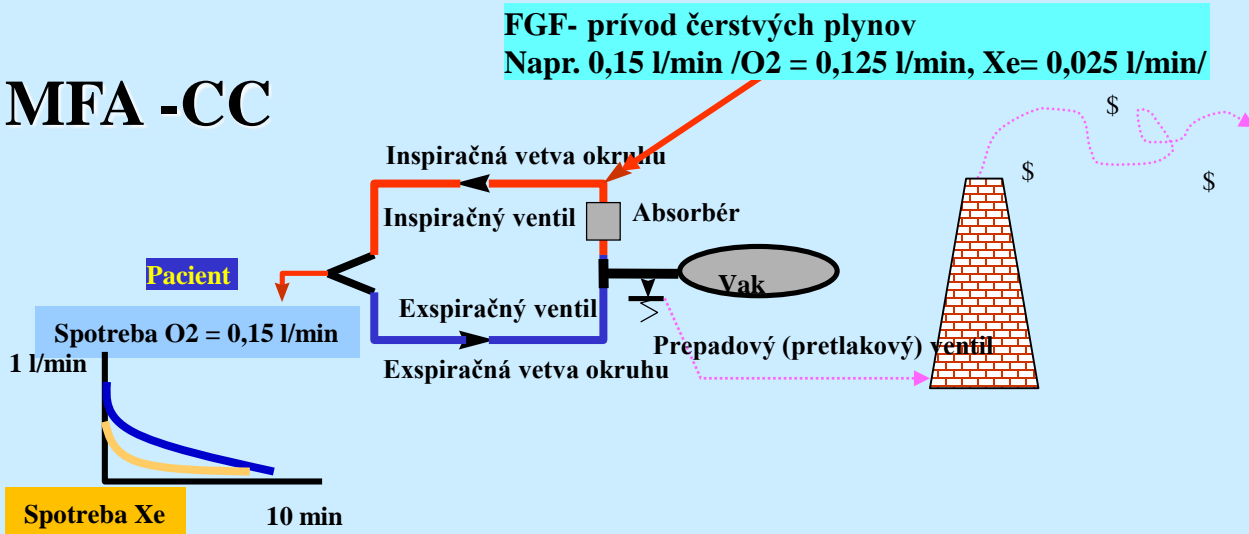
**Automatické zatváranie / otváranie okruhu, doplnenie O<sub>2</sub> do okruhu**

# Closed Circuit – zatvorený okruh

## HFA



## MFA -CC



# XENÓN

## Vlastnosti Xenónu

**Xenón (Xenos) je grécky výraz (neznámy, cudzí). Bol objavený v roku 1898 ako vzácny plyn, ktorý má anestetické účinky v normobarických podmienkach.**

**Xenón je veľmi vzácny a v objeme cca jednej miestnosti je ho len 4 ml.**

**Vyrába sa frakčnou destiláciou zo vzduchu a jeho cena je cca 2000 x vyššia ako N<sub>2</sub>O .**

**Komerčné využitie nachádza v osvetľovacích telesách, bleskoch, avionike, RTG lampách a medicíne.**

## Fyzikálne vlastnosti

**Bez chute vône a farby**

**Monoatomický plyn at. číslo = 54, mol. hmotnosť 131,3**

**9 stabilných izotopov**

**Bod skvapalnenie – 111,9 °C, Bod varu - 108,1 °C**

**4 x hustejší ako vzduch**

**Nehorľavý a horenie nepodporujúci**

**Difuzibilný cez gumu a silikón**

# Anestetické vlastnosti

Prvý krát použitý Cullenom (1951) u 81 ročného pacienta pri orchidektómii

Blízky tzv. „ideálnemu anestetiku“

Xenon inhibuje  $Ca^{++}$  pumpu membrán a znižuje prenos vzruchov. Inhibuje nociceptívnu citlivosť neurónov aj v mieche

MAC = 71%, podľa Ruských autorov okolo 60%

Má minimálne hemodynamické účinky

Má nízky koeficient rozpustnosti krv/plyn = 0,115, ktorý je najnižší zo všetkých v súčasnosti používaných anestetík

Rýchly nástup a ukončenie účinku, bez ohľadu na trvanie anestézie

Počas anestézie Xe sú zrejmé 4 štádiá anestézie (Xe -70%, O<sub>2</sub>-30%)

Celkový pocit parestézií a hypoalgézia

Eufória, zvýšená psychomotorická aktivita

Analgézia a amnézia ( po 3-4 min)

Chirurgická anestézia s dobrou svalovou relaxáciou

Analgézia je porovnateľná s N<sub>2</sub>O a nie je reverzibilná po aplikácii naloxonu

Nemá nežiaduce účinky na životné a pracovné prostredie

# Účinky na ľudský organizmus

## Respiračné.

Centrálne depresia dýchania so znížením frekvencie a kompenzačným zvýšením VT, ktorá môže progredovať až do apnoe

Vyššia hustota plynu by predpokladala že teoreticky stúpne  $R_{aw}$ , ale v klinike je zmena  $R_{aw}$  porovnateľná s  $N_2O$  a je možné Xe aplikovať aj u pacientov s pľúcnymi ochoreniami.

Hypoxia z difúzie je zvyčajne mierna, pretože rozpustnosť  $N_2$  v krvi je cca 10x vyššia a u  $N_2O$  cca 40x vyššia, než Xe.

## Kardiovaskulárne:

Nemá inhibičný efekt na kardiálne iónové kanály ( $Ca^{++}$ ,  $K^+$ )

Nemá vplyv na kontraktilitu, TK a SVR (TPR)

Niektoré práce opisujú pokles frekvencie kontrakcií

Nesenzibilizuje myokard na adrenalín

V animálnych experimentoch zvyšuje prietok krvi mozgom, pečeňou, obličkami a GIT v porovnaní s anestéziou Halotan,  $N_2O$ ,  $O_2$  a Thiopental + Fentanyl

## CNS

Xe zvyšuje prietok krvi mozgom, zvyšuje ICP a znižuje perfúziu mozgu u pacientov s akútnou traumou mozgu. Nie je však žiadny dôkaz o spôsobení ischemie mozgu

Zvýšenie ICP je však odstrániteľné miernou hyperventiláciou

Pre vyššie uvedené sa pre neurochirurgických pacientov neodporúča

# Účinky na ľudský organizmus II

## *Obličky*

Nemá žiaden dokázateľný vplyv ( nie sú údaje)

## *Endokrinný systém / neurohumorálna regulácia.*

Nemá dlhodobý kortikosupresívny účinok  
Tlmí chirurgický stres počas výkonu

## *Toxicita*

Zvyšuje agregáciu trombocytov pri pretlaku 2 Atm. ( potápači)  
Nemá dokázateľné účinky na krvné bunky ( Ery. Le, Ly)

## *Malígna hypertermia*

Nebola dokázaná aby Xe priamo či nepriamo participoval na MH

## *Metabolizmus a eliminácia*

Nevstupuje do nijakých biochemických pochodov v organizme  
Eliminuje sa pľúcami

## **XENÓNOVÁ anestézia a jej problémy**

**Súčasná cena je cca 20 Euro/liter ( 22 USD)**

**Pri bežnej anestézii ak by sme aplikovali Xe namiesto N<sub>2</sub>O  
by bola cena anestézie 100 min pri :**

**Q<sub>fgf</sub> = 3 l/min a FiO<sub>2</sub>=0,33**

**cca 2l/min Xe x 100 min = 200 litrov = 4000 Euro**

**Možné cesty k aplikácii Xenónovej anestézie , ktorá by bola ekonomicky  
akceptovateľná.**

### ***Zníženie výrobných nákladov***

**Možné pri veľkých separačných jednotkách**

**Recyklácia Xe**

**Použitie hermetického anestetického okruhu s plne zatvoreným dýchacím  
systémom**

**Veľmi tesný okruh**

**Možné použiť servosystém dopĺňania Xe do okruhu**

**Analýza plynov v okruhu**



## Miešanie plynov - všeobecne.

### Problematika ORC

Problematika bola riešená a rôzni výrobcovia a špecialisti odporúčajú rôzne minimálne koncentrácie O<sub>2</sub>, od 25% O<sub>2</sub> do 35% O<sub>2</sub> . Default 28% O<sub>2</sub>.

### Problematika rizika hypoxie z difúzie pri prepnutí plynov počas prevádzky.

Počas prevádzky anestetického prístroja môže dôjsť k potrebe zmeniť nosnú zmes plynov napríklad zo Vzduchu na N<sub>2</sub>O či Xenón, alebo opačne z N<sub>2</sub>O na vzduch.

Táto zmena jednak z hľadiska technického miešania plynov, jednak z hľadiska difúzie plynov na alveolokapilárnej membráne je potenciálne nebezpečná a aj pri prietoku plynov  $Q_{fgf}=5-6$  l/min, nehovoriac o prietoku pri LFA, môže vyvolať závažnú hypoxiu z difúzie v alveolárnom kompartmente. Čím je prietok  $Q_{fgf}$  vyšší a vyššia je difuzibilita plynu na membráne (AKM), tým kratšia doba potenciálnej hypoxie.

# Miešanie a ORC

ORC pri prietokoch O<sub>2</sub> a Xe – Q<sub>fgf</sub> pod 500 ml/min (schematicky)

Koncentrácia  
O<sub>2</sub> a Xe %

100

Kyslík (O<sub>2</sub>)

70

Xenón

60

50

40

30

20

50

100

150

200

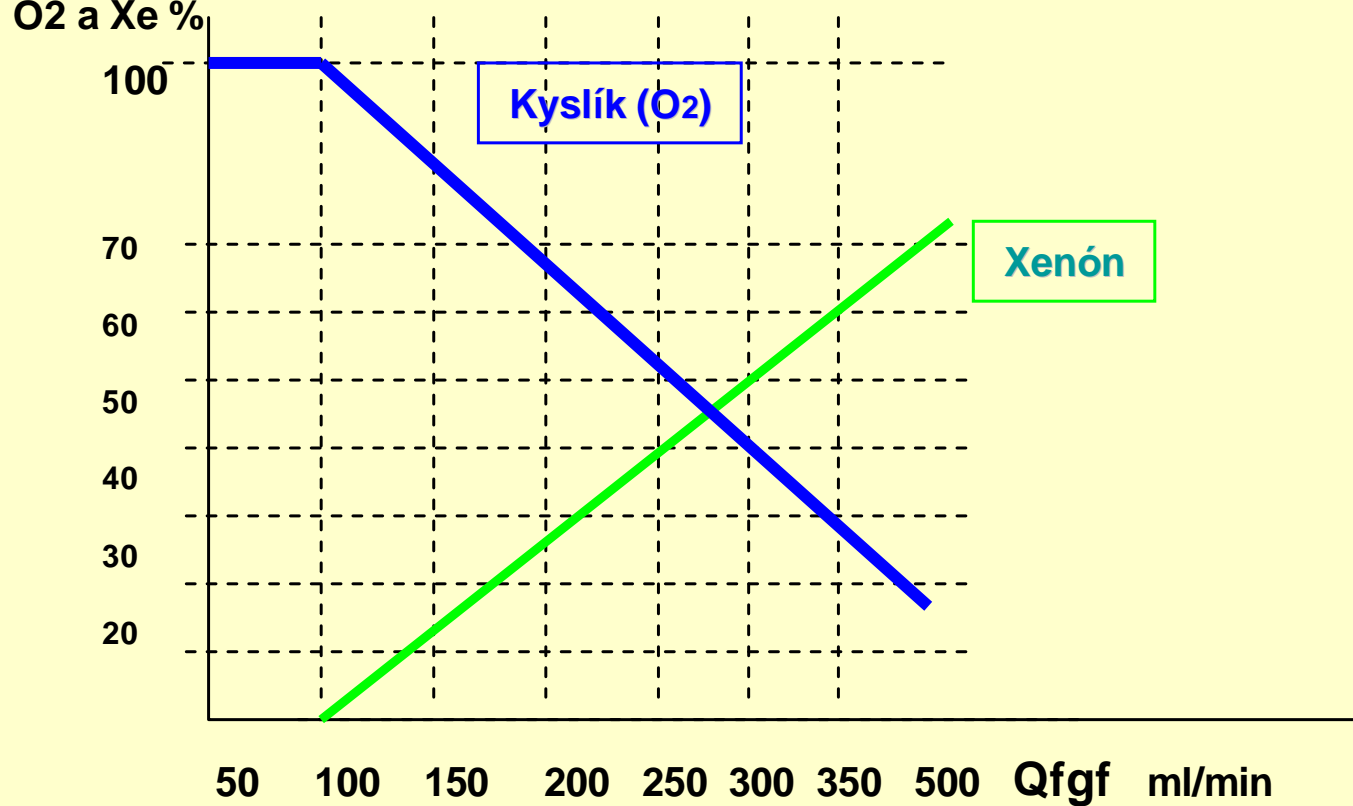
250

300

350

500

Q<sub>fgf</sub> ml/min



# XENÓNOVÁ anestézia a jej problémy VII

## Vnútorňý objem anestetického prístroja

### Vnútorňý objem prístroja – jeho zmenšenie.

Pre potreby Xe anestézie je pomerne dôležité aby miešanie plynov prebiehalo v čo najmenšom priestore, teda aby miešacie objemy boli minimalizované. Za predpokladu, že vnútorňý objem prístroja vrátane hadíc je ( podľa veľkosti hadíc) cca 5,5-6 litrov, len pre naplnenie tohto priestoru je pri koncentrácii Xe = 68% sú potrebné cca 4 litre Xe. Predpokladajme objem pľúc  $FRC+RV =$  cca 3 litre, je to v podstate zase cca 2 litre Xe Teda na naplnenie systému pri lineárnom výpočte vy sme spotrebovali približne 6 litrov Xe ( a ešte sme nič neurobili).

Ak predpokladáme, že koeficient rozpustnosti plyn/krv je u Xe 0,115, môžeme predpokladať, že v organizme sa napriek nízkej rozpustnosti po čase zmesť u 70 kg človeka cca 2,5 - 3 litrov Xe. Tento objem je ale už efektívny pre anestéziu. Teda do doby chirurgického štádia anestézie sa spotrebuje spolu cca 6,5 – 9,5 l Xe. Pri ďalšom vedení anestézie v systéme MFA so zatvoreným okruhom sa však Xe nemetabolizuje a jeho prívod môže byť minimalizovaný = úniky.

Objem zásobného vaku anest. prístroja je rezervoárom plynov pre arteficiálne inspírium z ktorého sa zmes odsáva počas inspíria. Predpokladajme, že užívateľ Xenonu ovláda aj prvky netraumatizujúcej ventilácie a teda  $V_t$  nebude aplikovať vyššie ako 1000 ml ( bežne sa aplikuje 350-600 ml.) Tento objem zásobného vaku je zbytočne veľký a pre Xe- anestéziu je možné ho zmenšiť o 2 litre. Zásobný vak bude mať objem 1000 ml, čo plne postačí. Znížime tým nároky na úvodnú časť Xe pri anestézii z 8,5 l na 6,5 litra.

# **XENÓNOVÁ anestézia a jej problémy VIII.**

## **Renitrogenácia zmesi plynov v okruhu**

Počas úvodu do anestézie /nielen Xe/ sa väčšinou aplikuje čistý O<sub>2</sub> počas niekoľkých minút (2-5min) za účelom vyplavenia N<sub>2</sub> jednak z okruhu ventilátora, ako aj z tela pacienta = **preoxygenácia**.

**N<sub>2</sub>** v závislosti na tlakovom spáde rýchlo difunduje z organizmu a tzv. základná denitrogenácia prebehne cca za 3-5 min. Počas prvotnej denitrogenácie sa vyplaví z organizmu dusík v objeme cca 80 – 85% dusíka rozpusteného v telových tekutinách.

**Ostatných cca 15-20% objemu N<sub>2</sub>** sa z tzv. málo dostupných distribučných priestorov vyplavuje postupne počas niekoľkých nasledovných hodín. V prípade, že aplikujeme MFA-CC, dusík redistribuovaný podľa tlakových spádov sa dostáva postupne do okruhu, kde zvyšuje svoj parciálny tlak a tým „riedi“ ostatné plyny (klasické dusíkové okno).

**Dochádza k renitrogenácii zmesi plynov, čo samozrejme negatívne ovplyvňuje zloženie a koncentrácie plynov v okruhu hlavne pri anestézii Xe a N<sub>2</sub>O počas MFA s CC.**

# XENÓNOVÁ anestézia a jej problémy IX.

## Monitorovanie ventilácie

Monitorovanie tlakov a **objemov** je väčšinou realizované principiálne na meraní tlakovej diferencie  $dP$  vznikajúcej pri prietoku plynu na ústí dvoch o  $180^\circ$  otočených Pitotových trubíc alebo Flauschových tribíc, či Lillyho clony .

**Tlaková diferencia** je závislá na prietoku a hustote plynu. Keďže Xe je 4x hustejší ako vzduch, bude meranie pri koncentrácii Xe cca 60% v zmesi plynov skresľovať  $dP$  2,5-3x. Zmeraný objem bude násobný.

Je nevyhnutné zmerať a nakalibrovať celý snímací prvok tak ako to bolo urobené pre zmes  $O_2 + N_2O$  a uplatniť korekcie pre vyhodnocovanie  $dP$  pri koncentráciách Xe okolo 60%.

**Záver:** Z vyššie uvedeného vyplýva, že je potrebné pre Xe anestéziu urobiť korekčnú tabuľku ako aj voľbu pre nastavenie meranej zmesi plynov (Air,  $N_2O$ , Xe).

**Priame meranie koncentrácie Xe v okruhu je možné, a prakticky ľahko dostupné.**

## Časové následnosti pri vedení MFA Xenónom

Časovanie		
4-5 min	Preoxygenácia Denitrogenácia	O <sub>2</sub> =6-8 l/min Xe=0
1-3 min	Úvod do anestézie O <sub>2</sub> 100%	
2-4 min	Stabilizácia, Denitrogenácia O <sub>2</sub> 100%	O <sub>2</sub> =6 l/min Xe=0 l/min
cca 2 minúty HFA fáza	Nastavenie prietokov Q <sub>fgf</sub> pre HFA	O <sub>2</sub> =0,4- 0,7 l/min Xe=2 – 2,5 l/min MAC Xe = 50-60
1-1,5 minúty Kontrola LFA	Nastavenie prietokov Q <sub>fgf</sub> pre LFA rozhodovanie pre prechod na MFA	O <sub>2</sub> =0,25 l/min Xe = 0,75 l/min MAC Xe = 55-70
Čas= Anestézia MFA fáza	Nastavenie prietokov Q <sub>fgf</sub> Pre MFA	O <sub>2</sub> =0,15-0,2 l/min Xe = 0,02-0,03 l/min MAC Xe = 50 - 70
MFA pokračuje Stabilný pacient	Možné nastavenie Q <sub>fgf</sub> počas MFA fázy	O <sub>2</sub> =0,1-0,2 l/min Xe = 0 – 0,02 l/min MAC Xe = 50 - 70
10 min pred ukončením anestézie	Prechod na MFA s čistým O <sub>2</sub> Alebo nižovanie koncentrácie AA postupne	O <sub>2</sub> =0,10-0,20 l/min Xe=0
Koniec anestézie	Koniec anestézie	O <sub>2</sub> =6-8 l/min Xe=0

**Ako to robíme – Xenónová anestézia  
po úvode – pacientka stabilná**

**VENAR Xenón (Chirana)**



**Ako to robíme – Xenónová anestézia**  
**Skončili sme – budíme pacientku**

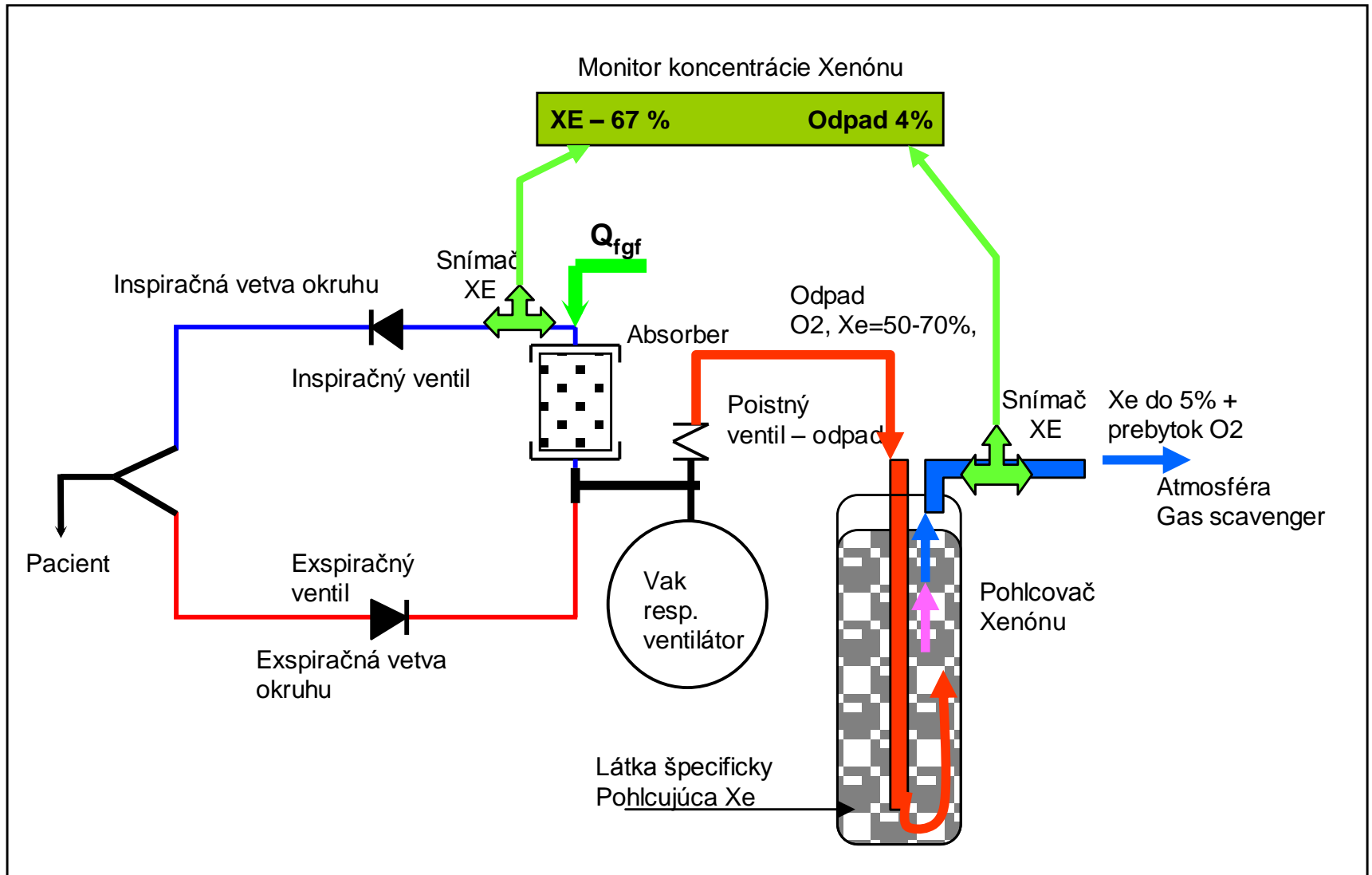




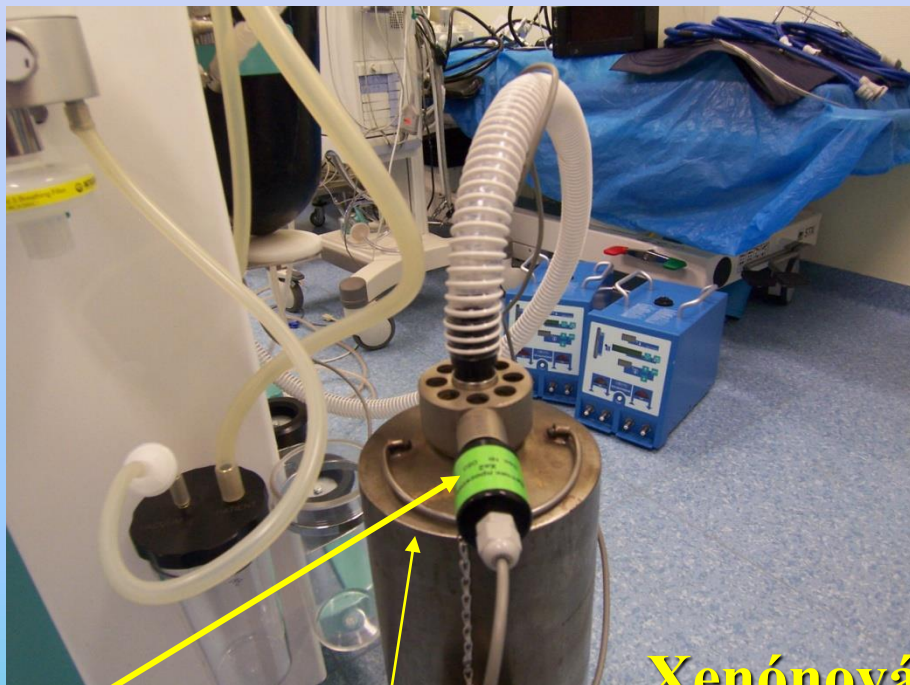
**Ako to robíme – Xenónová anestézia  
Po 6 a pol hodinovom výkone**



# Gas scavenging



# Xenónová anestézia - zdroje a pohlcovanie odpadu



Xenónová tlaková nádobka

Pohlcovač Xenónu

Xenónový senzor vyčerpania  
kapacity pohlcovača Xe



Gas scavenger

## Záver ku xenónu

Na základe prečítanej literatúry, a prvých klinických skúseností s Xe anestéziou pri poslednej ceste do Moskvy a vďaka kolegom z Inštitútu transplantológie a umelých orgánov, konštatujem, že **anestézia Xenónom je z hľadiska budúcnosti veľmi perspektívna.**

**Hlavné miesto aplikácie Xe vidím v kardiovaskulárnej anestézii ale aj u vysoko rizikových pacientov pri iných výkonoch a transplantológii.**

**O jej dôležitosti svedčí, že anestéziologické prístroje vyvíjajú fi: Datex (GE), Blease, Penlon, Thaema, Stephan (O iných zatiaľ nevieme).**

**My sme aplikovali xenónovú anestéziu na narkotizačnom prístroji VENAR-Xenon ( Chirana)**

**Považujem za potrebné venovať sa aspoň v teoretickej rovine tejto problematike, aby nám „svet“ zase neušiel v podstatne rýchlejšom vlaku.**

## Ako zabrániť jatrogénnemu poškodeniu?

Je nevyhnutné, aby anestéziológ **poznal do detailu prístroje s ktorými pracuje**, aby bol absolútne zbehlý v ich ovládaní a aby dokonale poznal princíp funkcie každého z nich.

Je nevyhnutné, aby anestéziológ pred použitím **overil pripravenosť a funkčnosť prístroja**, teda či pracuje správne.

Je dôležité, aby akokoľvek **poškodený alebo pokazený narkotizačný prístroj** či monitor, bol **okamžite opravený** a až potom znovu nasadený v klinike.

Anestéziológ **musí ovládať a používať monitory**, ktoré sú schopné detekovať závažné poruchy narkotizačného prístroja. Oxymetre, monitory rozpojenia okruhu, ventilačné monitory, monitory plynov, kapnometre a pod.

Zariadenia , ktoré sú t.č. vyrábané, by mali byť čo najjednoduchšie ovládateľné a schopné okamžitej prevádzky bez zložitej manipulácie. Podrobný opis by mal slúžiť pre detailnejšie oboznámenie sa s nimi.

Všetky možné chyby a poruchy prístrojov sa nemôžu predpokladať a monitorovať. Z tohoto dôvodu **musí byť anestéziológ neustále koncentrovaný na svoju prácu a v prípade výskytu komplikácií byť pripravený ich riešiť**.

## Záver

**Anestéziologické dýchacie systémy predstavujú len jeden z mnohých konštrukčných uzlov anestetického prístroja, v ktorom dochádza k mnohým rozhodujúcim dejom vplývajúcim na koncentráciu plynov vo vdychovanej zmesi plynov. Porozumenie základom ich funkcie a činnosti dáva do určitej miery záruku vysokej bezpečnosti aplikovanej anestézie.**

**Napriek technickým vymoženostiam automatizácii, alarmom a monitorovacím systémom, ktoré sú aplikované v anestéziológii, je a myslím si, že aj dlhú dobu bude riziko anestézie závisieť najmä od vzdelanosti, erudície a osobnosti anestéziológa.**

**Ďakujem  
za pozornosť**