

Waldemar Machała

Praktyczne aspekty znieczulenia wziewnego z użyciem małego i minimalnego dopływu świeżych gazów.



*Oddział Małopolski PTAiIT
Krynica Zdrój, 11 grudnia 2009 r.*



Uniwersytet Medyczny w Łodzi
Klinika Anestezjologii i Intensywnej Terapii
Uniwersytecki Szpital Kliniczny
im. Wojskowej Akademii Medycznej





Współczesne - zaawansowane technologicznie - aparaty do znieczulenia powinny być używane wyłącznie do anestezji małym, albo z minimalnym przepływem

Bergmann 1986 r.



Sens analizowania jakości **LFA i MFA** jest wyłącznie w czasie znieczulenia z zastosowaniem **wziwnych środków znieczulających**, ponieważ:

- ✚ Ich działanie uwarunkowane jest stężeniem pęcherzykowym.
- ✚ Czas osiągnięcia odpowiedniego stężenia w pęcherzykach płucnych zależy od FGF.
- ✚ Koszt anestezji (zużycia anestetyków wziwnych zależy od FGF).

Korzyści z LFA i MFA są wyraźne w czasie znieczulenia ogólnego z zastosowaniem anestetyków wziwnych.

Warunki bezpiecznego znieczulenia aparat do znieczulenia



- + Szczelny.
- + Mała pojemność układu oddechowego.
- + Mała liczba łączników.
- + Monitor oddechowy:
 - Monitor gazów oddechowych.
 - Monitor mechaniki oddechowej.



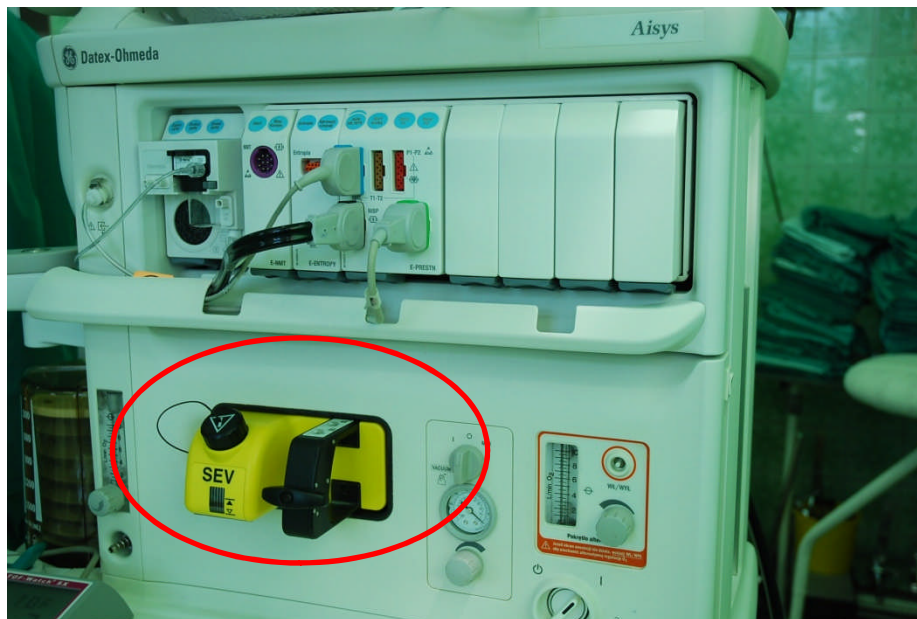
- + Przepływomierz proporcjonalny.
- + Alarm rozłączeniowy.
- + Czujnik wdychowego stężenia tlenu.
- + Dopływ 100% tlenu do układu oddechowego z pominięciem przepływomierza i parownika.



Warunki bezpiecznego znieczulenia aparat do znieczulenia



Nowoczesny aparat do znieczulenia został skonstruowany do prowadzenia znieczulenia z małym (LFA) i minimalnym dopływem świeżych gazów.



VIC – parownik w układzie

VOC – parownik poza układem

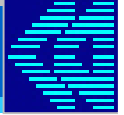




- ✚ FGF: 3 – 0,5 l/ min. (średnio 1,5 l/ min.)
- ✚ Oddech zwrotny, którego wielkość zależy od FGF.
- ✚ Konieczna eliminacja CO₂ przez pochłaniacz.
- ✚ 50% gazów wydechowych kierowane jest po eliminacji CO₂ po ramienia wdechowego.
- ✚ Przepływ tlenu znacznie przekraczający zapotrzebowanie człowieka tj. 2,90 – 3,5 ml/ kg/ min.



- ✚ FGF: < 0,5 l/ min.
- ✚ Oddech zwrotny.
- ✚ Konieczna eliminacja CO₂ przez pochłaniacz.
- ✚ Przepływ tlenu znacznie pokrywający zapotrzebowanie człowieka tj. 2,90 – 3,5 ml/ kg/ min.



- ✚ Zdrowy człowiek w czasie normalnego oddychania:
 - Zapotrzebowanie na tlen: dorośli: 3 ml/ kg/ min.
 noworodek: 6,5 ml/ kg/ min.
 - Objętość oddechowa: 4-5 ml/ kg, tj. 350 ml.
 - Częstość oddechów: 10-12x/ min.
 - Wentylacja minutowa: ok. 3,5-4,5 l.

- ✚ Natlenienie bierne: 6-8 l/ min.

- ✚ Po zaintubowaniu zwykle ok. 6l/ min.

- ✚ Jak to się ma do kryteriów układu półzamkniętego:
 - Dopływ świeżych gazów mniejszy niż wentylacja minutowa.
 - Konieczność użycia pochłaniacza CO₂ – dla jego eliminacji.

- ✚ Konieczne zmniejszenie dopływu świeżych gazów.



- ✚ Zabiegi operacyjne, w których konieczne jest zwiotczenie mięśni: szczególnie wówczas kiedy dotyczą:
 - Głowy.
 - Ośrodkowego układu nerwowego.
 - Szyi – szczególnie tarczycy.
 - Narządów klatki piersiowej.
 - Narządów jamy brzusznej.

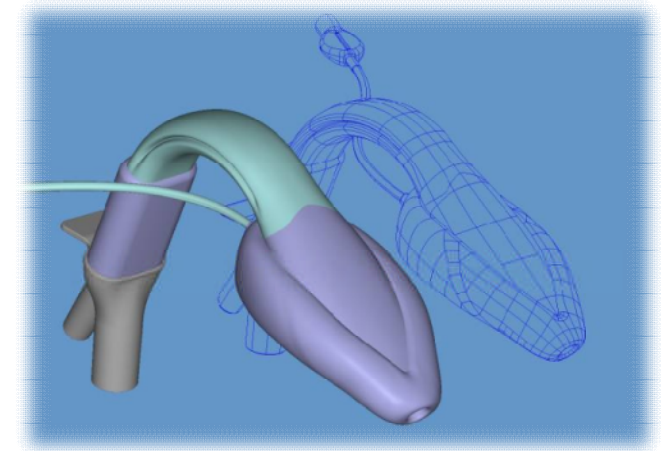
- ✚ Zabieg operacyjny:
 - Wykonywane w trybie ratunkowym (także we wstrząsie).
 - U pacjentów z pełnym żołądkiem.
 - Wykonywane w ułożeniu uniemożliwiającym szybki dostęp do dolnych dróg oddechowych.

Zabiegi z intubacją mogą być wykonywane w technice LFA i MFA



- + Okulistyka.
- + Procedury diagnostyczne (bronchoskopia, kolonoskopia, cystoskopia).
- + Krótkie (do 90-120 minut) zabiegi operacyjne powierzchownych części ciała.
- + Zabiegi operacyjne możliwe do wykonania w znieczuleniu przewodowym (brak zgody, przeciwwskazania - np. przepuklina pachwinowa, żylaki podudzi, żylaki odbytu, operacje ginekologiczne).
- + Operacje u pacjentów z trudnymi drogami oddechowymi (względne).
- + Dla wprowadzenia rurki intubacyjnej.

Zabiegi w masce krtaniowej bezpieczne są jedynie technice LFA



- ✚ Laparoscopia (chirurgia, ginekologia, urologia).
- ✚ Ortopedia (endoprotezoplastyka stawu biodrowego i kolanowego).
- ✚ Cięcie cesarskie przy trudnych drogach oddechowych.

Zabiegi w masce krtaniowej bezpieczne są jedynie technice LFA



Znieczulenie LFA i MFA możliwe jest zarówno po indukcji dożyłnej, jak i wziewnej

- ✚ Wprowadzenie – indukcja:
 - Natlenienie bierne.
 - Dożylna.
 - Wziewna.
- ✚ Intubacja.
- ✚ Podtrzymanie – kondukcja.
- ✚ Zakończenie - wybudzenie.



Azot

+ 3,5 litra w organizmie:

- 2 l. tkanki.

- 1,5 l FRC.

+ Natlenienie (denitrogenacja) - HFGF:

- Usunięcie azotu.

- Zwiększenie rezerwy tlenowej.

+ Czas eliminacji z płuc ok. 6 minut.

+ Czas eliminacji z tkanek ok. 35 – 45 minut.

(UWAGA: przy MFA zaleca się, aby przez pierwsze 45 minut MFA – zwiększać FGF do 6 l/ min. - co 10 minut na 1 minutę: dla wypłukiwania azotu z płuc).



✚ Dożylna.

- Młoda (niestara)... od 1926 r. (Lundy).
- Łatwa.
- Szybka.
- Przyjemna.
- Bezpieczna... pod kilkoma warunkami:
 - ◆ Podawana bardzo wolno tj. ok. 1000 – 1200 ml/ godz. (15 – 20 ml/ min.).
 - ◆ Wykonywana lekami niekardiodepresyjnymi.
 - ◆ Podawana u pacjentom bez objawów stłuczenia serca.
 - ◆ Małe ryzyko obecności tzw. *trudnych dróg oddechowych*.





- ✚ Natlenienie bierne (WYŁĄCZNIE TLEN) 3 do 5 minut.
- ✚ Fentanyl 1 – 3 $\mu\text{g}/\text{kg mc}$.
- Albo remifentanyl 0,05 – 0,15 $\mu\text{g}/\text{kg}/\text{min}$.
- ✚ Paracetamol/ ketonal/ metamizol 1,0/ 0,1/ 2,5.
- ✚ Anestetyk dożylny (tiopental/ etomidat/ propofol).
- ✚ Środek zwiotczający mięśnie.
- ✚ Intubacja.
- ✚ Weryfikacja położenia rurki intubacyjnej.



Znieczulenie indukowane dożylnie

- ✚ Podanie jednorazowej dawki anestetyku dożylnego powoduje, że chory w czasie fazy nasycającej może się obudzić.
- ✚ Okno czasowe od momentu podania anestetyku dożylnego do ustalenia składu mieszaniny oddechowej (5 – 7 min.).
- ✚ Sen – czy chory nie śpi...?



Sposób I:

- Indukcja dożylna.
- W czasie natlenienia czynnego dołączenie wziewnego leku znieczulającego.

Sposób II:

- Indukcja dożylna.
- Podawanie co 2-2,5 min. kolejnej (pojedynczej) dawki dożylnego leku znieczulającego.

Sposób III:

- TIVA/ TCI:
 - ◆ Rozpoczęcie wlewu propofolu.
 - ◆ Podanie dawki bolusowej.
 - ◆ Kontynuowanie wlewu propofolu.

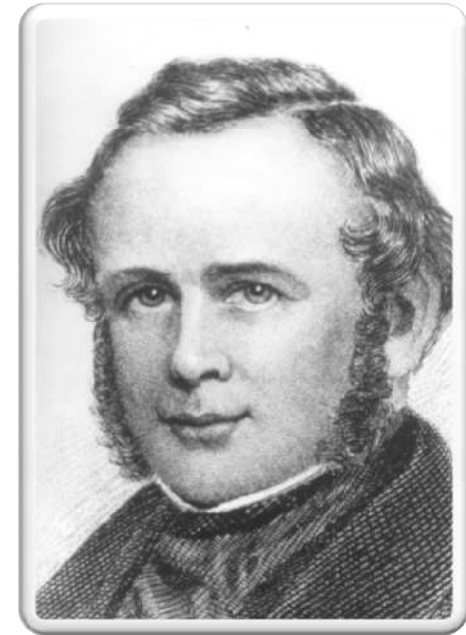
Sposób IV:

- *VIMA – wziewna indukcja i podtrzymanie znieczulenia:*
 - ◆ *Metoda wzrastających stężeń.*
 - ◆ *Metoda jednego wdechu (tzw. pojemności życiowej – VCRII).*



✚ Wziewna:

- Stara (od początku anestezjologii)... 1844 r. (Wells).
- Nieco dłuższa.
- Specyficznie przyjemna, choć niedrażniąca.
- Idealna przy reaktywnych drogach oddechowych (skurcz oskrzeli).
- Idealna przy przewidywanej trudnej intubacji.
- Bezpieczna..., za wyjątkiem:
 - ◆ Pełnego żołądka.





+ Technika wzrastających stężeń:

- Po 3-5 minutach natlenienia.

- Sewofluran: 0,3 0,6 1,2 2,4 4,8%/ obj.



+ Technika pojedynczego oddechu:

- Po 3-5 minutach natlenienia.
- Trzykrotne napełnienie układu oddechowego (FGF-8 l/ min. + 8%/ obj. Sewofluranu).
- Głęboki wdech → głęboki wydech → szczelne przyłożenie maski twarzowej.
- Pobudzenie psychoruchowe w 2-3 minucie.



- ✚ Tlen – 6 l/ min (choć po indukcji wziewnej zalecane jest LFA).
- ✚ Anestetyki wziewne – ok. 1 – 1,5 MAC (1,5 – 2,5%/ obj.).
 - W czasie weryfikacji położenia rurki pacjent nie może być wentylowany wyłącznie 100% tlenem – RYZYKO WYBUDZENIA!!!
- ✚ Weryfikacja położenia rurki:
 - Kapnograficznie.
 - Osluchowo:
 - ◆ II międzyżebra w liniach środkowo-obojczykowych.
 - ◆ IV międzyżebra w liniach pachowych przednich.
 - ◆ VI międzyżebra w liniach pachowych środkowych.



✚ Jeżeli znieczulenie ogólne dotchawicze?, to:

■ Skład mieszaniny podstawowej:

◆ Tlen + powietrze.

◆ Tlen.

◆ Tlen + podtlenek azotu.

■ Wziewny lek znieczulający.

■ Lek przeciwbólowy.

■ Lek zwiotczający mięśnie.

■ Płyny infuzyjne.



Czy używanie podtlenku azotu jest zasadne? - wady:

- ✚ Depresja szpiku kostnego.
- ✚ Efekt dyfuzji – wentylacja mieszaniną hipoksyczną.
- ✚ Działanie teratogenne.
- ✚ Nudności i wymioty.
- ✚ Hemodynamika mózgowa.
- ✚ Oparzenia.



- ✚ Używanie do znieczulenia jedynie mieszaniny N_2O i O_2 – nie zapewnia snu i odpowiedniego głębokiego znieczulenia.
- ✚ Podawanie anestetyków wziewnych w stężeniu < 1 MAC tzn. $< 1,4 - 2,2 \%$ / obj. (w gazach wydechowych) powoduje, że nie są wykorzystywane ich zalety.
- ✚ Czy pacjent w czasie znieczulenia z podtlenkiem śpi?



1. Faza nasycająca – ustalenie składu mieszaniny oddechowej.
2. Faza podtrzymania znieczulenia.
3. Zakończenie znieczulenia.



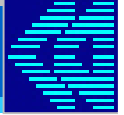
Faza nasycająca – zatem ta, która ma miejsce po indukcji
dożylnej – przy $FGF < 3$ l/ min. i wyborze podtlenku azotu.

- ✚ Przy znieczuleniu N_2O/O_2 – przez pierwsze 30 minut wychwyty N_2O przez tkanki jest większy od wychwyty O_2 - i stężenie tlenu w mieszaninie (FiO_2) jest wyższe niż wynikałoby to ze wskazań rotametrów.
- ✚ Po 30 minutach wychwyty N_2O staje się mniejszy od wychwyty O_2 i następuje podwyższenie stężenia N_2O w układzie - inne niż wynikałoby o ze wskazań rotametrów (FiO_2 jest niższe niż wynikałoby to ze wskazań rotametrów).

Minimalne stężenie pęcherzykowe (do wybudzenia na głos)



Anestetyk	MAC_{awake} / MAC
Izofluran	0,38
Sewofluran	0,34
Desfluran	0,34



LFA

1. Faza nasycająca – ustalenie składu mieszaniny oddechowej (FGF = 6 l/ min.)

✚ $N_2O : O_2$ 4 : 2 l/ min.

✚ Powietrze : Tlen 5 : 0,9 l/ min.

✚ Sewofluran: 1,5 – 3,5%/ obj.

✚ FiO_2 ok. 0,35.

✚ Czas fazy nasycającej min. 6 minut (technika Götterborg'ska).

✚ Głębokość znieczulenia:

■ Znamiona kliniczne.

■ BIS.



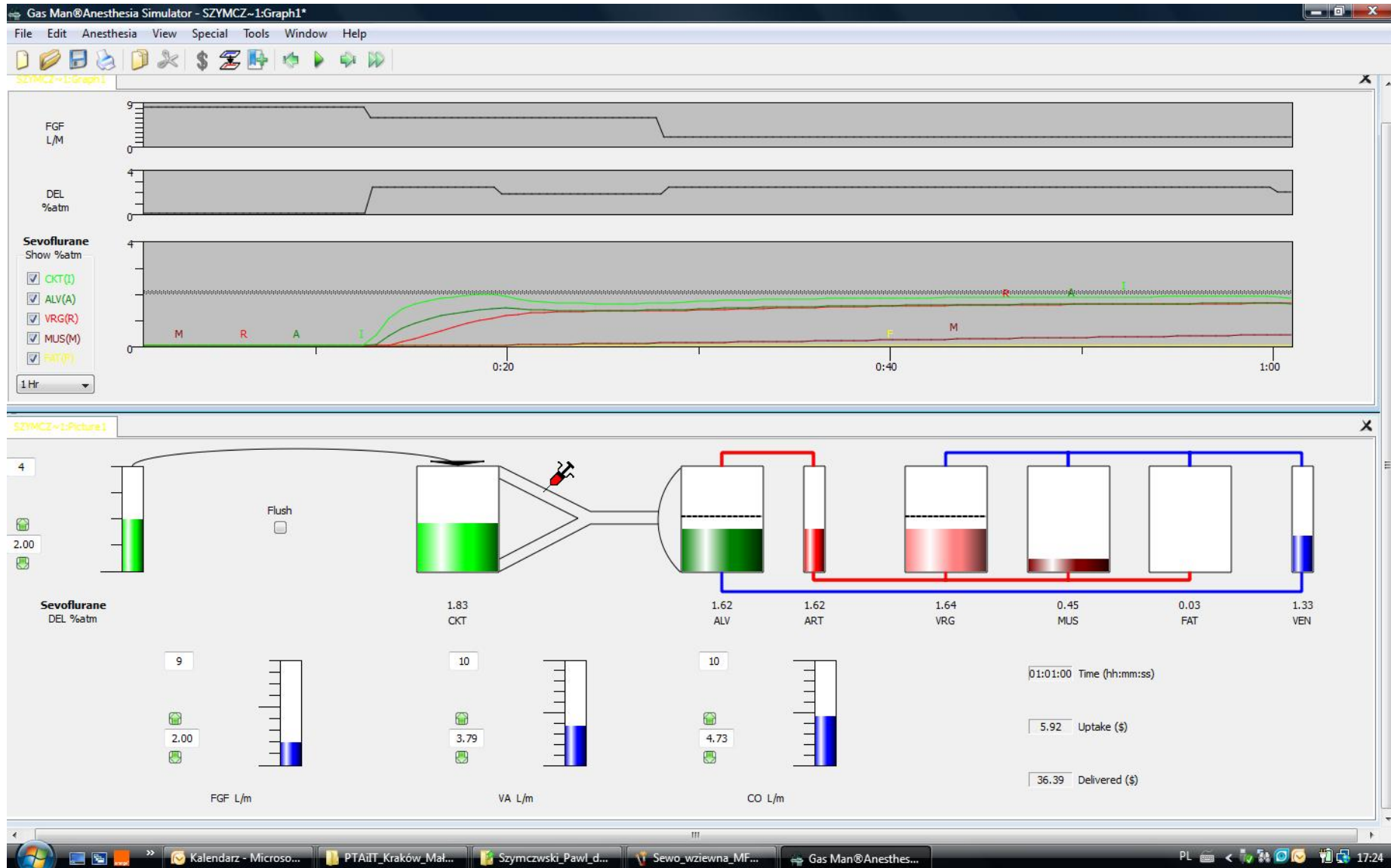
2. Faza podtrzymująca – przepływ gazów (FGF = 2 l/ min.)

- ✚ $N_2O : O_2$ 1,5 : 0,9 l/ min.
- ✚ Powietrze : Tlen 1,5 : 0,5 l/ min.
- ✚ Sewofluran: 1,5 – 3,5%/ obj.
- ✚ FiO_2 min. 0,4.
- ✚ Czas: do końca znieczulenia.
- ✚ Głębokość znieczulenia:
 - Znamiona kliniczne.
 - BIS.

Faza nasycając i podtrzymująca po indukcji dożylniej - LFA



LFA





1. Faza nasycająca – ustalenie składu mieszaniny oddechowej (FGF = 6 l/ min.)

- ✚ $N_2O : O_2$ 4 : 2 l/ min.
- ✚ Powietrze : Tlen 5 : 0,9 l/ min.
- ✚ Sewofluran: 1,5 – 3,5%/ obj.
- ✚ FiO_2 ok. 0,35.
- ✚ Czas fazy nasycającej min. 15-20 minut.
- ✚ Głębokość znieczulenia:
 - Znamiona kliniczne.
 - BIS.



MFA

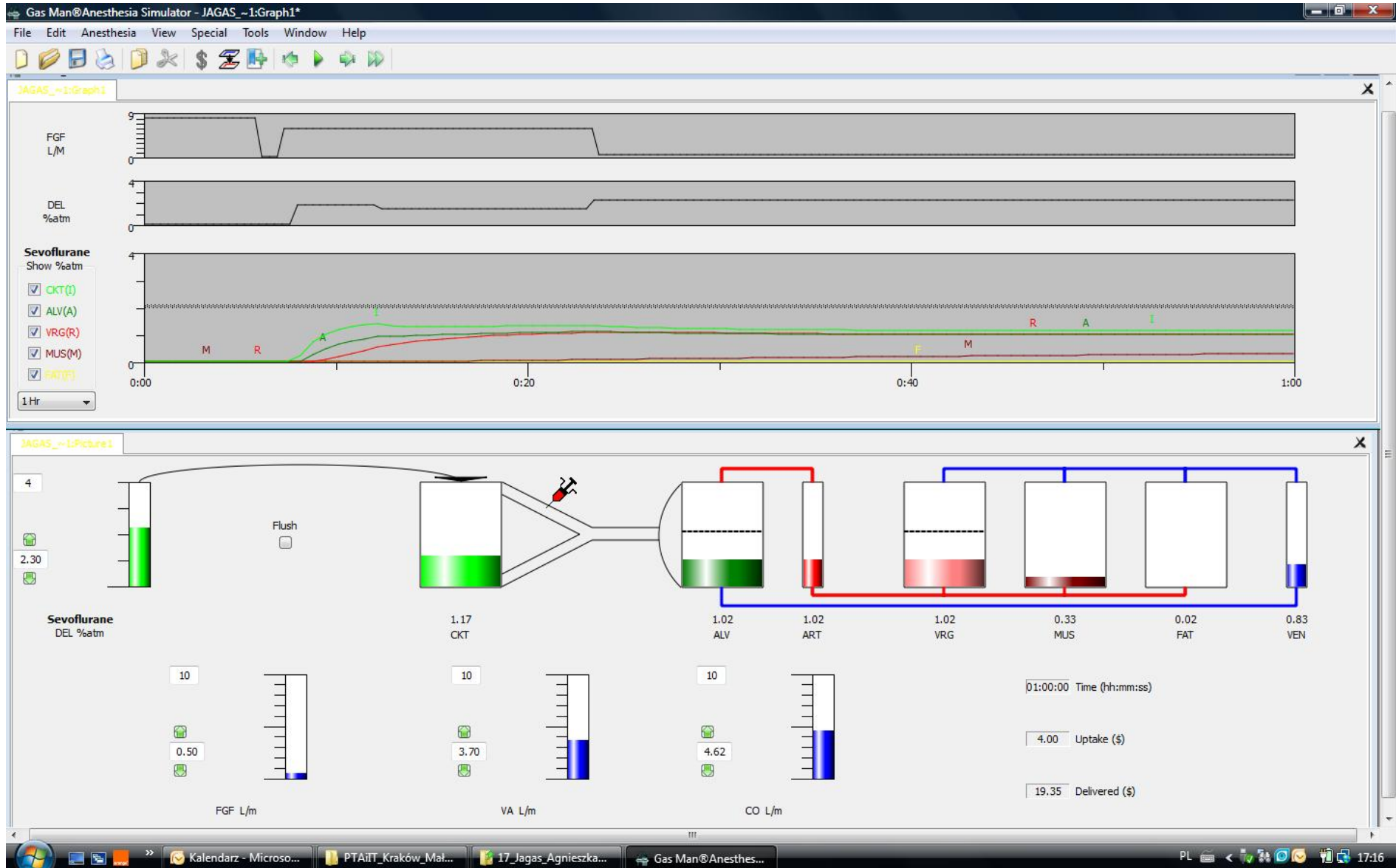
2. Faza podtrzymująca – przepływ gazów (FGF = 2 l/ min.)

- ✚ $N_2O : O_2$ 0,2 : 0,3 l/ min.
- ✚ Powietrze : Tlen 0,2 : 0,3 l/ min.
- ✚ Sewofluran: 1,5 – 3,5%/ obj.
- ✚ FiO_2 min. 0,5.
- ✚ Czas: do końca znieczulenia.
- ✚ Głębokość znieczulenia:
 - Znamiona kliniczne.
 - BIS.

Faza nasycająca i podtrzymująca po indukcji dożylnej - MFA



MFA



Faza podtrzymująca po indukcji wziewnej dla LFA i MFA



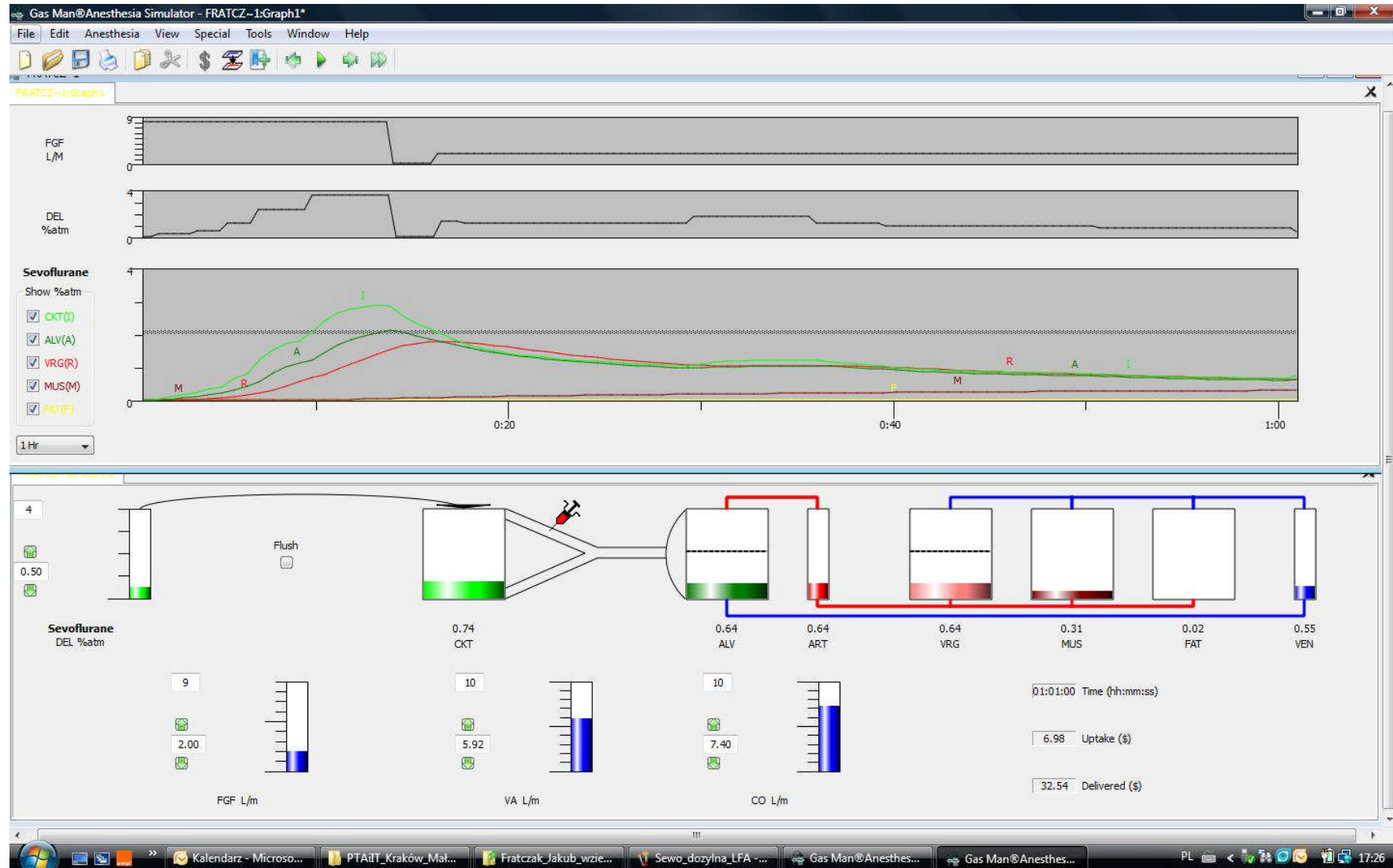
Po wziewnej indukcji znieczulenia – nie ma potrzeby prowadzenia fazy nasycającej dużym przepływem gazów:
Od razu - LFA, lub MFA

✚ Tlen	0,5 l/ min.	0,3 l/ min.
✚ Powietrze	1,5 l/ min.	0,2 l/ min.
✚ Sewofluran	1,5 – 3,5%/ obj.	
✚ FiO_2	0,4 (LFA), lub 0,5 (MFA).	
✚ $ETCO_2$	40 – 60 mm Hg.	
✚ Fentanyl (w razie bólu), ostrożnie	1-3 μ g/ kg mc.	
✚ Remifentanyl – wlew ciągły	ostrożnie 0,05 – 0,15 μ g/ kg mc/ min.	
✚ Anestetyki wziewne	ok. 1 – 1,5 MAC vs TIVA (TCI/ schemat).	

Faza podtrzymująca po indukcji wziewnej dla LFA i MFA



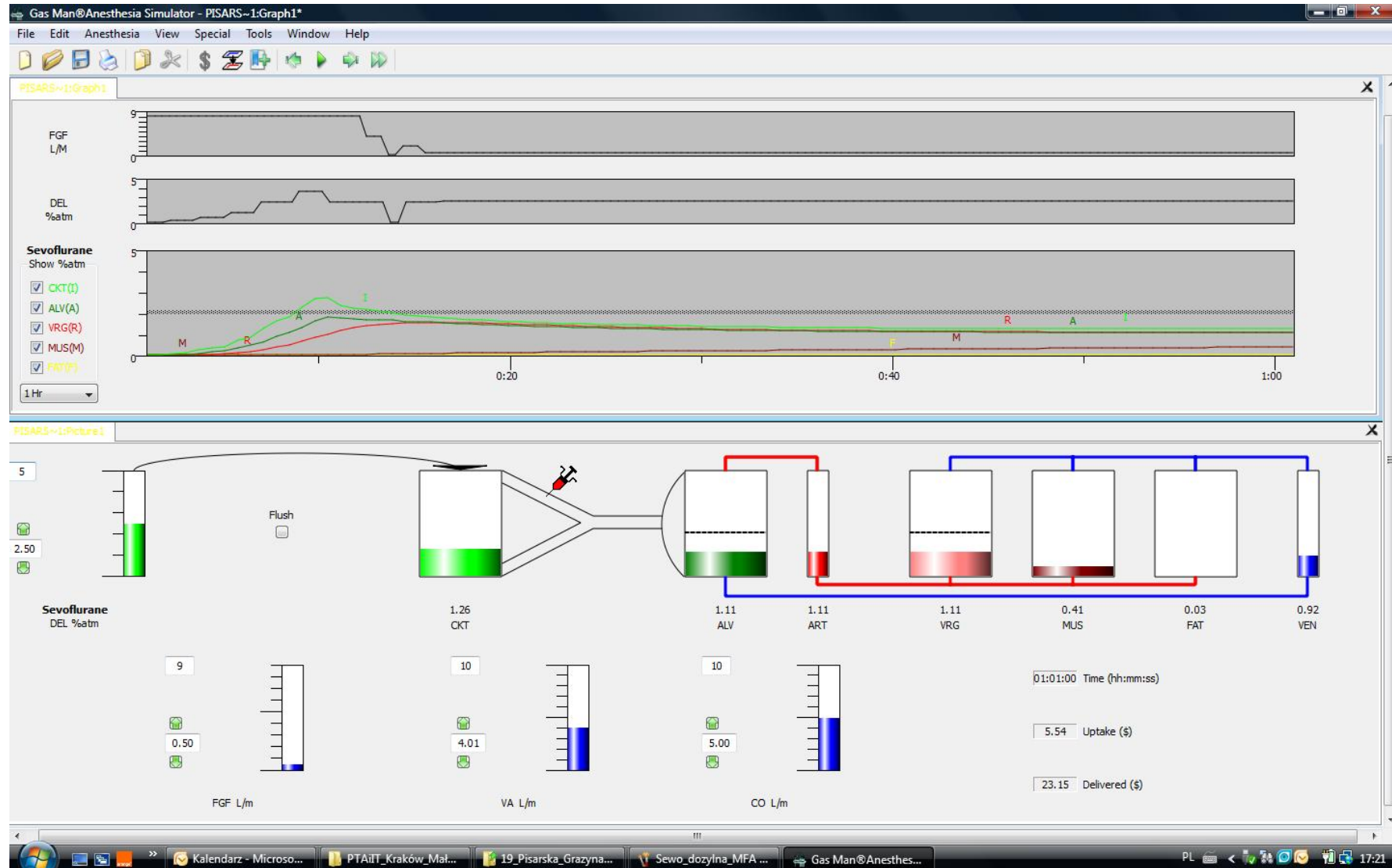
Po wziewnej indukcji znieczulenia – nie ma potrzeby prowadzenia fazy nasycającej dużym przepływem gazów:
Od razu - LFA, lub MFA



Faza podtrzymująca po indukcji wziewnej dla LFA i MFA



Po wziewnej indukcji znieczulenia – nie ma potrzeby prowadzenia fazy nasycającej dużym przepływem gazów:
Od razu - LFA, lub MFA





- ✚ Tlen 6 l/ min.
- ✚ Podtlenek azotu zakręcić na ok. 5 minut przed końcem znieczulenia.
- ✚ Sewofluran zakręcić na ok. 10 minut przed końcem znieczulenia.
- ✚ Jeżeli pacjent był zwiotczony podać (albo nie...) leki antycholinoesterazowe; WAŻNE TOFR>0,9.
- ✚ Rurkę intubacyjną/ LMA usunąć w momencie, w którym u pacjenta wystąpiły pierwsze odruchy.



Pytania:

- ✚ Czy można na nim w ogóle znieczulać???
- ✚ Na czym polega niespełnienie kryteriów:
 - Brak przeglądu dokładności rotametrów?
 - Brak szczelności aparatu?
 - Brak możliwości monitorowania?
 - ▶ Stężenia tlenu?
 - ▶ Kapnografii?
 - ▶ Stężenia anestetyków?
 - ▶ Parametrów życiowych?
- ✚ Czy do awarii doszło w czasie obecnego znieczulenia, czy wcześniej?

A co jeżeli aparat do znieczulenia nie spełnia kryteriów LFA/ MFA?

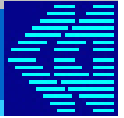


Generalna zasada:

- ✚ Brak możliwości monitorowania przyrządowego czynności życiowych – jest wskazaniem do odstąpienia od znieczulenia!!!
- ✚ Brak wyskalowanych rotametrów i przepływomierza proporcjonalnego (szczególnie wówczas, kiedy używany jest N₂O) – jest wskazaniem do odstąpienia znieczulenia!!!
- ✚ Awaria systemu monitorowania w czasie znieczulenia jest wskazaniem do:
 - ✚ Zwiększenia dopływu świeżych gazów (FGF) do objętości = wentylacji minutowej np. 6 l/ min. (FiO₂ ok. 0,35):

✚ N ₂ O : O ₂	4 : 2 (l/ min.).
✚ N ₂ : O ₂	5 : 0,9 (l/ min.).
✚ Anestetyk wziewny	0,5 – 1 MAC (bo synergizm z FNT/ RFNT/ midazolamem/ N ₂ O).
 - ✚ Zaprzestania znieczuleń, do czasu serwisu aparatu.

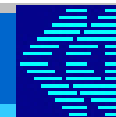
Postępowanie zatem podobne, jak przy awarii samochodu (nawet jeśli można nim jechać)



Koszty?



Koszty sewofluranu w czasie LFA i MFA



Technika znieczulenia	Pierwsza godzina (średnio w PLN)	Druga godzina (średnio w PLN)
Indukcja wziewna + LFA (n-24)	35,07	19,01
Indukcja dożylna + LFA (n-26)	31,99	18,01
Indukcja wziewna + MFA (n-22)	25,85	7,62
Indukcja dożylna + MFA (n-20)	23,14	6,29

Co jest droższe –
dusza, czy ciało?





Potencjalne problemy:

- ✚ Stężenie tlenu w mieszaninie oddechowej w czasie LFA i MFA
Odpowiednio: 0,4 i 0,5.
- ✚ Czy faza nasycająca (HFA) jest potrzebna, skoro okno snu propofolu 7 min.?
Jest konieczna.
- ✚ Czy dla podtrzymania znieczulenia sewofluranem – FGF = 0,5 l/ min. – nie jest zbyt mały?
Nie jest.

Dożylna indukcja znieczulenia



Znieczulenie indukowane dożylnie:
czy faza nasycająca po indukcji dożylniej jest potrzebna?

- ✚ Film 4,0 (indukcja dożylna z bezpośrednio po niej ustawionym LFA): [Kondukcja LFA bezp po dozylnym 2009 08 12.avi](#)
- ✚ Plik GasMan 4,0 (indukcja dożylna z bezpośrednio po niej ustawionym LFA):
[Adamiak Elzbieta dozylna LFA PTaiIT Malopolska.gas](#)

LFA i MFA po indukcji dożylna (algorytm)



Indukcja dożylna							
Skład mieszaniny oddechowej							
Znieczulenie z małym dopływem świeżych gazów (LFA)	Tlen (l/ min.)	Powietrze (l/ min.)	Sewofluran (%/ obj.)	Tlen (l/ min.)	Podtlenek azotu (l/ min.)	Sewofluran (%/ obj.)	
	5	0,9	1,5 – 3,5	4	2	1,0 – 2,5	Faza nasycająca [FiO ₂ – min. 0,35] około 6-10 minut
	1,5	0,5	2 – 3,5	1,5	0,9	1,5 – 2,5	Faza podtrzymująca [FiO ₂ – min. 0,4]
Znieczulenie z minimalnym dopływem świeżych gazów (MFA)	Tlen (l/ min.)	Powietrze (l/ min.)	Sewofluran (%/ obj.)	Tlen (l/ min.)	Podtlenek azotu (l/ min.)	Sewofluran (%/ obj.)	
	5	0,9	1,5 – 3,5	4	2	1,0 – 2,5	Faza nasycająca [FiO ₂ – min. 0,35] około: 15 minut
	0,3	0,2	2 – 3,5	0,3	0,2	1,5 – 2,5	Faza podtrzymująca [FiO ₂ – min. 0,5]

LFA i MFA po indukcji wziewnej (algorytm)



Indukcja Wziewna Sewofluranem

(technika wzrastającego stężenia)

- Natlenienie bierne przez min. 3-5 min. (szczelnie przyłożona maska twarzowa) – FGF: 8 l/ min.
- Sewofluran: 0,3%/ obj. 10-15 oddechów.
- Sewofluran: 0,6%/ obj. 10-15 oddechów.
- Sewofluran: 1,2%/ obj. 10-15 oddechów.
- Sewofluran: 2,4%/ obj. 10-15 oddechów.
- Sewofluran: 3,6%/ obj. 10-15 oddechów (zniknięcie odruchu rzęsowego).
- Sewofluran: 2,4%/ obj. 10-15 oddechów (TOF/ środki zwiotczające/ intubacja).
- Faza podtrzymująca.

Skład mieszaniny oddechowej

Znieczulenie z małym dopływem świeżych gazów (LFA)	Tlen (l/ min.)	Powietrze (l/ min.)	Sewofluran (%/ obj.)	Tlen (l/ min.)	Podtlenek azotu (l/ min.)	Sewofluran (%/ obj.)	Faza podtrzymująca [FiO ₂ - min. 0,4]
	1,5	0,5	2 – 3,5	1,5	0,9	1,5 – 2,5	
Znieczulenie z minimalnym dopływem świeżych gazów (MFA)	Tlen (l/ min.)	Powietrze (l/ min.)	Sewofluran (%/ obj.)	Tlen (l/ min.)	Podtlenek azotu (l/ min.)	Sewofluran (%/ obj.)	Faza podtrzymująca [FiO ₂ - min. 0,5]
	0,3	0,2	2 – 3,5	0,3	0,2	1,5 – 2,5	



L. Mecler