VŠEOBECNÁ FAKULTNÍ NEMOCNICE V PRAZE

1. LÉKAŘSKÁ FAKULTA Univerzita Karlova

# TIVA v rukou mladého anesteziologa

**Petr Kopecký**

***21.11.2026***

KARIM
1.LF UK A VFN V PRAZE

VŠEOBECNÁ FAKULTNÍ NEMOCNICE V PRAZE

1. LÉKAŘSKÁ FAKULTA Univerzita Karlova

# Konflikty zájmů

B BRAUN SHARING EXPERTISE

VŠEOBECNÁ FAKULTNÍ NEMOCNICE V PRAZE

- Kurzy TCI pro BBraun



VŠEOBECNÁ FAKULTNÍ NEMOCNICE V PRAZE

1. LÉKAŘSKÁ FAKULTA Univerzita Karlova

# Jak Karlák k TCI přišel...

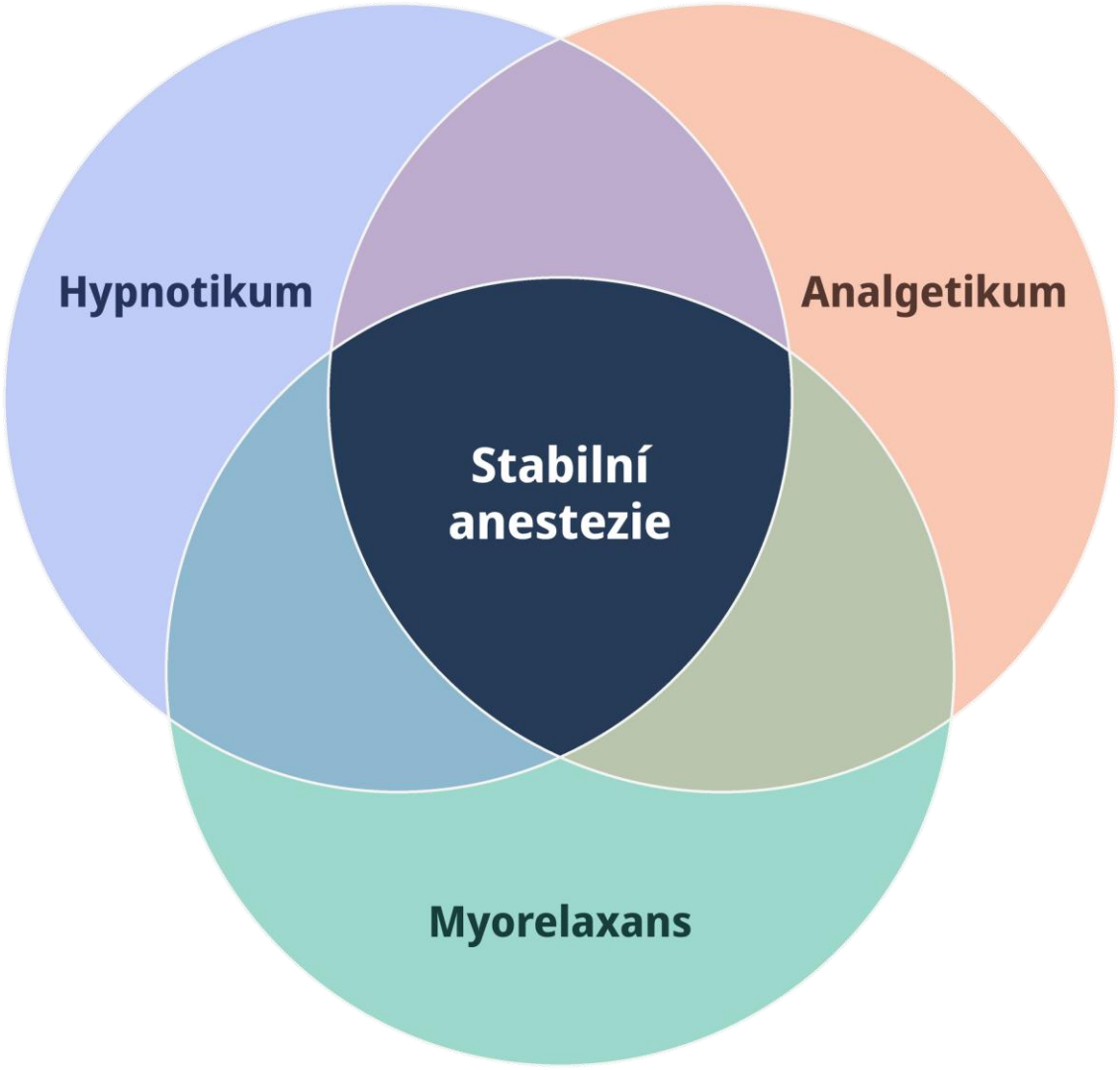




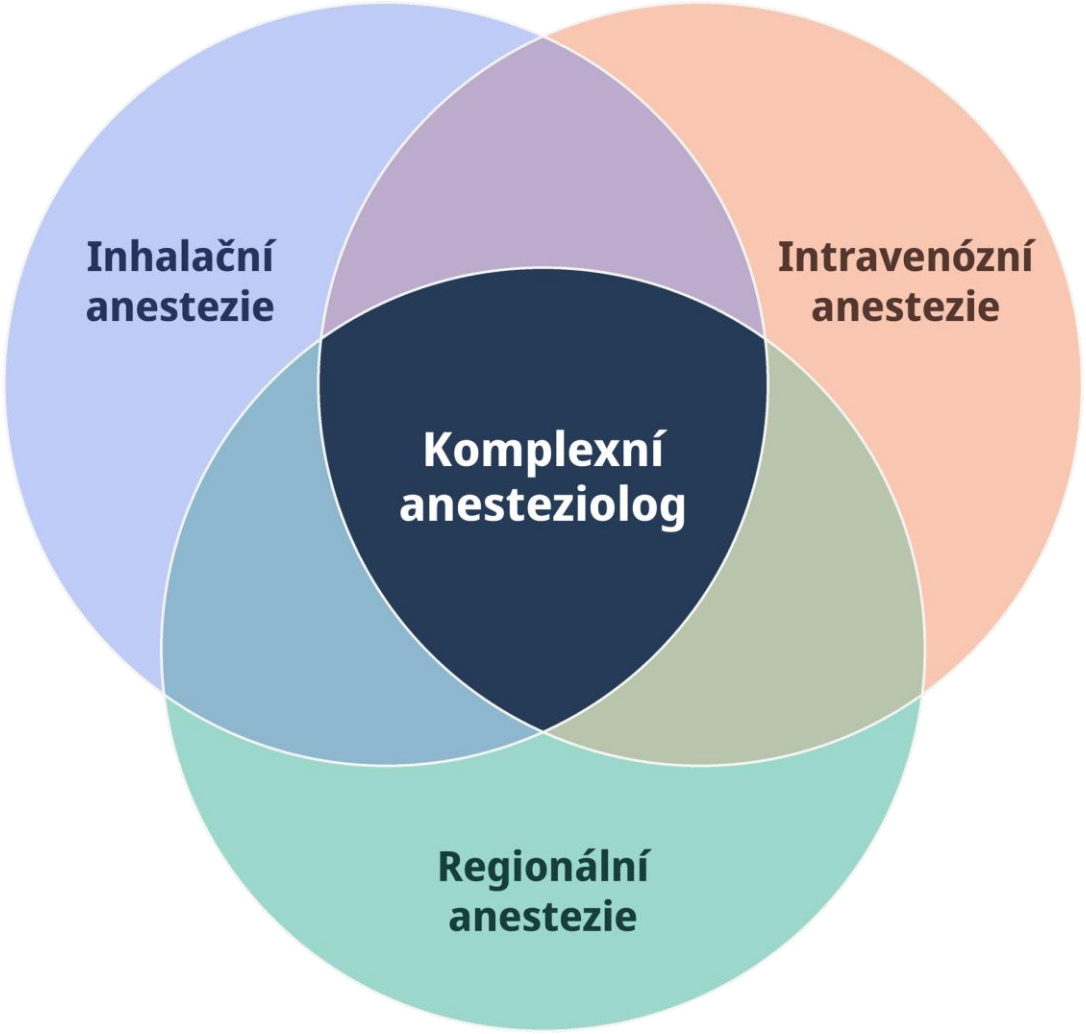

# JOIN THE DARK SIDE



# Proč TIVA?... protože



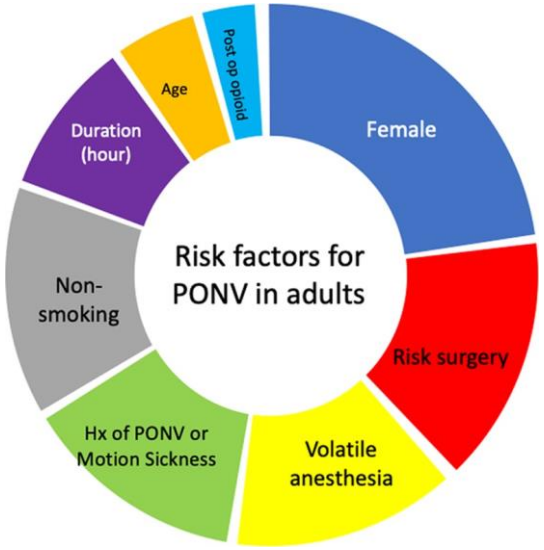
# Proč TIVA?... protože



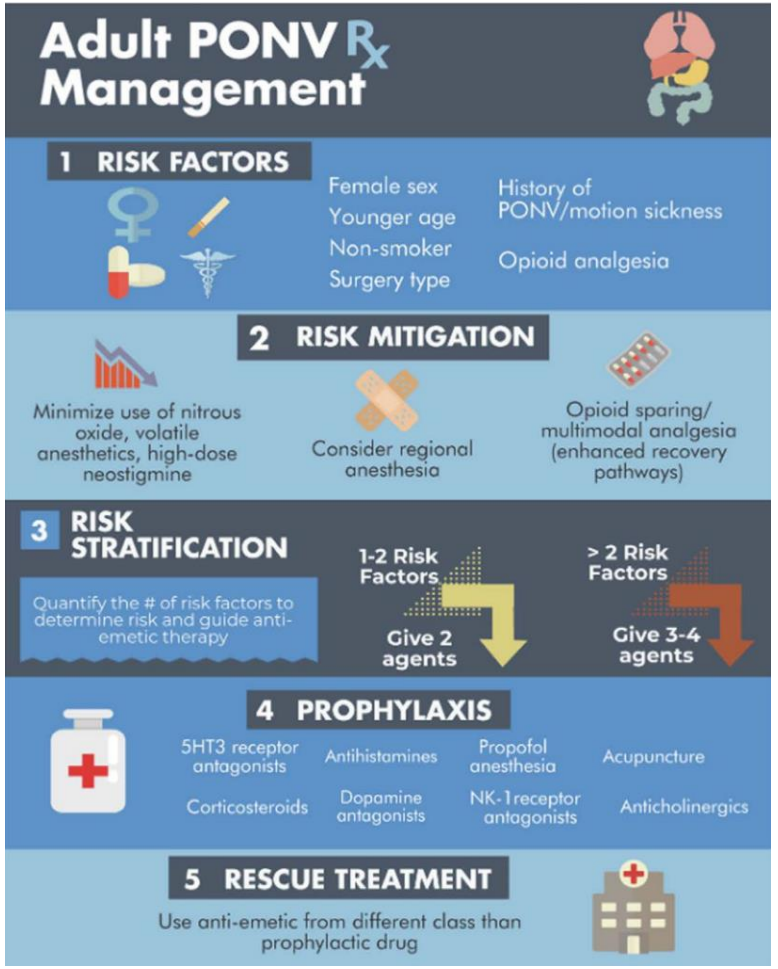

MALIGNÍ HYPERTERMIE (MH)

# Proč TIVA? ... protože PONV

- Propofol = antiemetikum
- TIVA = profylaxe PONV
- >2 rizikové faktory





# Proč TIVA? … protože PND

- Hladší bu
- Méně PN

**Intravenous v**
**for postopera**
**undergoing n**

Miller D, Lewis SR, F

**Comparison 1 TIVA vs Inhalational maintenance, Outcome 2 Postoperative cognitive dysfunction.**

| Study or subgroup | TIVA n/N | Inhalational maintenance n/N | Odds Ratio M-H,Random,95% CI | Weight | Odds Ratio M-H,Random,95% CI |
|---|---|---|---|---|---|
| Egawa 2016 | 16/72 | 24/72 | | 21.5 % | 0.57 [ 0.27, 1.20 ] |
| Geng 2017 (1) | 2/50 | 25/100 | | 9.3 % | 0.13 [ 0.03, 0.55 ] |
| Lindholm 2013 | 4/96 | 6/97 | | 11.3 % | 0.66 [ 0.18, 2.41 ] |
| Micha 2016 | 1/36 | 10/37 | | 5.2 % | 0.08 [ 0.01, 0.64 ] |
| Rohan 2005 | 7/15 | 7/15 | | 9.8 % | 1.00 [ 0.24, 4.20 ] |
| Tanaka 2017 | 19/39 | 26/40 | | 17.7 % | 0.51 [ 0.21, 1.26 ] |
| Tang 2014 | 30/101 | 33/99 | | 25.3 % | 0.85 [ 0.47, 1.54 ] |
| **Total (95% CI)** | **409** | **460** | | **100.0 %** | **0.52 [ 0.31, 0.87 ]** |

Total events: 79 (TIVA), 131 (Inhalational maintenance)
Heterogeneity: $Tau^2 = 0.18$; $Chi^2 = 10.12$, df = 6 (P = 0.12); $I^2 = 41\%$
Test for overall effect: Z = 2.47 (P = 0.014)
Test for subgroup differences: Not applicable

0.2 0.5 1 2 5
Favours TIVA Favours Inhalational maintenance



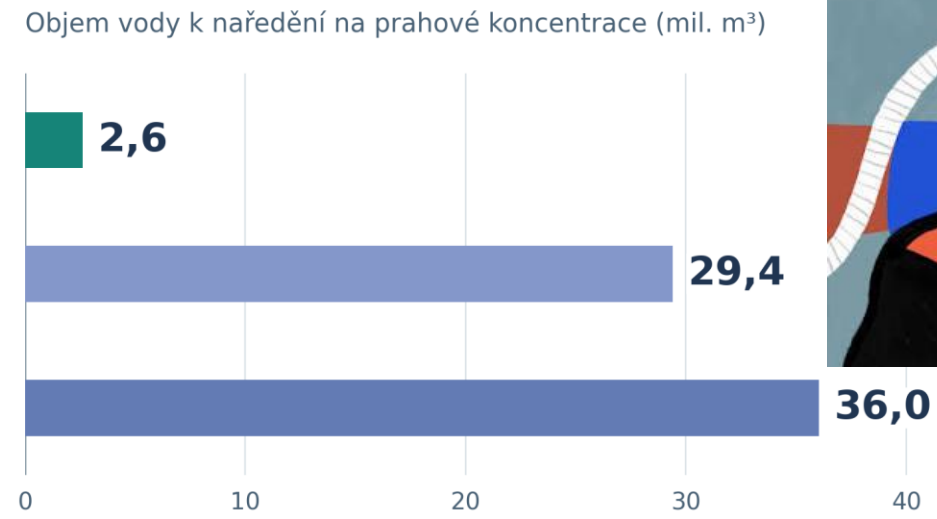
VŠEOBECNÁ FAKULTNÍ NEMOCNICE V PRAZE

1. LÉKAŘSKÁ FAKULTA Univerzita Karlova

# Proč TIVA? … protože ekologie

## Modelovaná zátěž vody po 10 letech

1 000 hodin anestezie ročně při šetrné likvidaci zbytků propofolu.






Bernat et al. · Br J Anaesth 2026 · tab. 2 · DOI 10.1016/j.bja.2026.03.042

VŠEOBECNÁ FAKULTNÍ NEMOCNICE V PRAZE | 1. LÉKAŘSKÁ FAKULTA Univerzita Karlova

# TIVA a životní prostředí sálu

- Riziková expozice už při koncentraci 2 ppm
- Vyšší riziko spontánních abortů
  ? Co je vliv IA vs desinfekce, ionizační záření, směnný provoz, stres
- § 238 zákoníku práce a vyhláška č. 180/2015 Sb. nedává absolutní výčet zakázaných prací pro těhotné




*healthcare*

*Systematic Review*

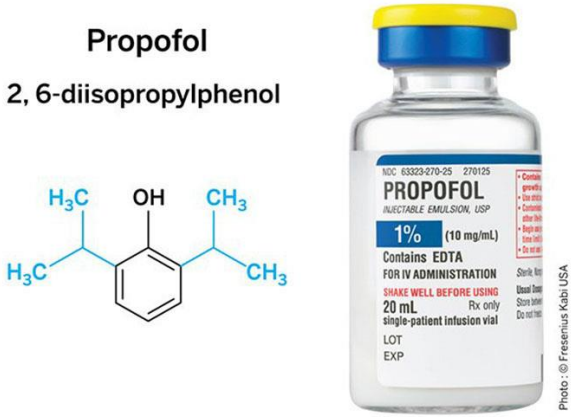
**Occupational Exposure to Inhalational Anesthetics and Teratogenic Effects: A Systematic Review**

José Manuel García-Álvarez [1], Guillermo Escribano-Sánchez [2,*], Eduardo Osuna [3], Alonso Molina-Rodríguez [4,*], José Luis Díaz-Agea [4] and Alfonso García-Sánchez [2]

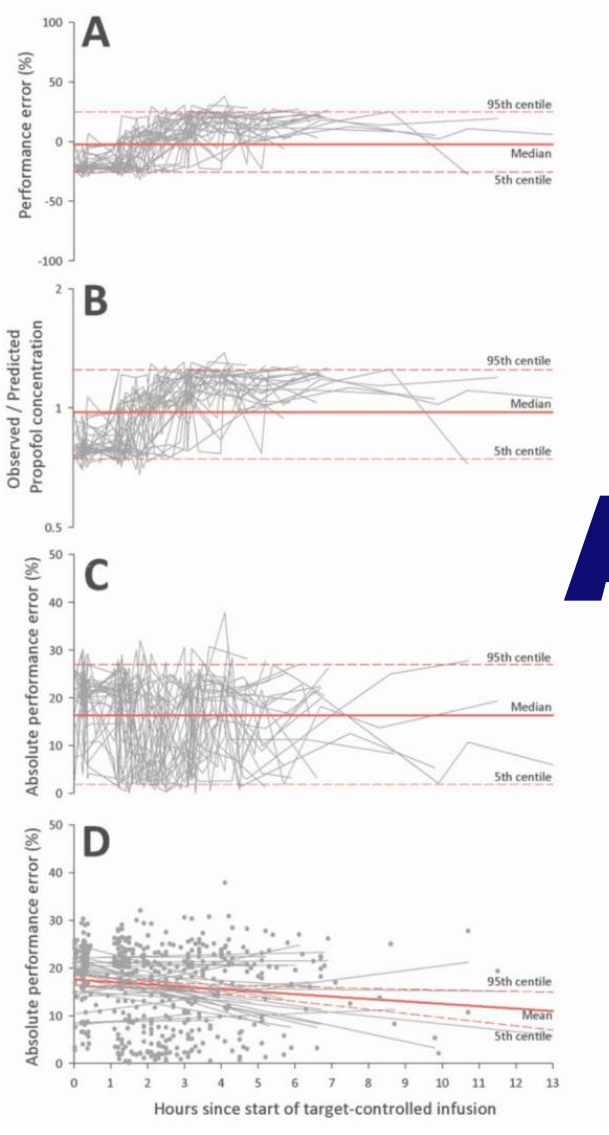
# Co je to TIVA/TCI?

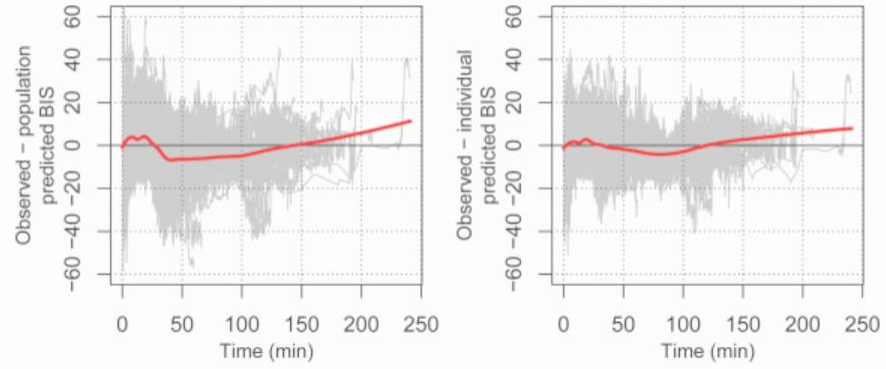
TIVA = Total IntraVenous Anesthesia **= způsob vedení**

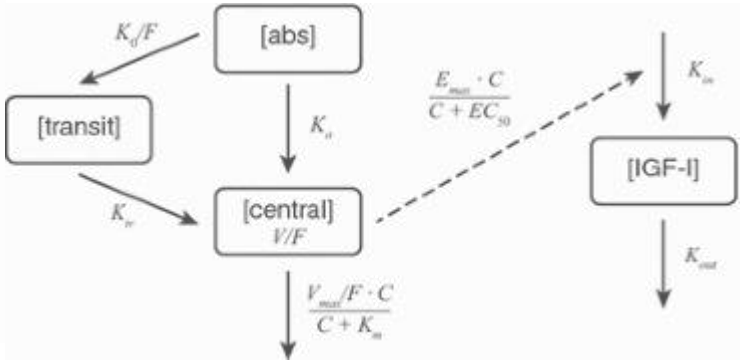
TCI = Target Controlled Infusion – „cíleně řízená infuze“ **= způsob dávkování**






# A co TCI umí?

$$V1_{\text{arterial}}\,(\text{litre}) = \Theta_1 \cdot \frac{f_{\text{central}}(\text{WGT})}{f_{\text{central}}(\text{WGT}_{\text{ref}})} \cdot \exp(\eta 1)$$

$$V1_{\text{venous}}\,(\text{litre}) = V1_{\text{arterial}} \cdot (1 + \Theta_{17} \cdot (1 - f_{\text{central}}\,(\text{WGT}))$$

$$V2\,(l) = \Theta_2 \cdot \frac{\text{WGT}}{\text{WGT}_{\text{ref}}} \cdot f_{\text{aging}}\,(\Theta_{10}) \cdot \exp(\eta 2)$$

$$V3\,(l) = \Theta_3 \cdot \frac{f_{\text{Al–Sallami and colleagues}}}{f_{\text{Al–Sallami and colleagues, ref}}} \cdot f_{\text{opiates}}\,(\Theta_{13}) \cdot \exp(\eta 3)$$

$$CL\,(\text{litre} \cdot \text{min}^{-1}) = \begin{Bmatrix} \Theta_4, & \text{male} \\ \Theta_{15}, & \text{female} \end{Bmatrix} \cdot \left(\frac{\text{WGT}}{\text{WGT}_{\text{ref}}}\right)^{0.75} \cdot \frac{f_{CL}}{f_{CLm}}$$

$$Q2_{\text{arterial}}\,(\text{litre} \cdot \text{min}^{-1}) = \Theta_5 \cdot (V2/V2_{\text{ref}})^{0.75} \cdot (1 + \Theta_{16} \cdot (1$$

$$Q2_{\text{venous}}\,(\text{litre} \cdot \text{min}^{-1}) = Q2_{\text{arterial}} \cdot \Theta_{18}$$

$$Q3\,(\text{litre} \cdot \text{min}^{-1}) = \Theta_6 \cdot (V3/V3_{\text{ref}})^{0.75} \cdot \frac{f_{Q3maturation}}{f_{Q3maturation,ref}} \cdot \exp$$

$$\ln(C_{\text{observed}}) = \ln(C_{\text{predicted}}) + \Theta_7 \cdot \varepsilon \cdot \exp(\eta 7)$$

$$f_{\text{sigmoid}}(x, E50, \lambda) = x^{\lambda}/(x^{\lambda} + E50^{\lambda})$$

$$\text{ADLT} = f_{\text{sigmoid}}(\text{WGT}, 16.6, 2.75)$$

$$f_{\text{aging}}(x) = e^{-0.001 \cdot (\text{AGE}-35) \cdot x}$$

$$\text{CLAG} = 1\text{-}f_{\text{sigmoid}}(\text{PMA}, 69.2, 8)$$

$$\text{PMAL} = \begin{Bmatrix} f_{\text{sigmoid}}(\text{PMA}, 22.2, 8), & \text{male} \\ 0, & \text{female} \end{Bmatrix}$$

$$\text{KGEN} = e^{0.225 \cdot (\text{CLAG} \cdot (1-\text{PMAL}) + (1-\text{CLAG}) \cdot \text{PMAL}) \cdot \text{ADLT}}$$

$$V1(l) = \begin{Bmatrix} 5.74, & \text{healthy} \\ 9.77, & \text{patient} \end{Bmatrix} \cdot \frac{\text{ADLT}}{\text{ADLT}_{\text{ref}}} \cdot \begin{Bmatrix} 1, & \text{male} \\ 0.830, & \text{female} \end{Bmatrix} \cdot f_{\text{aging}}(3.55) \cdot e^{\begin{cases} \eta 1, & \text{healthy} \\ \eta 2. & \text{patient} \end{cases}}$$

$$V2(l) = \begin{Bmatrix} 11.8, & \text{healthy} \\ 29.0, & \text{patient} \end{Bmatrix} \cdot \left(\frac{\text{WGT}}{70}\right) \cdot f_{\text{aging}}(8.91) \cdot e^{\eta 3}$$

$$V3(l) = \begin{Bmatrix} 222, & \text{healthy} \\ 134, & \text{patient} \end{Bmatrix} \cdot \left(\frac{\text{WGT}}{70}\right)^{0.35} \cdot \frac{\text{ADLT}}{\text{ADLT}_{\text{ref}}} \cdot e^{\eta 4}$$

$$CL(l/\text{min}) = \begin{Bmatrix} 1.83, & \text{healthy} \\ 1.53, & \text{patient} \end{Bmatrix} \cdot \left(\frac{\text{WGT}}{70}\right)^{0.75} \cdot \frac{\text{KGEN}}{\text{KGEN}_{\text{ref}}} \cdot f_{\text{aging}}(3.55) \cdot e^{\eta 5}$$

$$Q2(l/\text{min}) = \begin{Bmatrix} 3.10, & \text{healthy} \\ 1.42, & \text{patient} \end{Bmatrix} \cdot \left(\frac{V2}{29.0}\right)^{0.75} \cdot f_{\text{aging}}((1\text{-ADLT}) \cdot 27.6 + \text{ADLT} \cdot 6.34) \cdot e^{\eta 6}$$

$$Q3(l/\text{min}) = \begin{Bmatrix} 1.08, & \text{healthy} \\ 0.608, & \text{patient} \end{Bmatrix} \cdot \left(\frac{V3}{134}\right)^{0.75} \cdot f_{\text{aging}}(6.34) \cdot e^{\begin{cases} \eta 7. & \text{healthy} \\ 0. & \text{patient} \end{cases}}$$

# Anesteziologické minimum



dávka

efekt



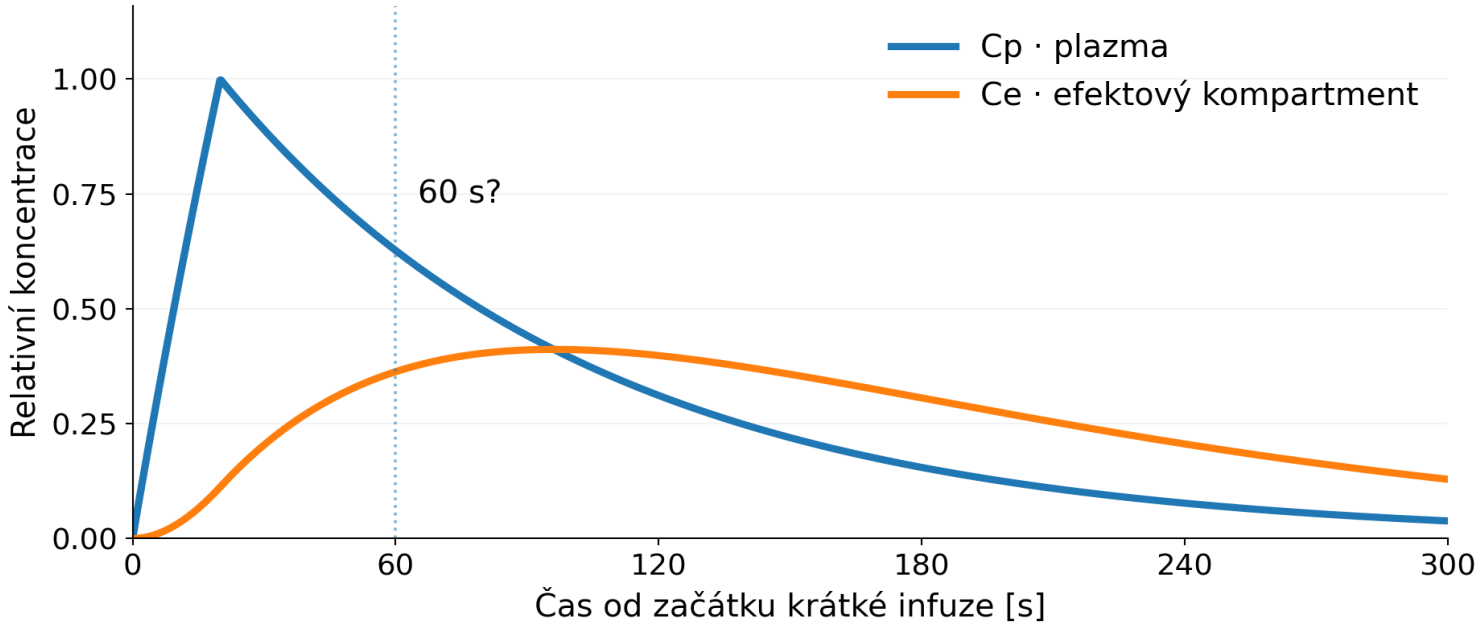
rozpustnost v tucích

koncentrační gradient

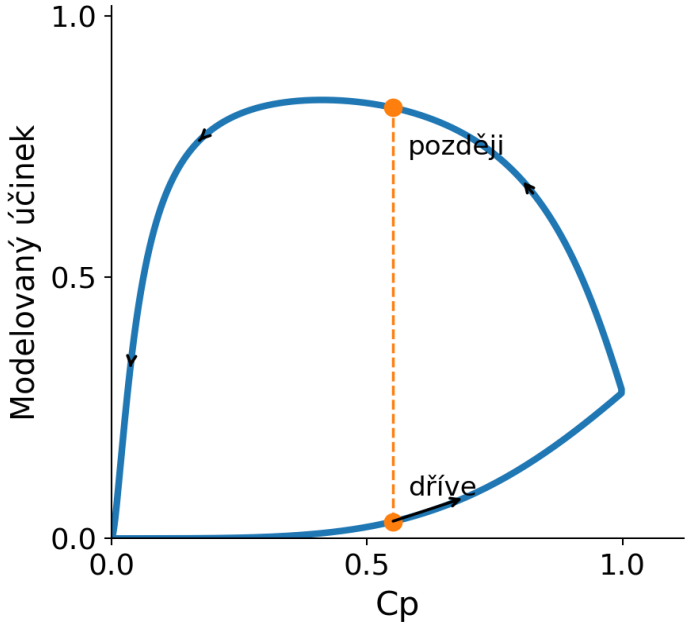
# Podání léku ≠ účinek léku

- Plazmatická koncentrace, efekt kompartment a klinický účinek nejsou totéž.

## Zpoždění v čase




## Hysterézní smyčka



VŠEOBECNÁ FAKULTNÍ NEMOCNICE V PRAZE | 1. LÉKAŘSKÁ FAKULTA Univerzita Karlova

# Plazmatické vs efektivní cílování



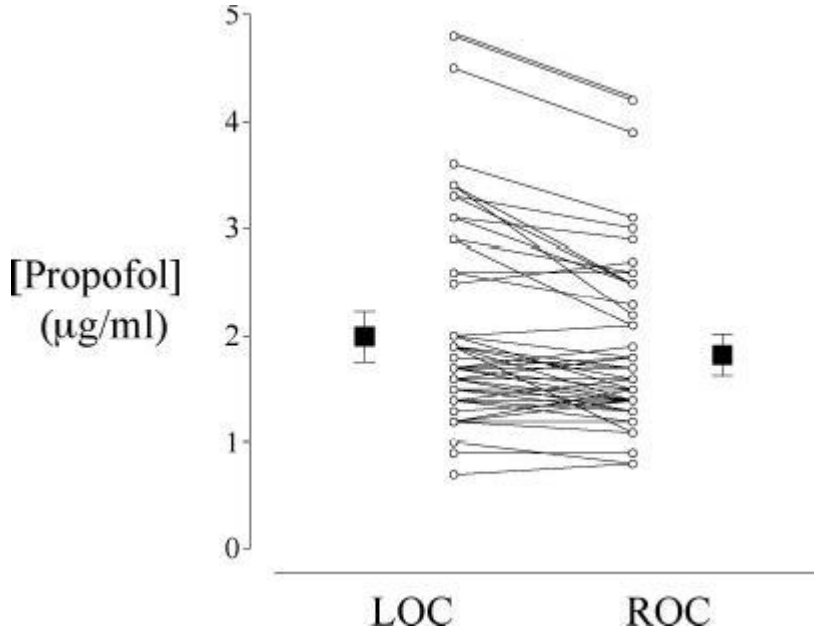




koncentrace v plazmě — koncentrace v mozku — rychlost infuze

# TIVU lze dělat pacientovi na míru

- Koncentrace, na které pacient ztratí vědomí ($C_e$)se +- rovná koncentraci, při které se probudí (rozdíl max 0,25 ug/ml, CI 95%)

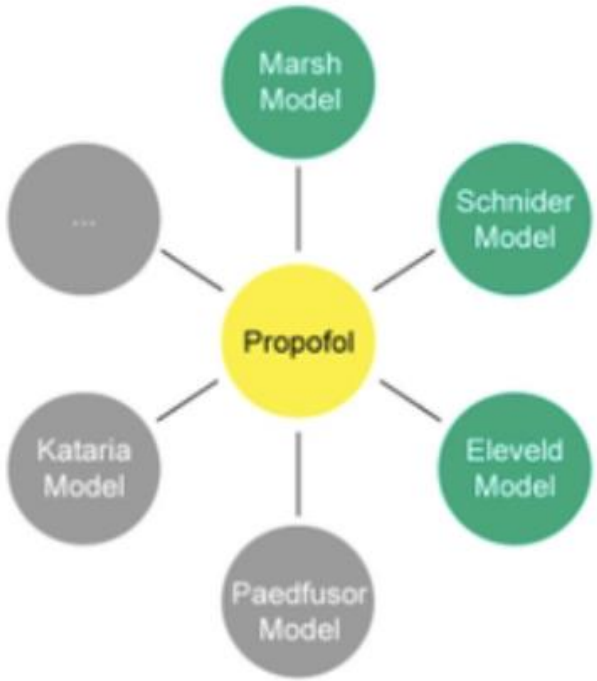






Liu SH, Tian M. Factors affecting recovery from anaesthesia with propofol-remifentanil target-controlled infusion in laparoscopic surgery. J Int Med Res. 2017 Jun;45(3):1007-1014. doi: 10.1177/0300060517705539. Epub 2017 May 23. PMID: 28534702; PMCID: PMC5536417.

# Dostupné TCI modely




| Algoritmus léčiva/TCI | |
|---|---|
| **Léčivo** | **Model** |
| **Propofol** | Marsh |
| | Schnider |
| | Eleveld |
| | Kataria |
| | Paedfusor |
| **Remifentanil** | Minto |
| | Eleveld |
| **Sufentanil** | Gepts |
| **Dexmedetomidin** | Hannivoort-Colin |

# Jak to tedy nastavit?

| propofol | | Marsh | Schnider | Eleveld |
|---|---|---|---|---|
| | Sedace | $C_{pt}$ 0.8-2 (1,2) | $C_{et}$ 0.8-2.8 ug/ml | $C_{et}$ 0.7-1.0 ug/ml |
| | Úvod | $C_{pt}$ 4-6 ug/ml | $C_{et}$ 4-6 ug/ml | $C_{et}$ 2-4 ug/ml |
| | Chirurgický výkon s opioidy | $C_{pt}$2,5-4 ug/ml | $C_{et}$ 2,5-4 ug/ml | $C_{et}$ 2-4 ug/ml |
| | Buzení | $C_e$ <1,1 ug/ml | | |

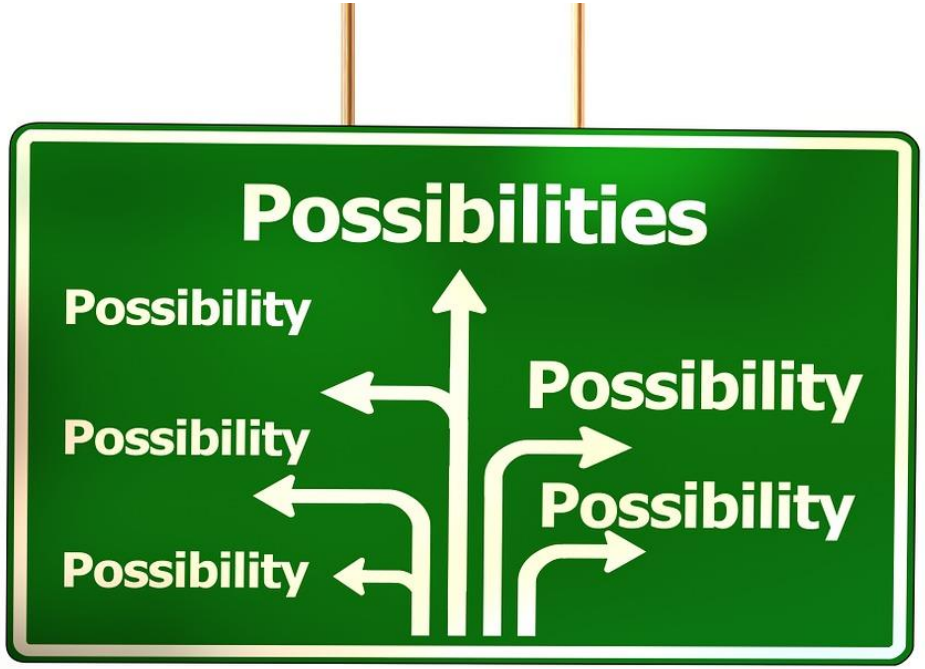
# A co opiody...

Opioid v TCI režimu

Opioid v prostém lineárním dávkovači

Bolusové podání

Opiod free anestezie




Remifentanil

Sufentanil

Alfentanil

Fentanyl

# Ale když máte remifentanil...

- Ideální opioid pro TCI
- Malý distribuční objem
- „Kontext insenzitivní poločas“
- Vysoká clearance nespecifickými esterázami

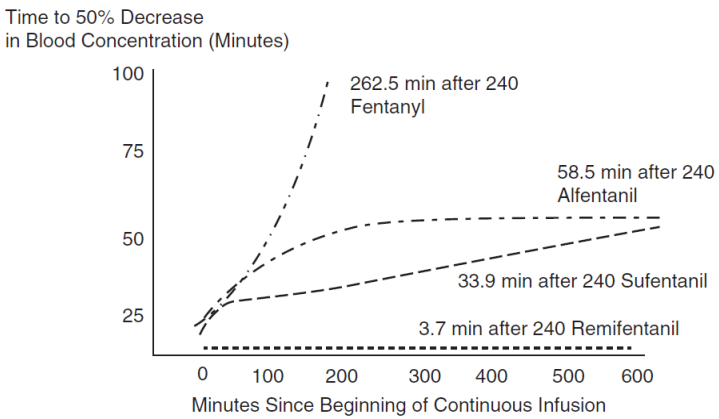



**Figure 2.5** Context sensitive half-time for common opioids given by intravenous infusion. Relationship between keo (/min) and its half-life (/min).



# Remifentanil – TCI modely

- **Minto** pro dospělé, výpočet LBM
- Universálnější **Eleveld** (BMI <35)
- **Kim – Obama – Egan** až pro BMI 70

| | Minto model | Eleveld |
|---|---|---|
| **Úvod** | $C_{et}$ 2-6 ng/ml | $C_{pt}$ 3-6 ng/ml<br>$C_e$t 1,8-4 ng/ml |
| **Chirurgický výkon** | $C_{et}$ 2-8 (12) ng/ml | $C_{pt}$ 2-11 ng/ml<br>$C_{et}$ 4-11 ng/ml |
| **Návrat spont. Ventilace** | $c_e$< 1,5 ng/ml | Ce < 1,5 ng/ml |


One Model To Rule Them All

VŠEOBECNÁ FAKULTNÍ NEMOCNICE V PRAZE

1. LÉKAŘSKÁ FAKULTA Univerzita Karlova

## 1. Začni nízko




**Remifentanil Ce 1 ng/ml**

u křehkých / gracilních pacientů 0,5

OPATRNÝ START

## 2. Přidej propofol




Poté zahaj infuzi propofolu

HYPNÓZA

## 3. Po nástupu sedace zvyš cíl



**Remifentanil Ce 3–6 ng/ml**

dle pacienta, výkonu a zajištění DC

ZAJIŠTĚNÍ DC

**Cíl = TITRUJ DLE EFEKTU**

VŠEOBECNÁ FAKULTNÍ NEMOCNICE V PRAZE

1. LÉKAŘSKÁ FAKULTA Univerzita Karlova

## 1. Klidné období




**Titruj dolů na nejnižší účinný cíl**

udržuj komfortní a stabilní anestezii

STABILITA

## 2. Předvídej stimul



**Navyš cíl včas – ne až na reakci**

incize · trakce · dilatace · budící stimul

PŘEDVÍDÁNÍ

## 3. Po stimulu zase dolů




**Po odeznění stimulu vrať cíl zpět**

ne maximum – ale nejnižší účinná expozice

BEZPEČÍ

# Cíl = TITRUJ DLE EFEKTU

Předvídej chirurgické stimuly. Po jejich odeznění zase ubírej.


1
1. Sniž propofol
Remifentanil
Propofol
Ke konci výkonu nejprve uber propofol
PROBUZENÍ
2
2. Zajisti analgezii
Multimodální analgezie před vypnutím remifentanilu
ANALGEZIE
3
3. Sniž remifentanil
Remifentanil
Propofol
Poté postupně snižuj cíl remifentanilu
KONTROLA
Cíl = PLYNULÉ PROBUZENÍ

# A co bude dál

- Další zpřesnění modelu nemusí přinést významné klinické zlepšení
- „General-purpose model“ – 1 model na 1 lék
- Po konfirmačních studiích rozšíření „továrních“ omezení

## Technické údaje

### 23.3 Technické údaje TCI

| Algoritmus léčiva/TCI | Věk pacienta [roky] | Hmotnost pacienta [kg] | Výška pacienta [m] |
|---|---|---|---|
| Propofol Marsh | 40–50 * | 30–200 | 0,15–3 * |
| Propofol Schnider | 16–90 | 30–200 | 0,84–3 |
| Propofol Eleveld | 1–88 [1] | 0,68–197 [1] | 0,33–2 [1] |
| Propofol Kataria | 3–11 [2] | 15–61 [2] | 0,15–3 * |
| Propofol Paedfusor | 1–16 [3] | 5–61 [4] | 0,15–3 * |
| Remifentanil Minto | 16–89 | 30–200 | 1,3–2,2 |
| Remifentanil Eleveld | 1–85 [5] | 2,5–106 [5] | 0,49–1,93 [5] |
| Sufentanil Gepts | 14–68 * | 47–94 * | 0,15–3 * |
| Alfentanil Maitre | 18–91 [6] [7] | 41–170 [7] [8] | 0,15–3 * |
| Dexmedetomidine Hannivoort-Colin | 20–70 * | 44,5–110 [9] | 0,15–3 * |






# Procedurální sedace - monoterapie

| Hloubka sedace | Hraniční skóre MOAA/S | Klinická odpověď | Predikovaná $Ce_{50}$ [ng/ml] |
|---|---|---|---|
| Lehká sedace | 4 | Zpomalená reakce na oslovení běžným hlasem. | ≈ 0,6 |
| Střední sedace | 3 | Reakce až na hlasité nebo opakované oslovení. | ≈ 0,9 |
| Hlubší sedace | 2 | Reakce až na mírný taktilní podnět nebo zatřesení. | ≈ 1,2 |

Kim KM, Seo KH, Lee JM, Park EY, Park J. Target-controlled infusion of dexmedetomidine effect-site concentration for sedation in patients undergoing spinal anaesthesia. J Clin Pharm Ther. 2020 Apr;45(2):347-353. doi: 10.1111/jcpt.13085. Epub 2019 Dec 5. PMID: 31802541.

VŠEOBECNÁ FAKULTNÍ NEMOCNICE V PRAZE | 1. LÉKAŘSKÁ FAKULTA Univerzita Karlova

# „Desatero bezpečné TIVA“

1. Používej TCI režim
2. Nastav cíl na míru pacientovi
3. Programuj až po vložení stříkačky
4. Jedna koncentrace, jedno ředění
5. Jeden lék = jedna stříkačka
6. Používej Luer-lock a antirefluxní chlopně
7. Připoj set co nejblíže pacientovi
8. Samostatný žilní vstup pro TIVA
9. Měj vstup na očích
10. Monitoruj hloubku anestezie (pEEG)





## Orientační hodnoty cílových koncentrací vybraných léků pro TIVA/TCI*

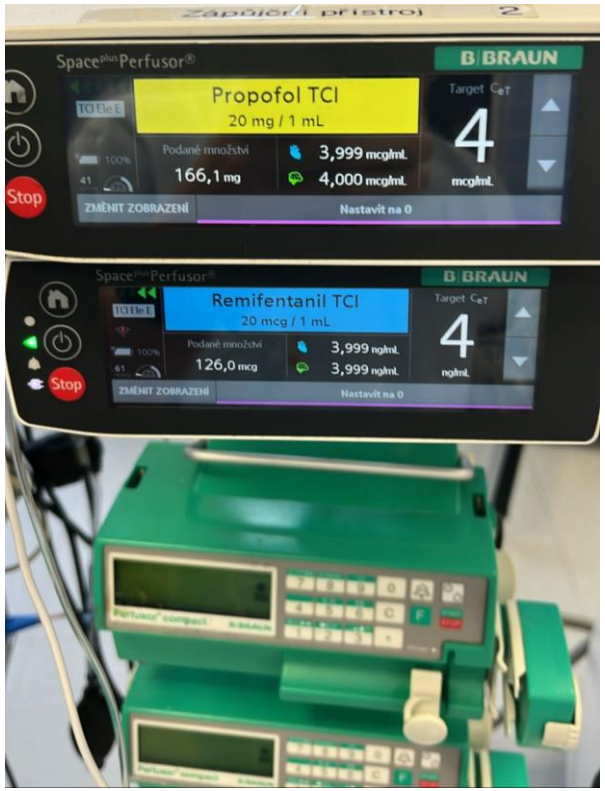
| Propofol | Marsh | Schnider | Eleveld |
|---|---|---|---|
| Sedace | $C_{pt}$ 0,8-2 (1,2) µg/ml | $C_{et}$ 0,8-2,8 µg/ml | $C_{et}$ 0,7-1,0 µg/ml |
| Úvod | $C_{pt}$ 4-6 µg/ml | $C_{et}$ 4-6 µg/ml | $C_{et}$ 2-4 µg/ml |
| Chir. výkon s opioidy | $C_{pt}$ 2,5-4 µg/ml | $C_{et}$ 2,5-4 µg/ml | $C_{et}$ 2-4 µg/ml |
| Buzení | $C_e$ <1,1 µg/ml | | |
| **Remifentanil** | **Minto model** | **Eleveld** | |
| Úvod | $C_{et}$ 4-6 ng/ml | $C_{pt}$ 3-6 ng/ml, $C_{et}$ 1,8-4 ng/ml | |
| Chir. výkon | $C_{et}$ 2-8 (12) ng/ml | $C_{pt}$ 2-11 ng/ml, $C_{et}$ 4-11 ng/ml | |
| Návrat spont. ventilace | $C_e$ < 1,5 ng/ml | $C_e$ < 1,5 ng/ml | |
| **Sufentanil** | **Gepts** | | |
| Úvod | $C_{et}$ 0,3-0,7 ng/ml | | |
| Výkon | $C_{et}$ 0,15-0,6 ng/ml (u kardiochirurgie až 2 ng/ml) | | |
| Spont. ventilace | $C_e$ < 0,2 ng/ml | | |
| **Alfentanil** | **Maitre, Scott** | | |
| Úvod | $C_{et}$ 80-100 ng/ml | | |
| Chir. výkon | $C_{et}$ 40-80 ng/ml (kardiochirurgie 120-200 ng/ml) | | |

Vysvětlivky:
$C_e$ = koncentrace v místě účinku; $C_{et}$ = cílová hodnota koncentrace v místě účinku;
$C_{pt}$ = cílová hodnota koncentrace v plazmě

* Jedná se o orientační hodnoty nastavení cílových hodnot koncentrací – vždy je nutné přihlédnout ke stavu pacienta (u křehkých pacientů vždy volit nižší hodnoty a postupně navyšovat) a měnit koncentraci dle klinického efektu. Při použití remifentanilu u starších pacientů zvážit plazmatické cílování ke snížení úvodního bolusu.

# A nebo.... Tam dej 4 a ono to většinou funguje






VŠEOBECNÁ FAKULTNÍ NEMOCNICE V PRAZE

1. LÉKAŘSKÁ FAKULTA Univerzita Karlova



# Děkuji za pozornost