

Anesteziologický přístroj, měření fyziologických funkcí, základní principy fungování běžně používané monitorace

K. Cvachovec

KARIM 2. LF UK ve FN Motol

KAIM IPVZ Praha

FZS TU v Liberci

ANESTEZIOLOGICKÝ PŘÍSTROJ, DÝCHACÍ SYSTÉMY

Anest. intenziv. Med., 24, 2013, č. 3, s. 199–202

<https://www.aimjournal.cz/pdfs/aim/2013/03/13.pdf>

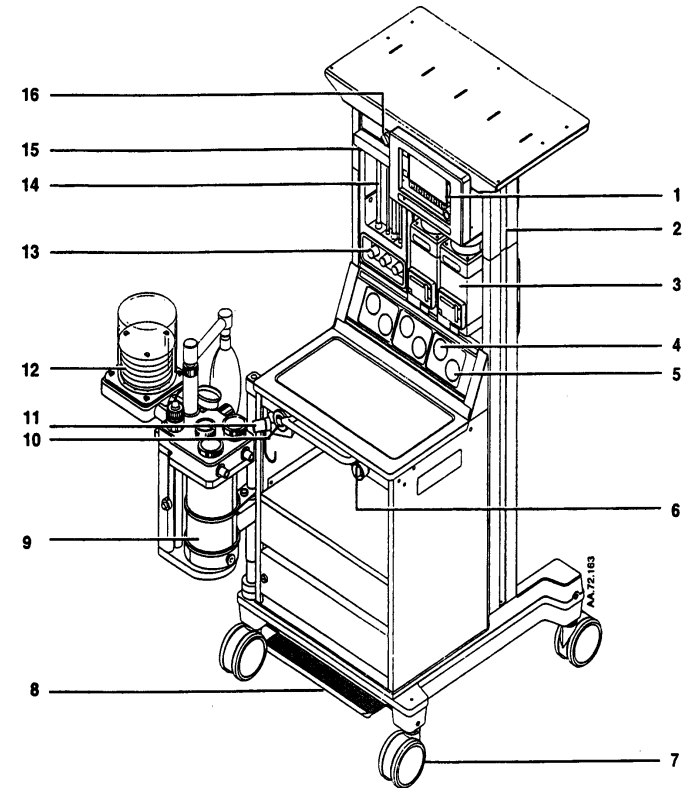
- zdroj plynů
- dávkovací zařízení
- odpařovače
- dýchací systém
- pohlcovač CO₂
- dýchací vak a ventilátor
- odsávačka



Anesteziologický přístroj

Zdroj plynů

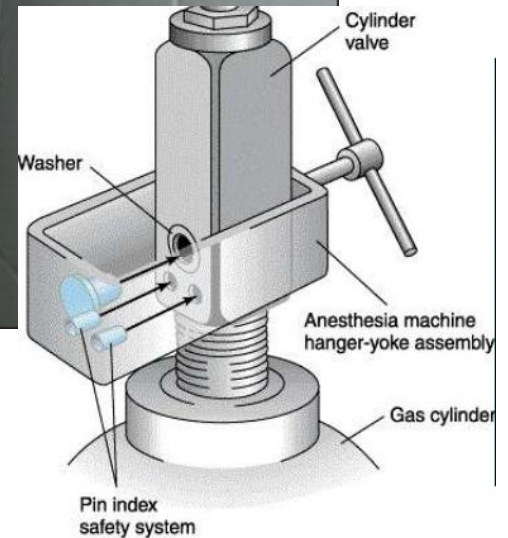
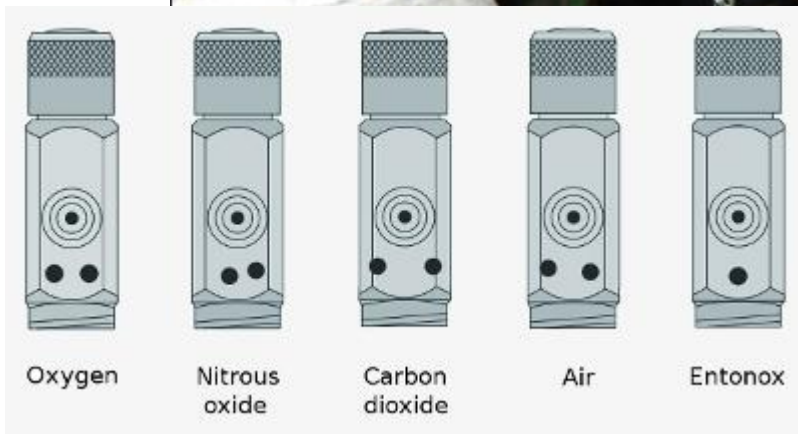
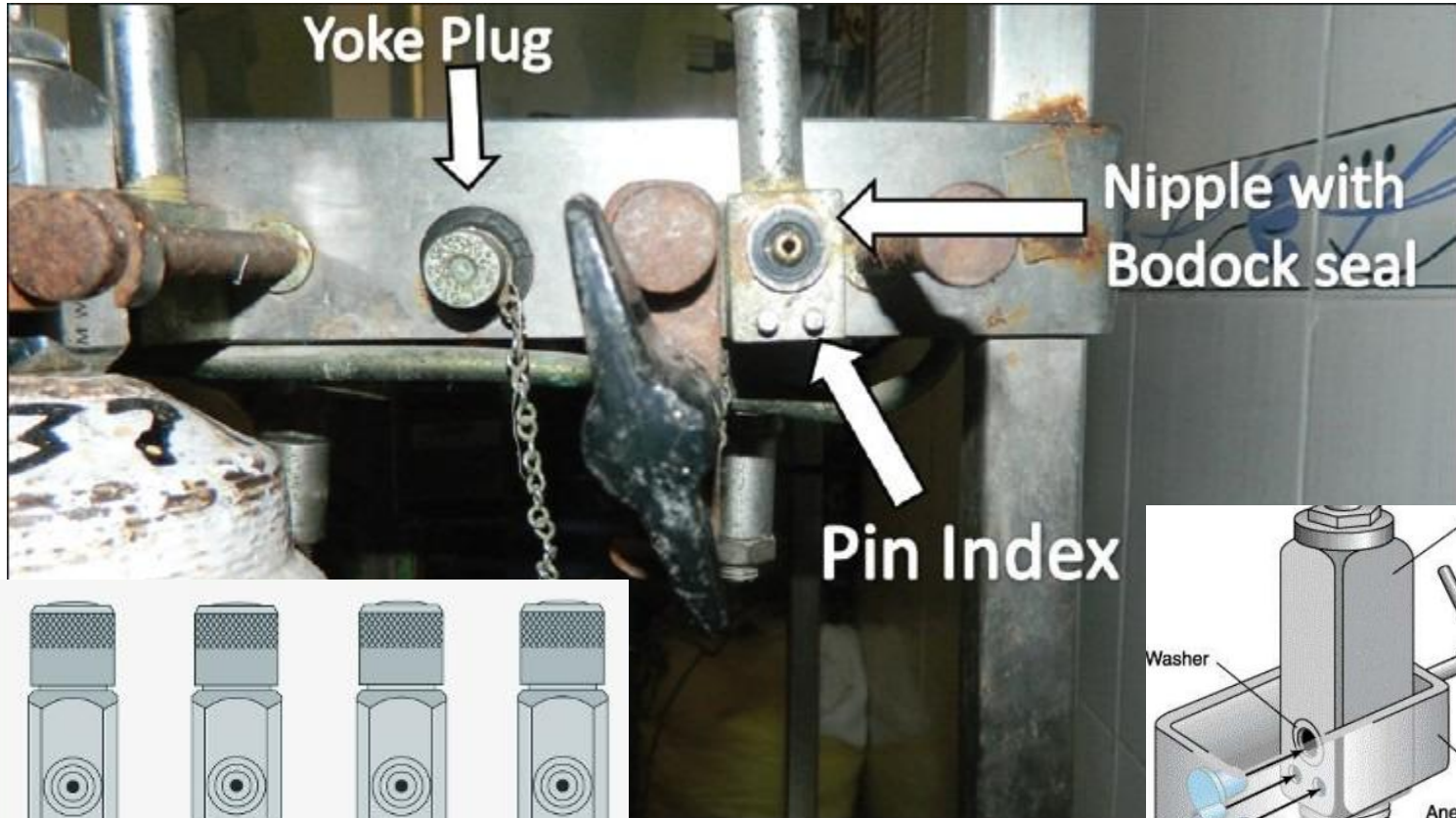
- Redukce 1 – 2 stupňová
 - tlakové nádoby
 - kyslík 15 Mpa (plyn)
 - oxid dusný 5 Mpa (kapalina)
 - 1. Barevné značení (ČSN EN 1089-1093: O₂ bílá, N₂O modrá), 2. vyražený název plynu, 3. průměr šroubení a stoupání závitu, příp. *pin index*
- centrální rozvod stlačených plynů ($\cong 0,3-0,5$ Mpa)
 - nezáměnné rychlospojky (barva, tvar)



Centrální rozvod stlačených medicinálních plynů

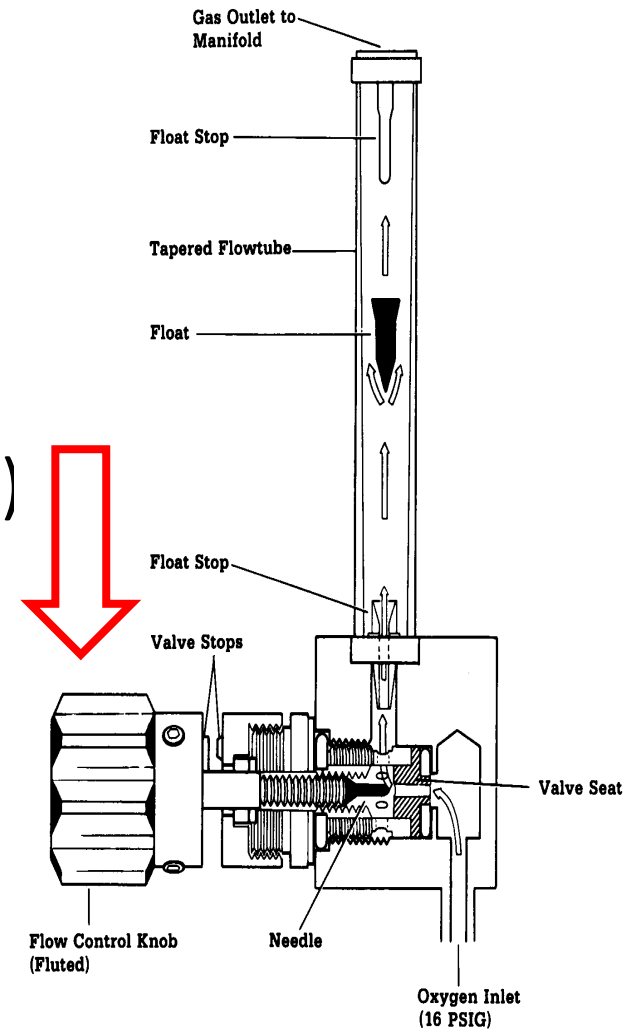


Pin-index system



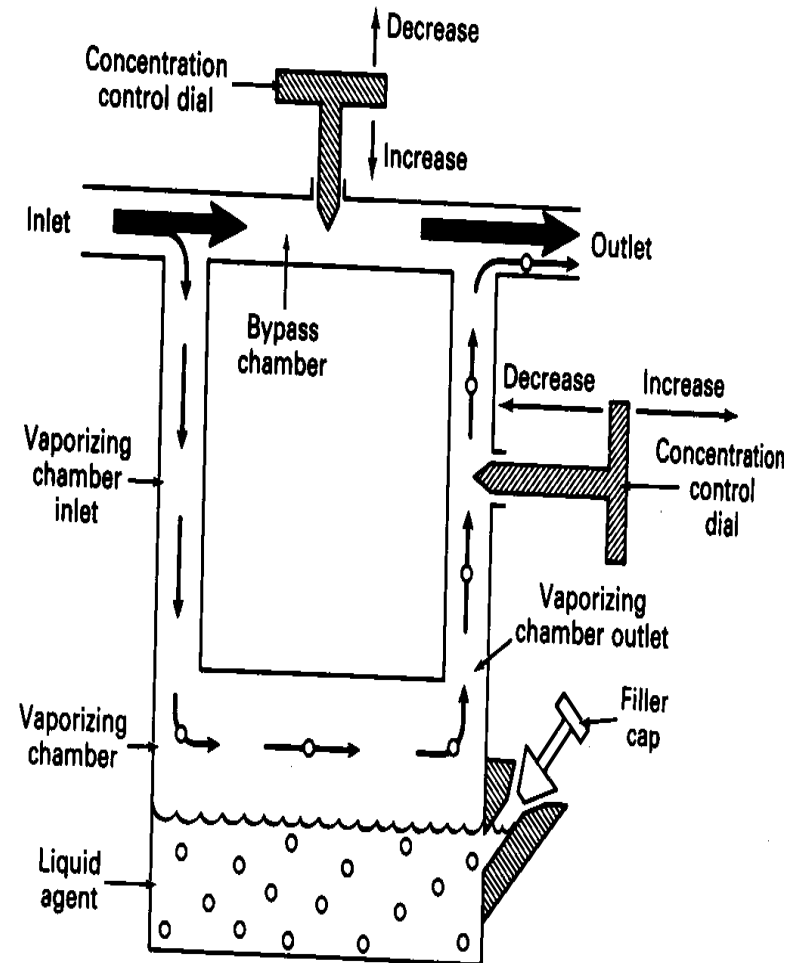
Anesteziologický přístroj

- Dávkovací zařízení
 - **jehlové ventily** – rotametr
 - 0,5-3 ml/min - 3-30 l/min.
 - elektronické ventily (digit.)
 - proporcionální dělič (mech./el.)
 - Průtok / % O₂
- Prevence podání hypoxické směsi – smyslová, mechanická, elektronická
- Obkročný ventil (bypass)
 - 40 - 70 l/min



Anesteziologický přístroj

- Odpařovače (dnes jen kvantitativní)
 - **termostabilní**
 - stálá teplota anest.
 - **termokompenzované**
 - úprava nastavení



Odpařovače

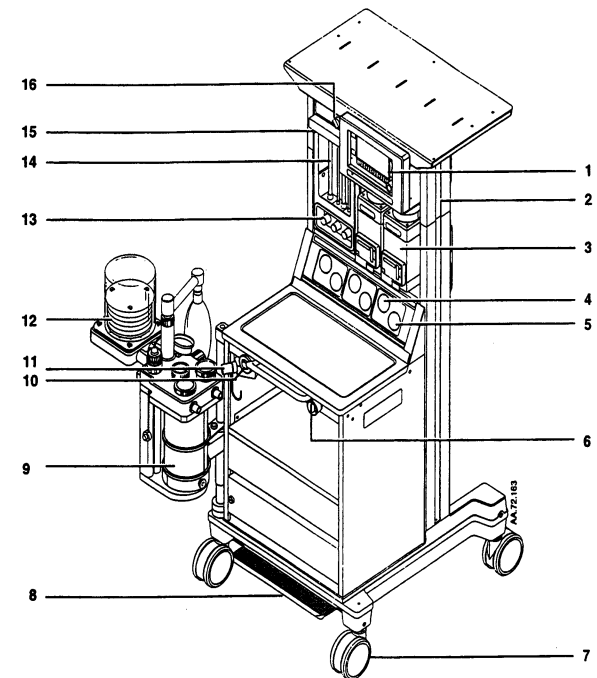
- **Bezpečnost**

- Vyloučení záměny náplně (barva, „*key-filling*“)
- Zábрана přeplnění odpařovače
- Stabilita (riziko převržení!)
- VŽDY stejné **ovládání**
 - pohled shora: ↑ **proti**, ↓ **ve směru** hodinových ručiček
- V chodu vždy jen 1 odpařovač! („*interlock*“)
- Kontrola a recalibrace!



Dýchací systém

- **dýchací systém spojuje anest. přístroj s dýchacími cestami pacienta**
- Rozdělení dýchacích systémů →
- Hadice (moduly **22**; 15; 8,5 mm)
- Zásobní vak
- Ventily (jednocestný, pojistný přetlakový)
- Připojovací prvek (Y spojka, úhlová spojka)



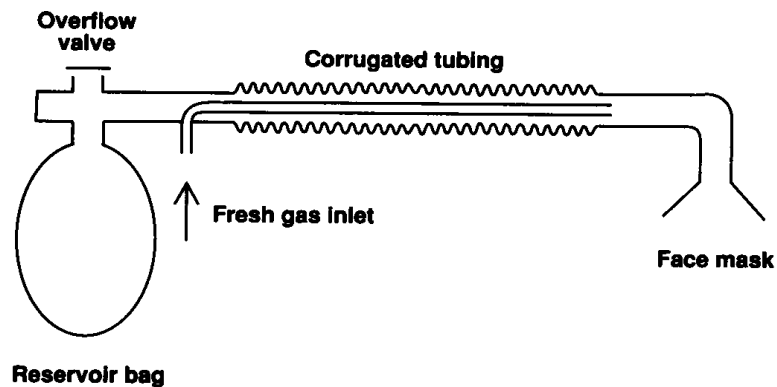
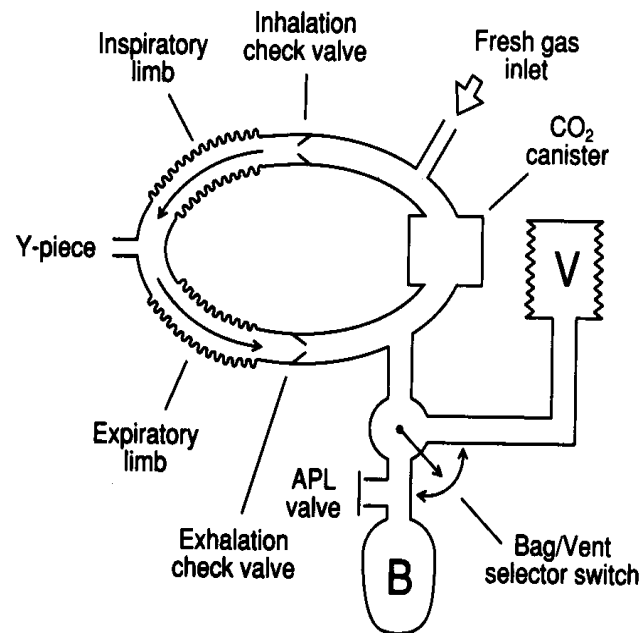
Dýchací systémy

| system | vak | zpětné vdechování |
|--------------------|-------------|-------------------|
| otevřený | není | není |
| polootvřený | je | není |
| polozavřený | je | částečné |
| zavřený | je | úplné |

klasifikace podle Moyerse

Dýchací systémy

- jednocestné x okruh
- zpětné vdechování:
 - není
 - částečné
 - úplné
- Pohlčovač CO₂
 - je
 - není



klasifikace podle Pokorného

Dýchací systémy

- jednocestné x okruh
- zpětné vdechování:
 - není
 - částečné
 - úplné
- pohlcovač CO₂
 - Je
 - není

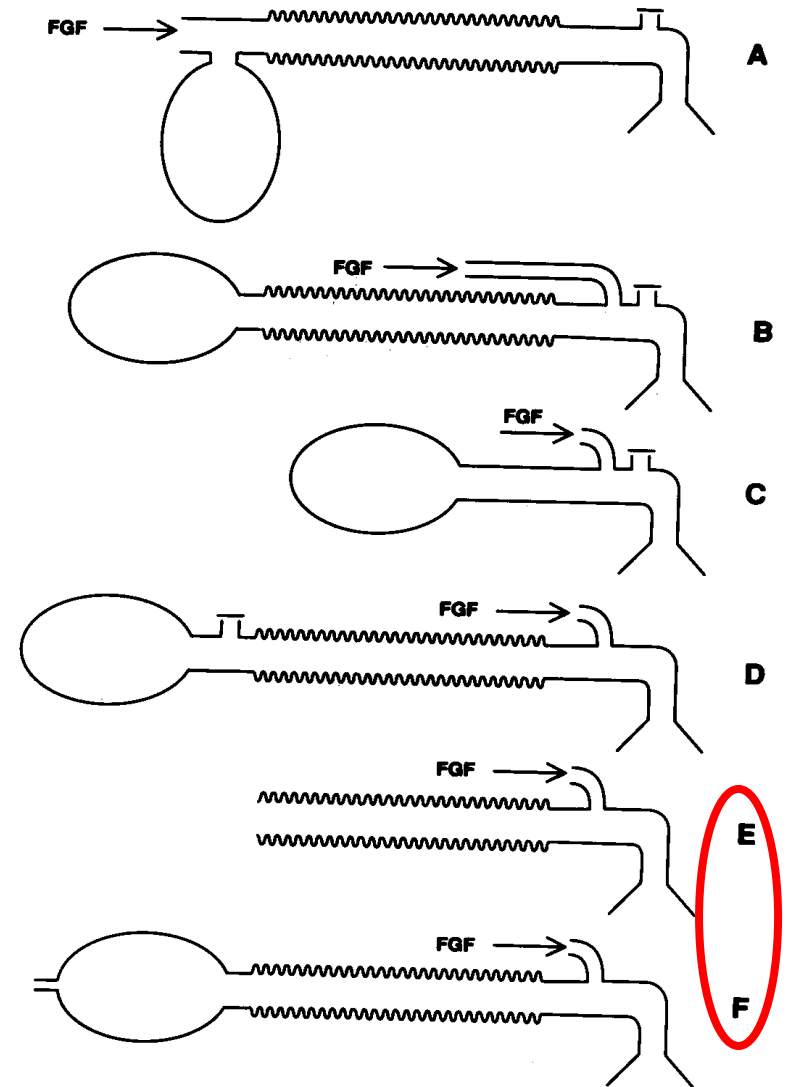


Figure 25-25. (A–F) Mapleson Breathing Systems. (Redrawn with permission from Willis BA, Pender JW, Mapleson WW: Rebreathing in a T-piece: Volunteer and theoretical studies of the Jackson-Rees modification of Ayre's T-piece during spontaneous respiration. Br J Anaesth 47:1239, 1975.)

klasifikace podle Pokorného

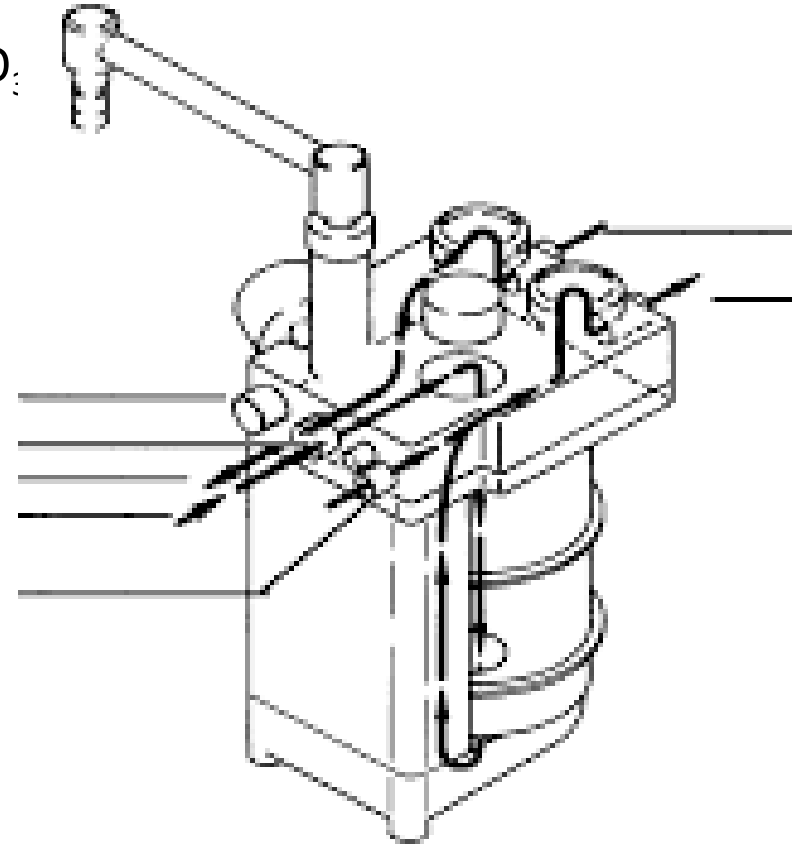
Anesteziologický přístroj

- pohlčovač CO₂
(Sodasorb: 94 % Ca(OH)₂, 5 % NaOH, 1 % KOH)
 - CO₂ + H₂O = H₂CO₃
 - 2 NaOH + H₂CO₃ = Na₂CO₃ + H₂O
 - Ca(OH)₂ + Na₂CO₃ = 2 NaOH + CaCO₃

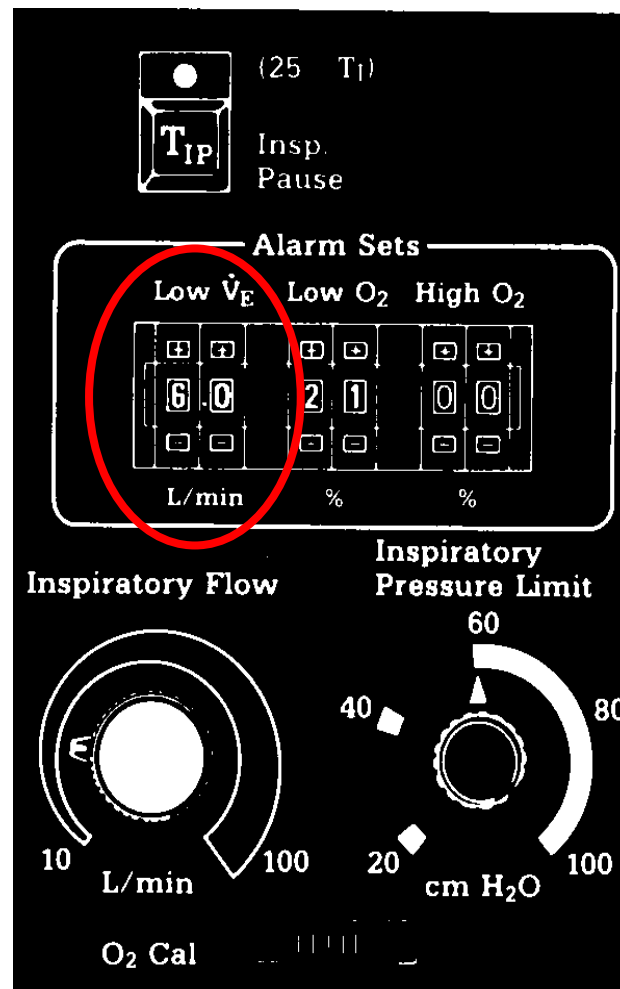
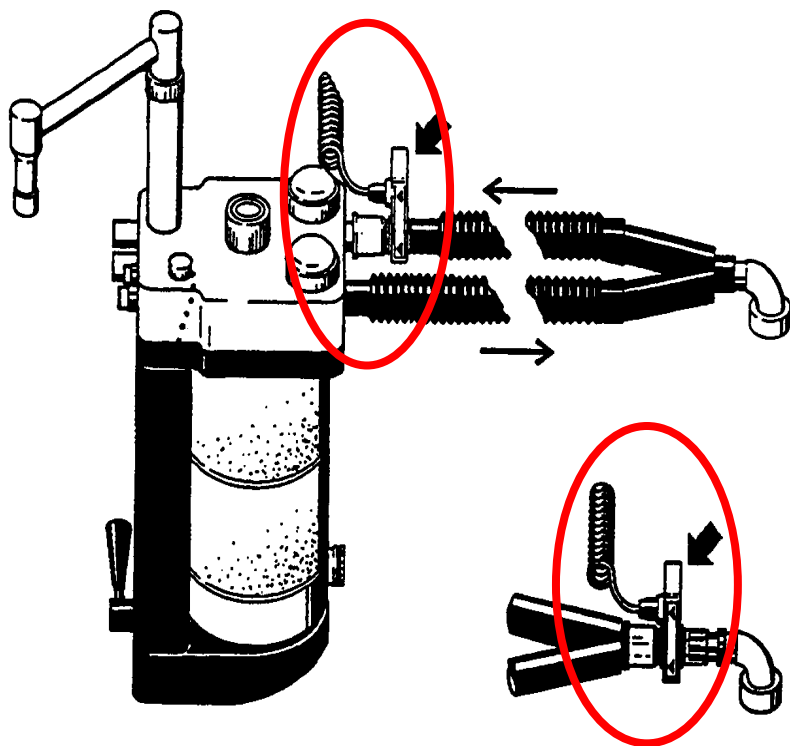
max. kapacita:
26 l CO₂ / 100 g absorbentu

Požadavky praxe:

Velký objem absorbentu
Svislý proud plynů
Barevný indikátor stavu náplně
Granulát

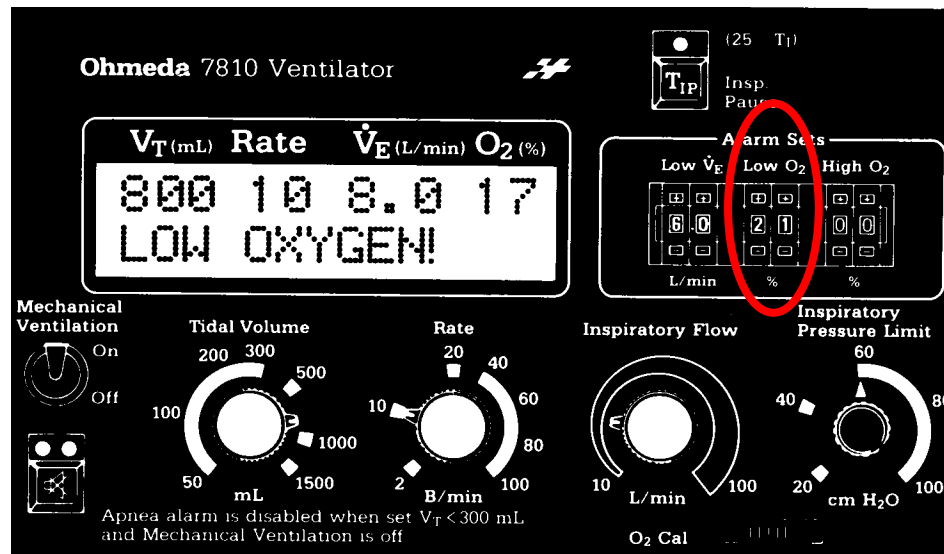
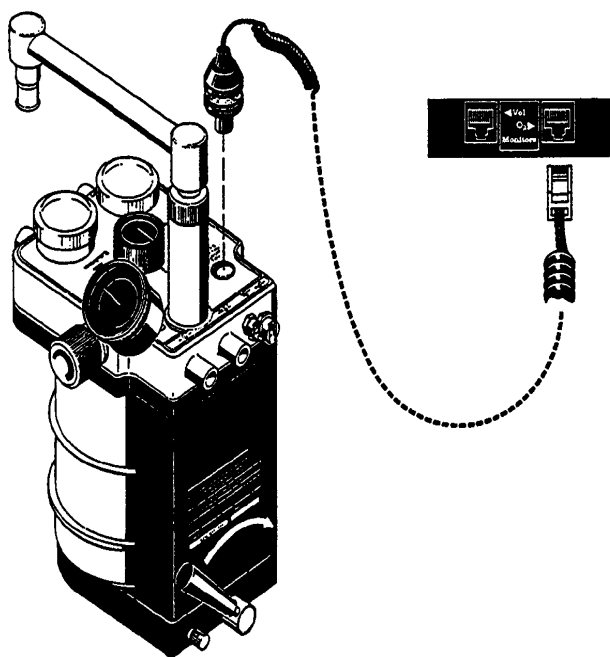


Rozpojení okruhu



Sledování – pokles průtoku (či tlaku) plynů

FiO₂ ve vdechované směsi



galvanický článek

+ rozpojení dýchacího okruhu při UPV

Analyzátor plynů

- koncentrace O_2 , N_2O , CO_2 , inhal. anestetik ve vdechované a vydechované směsi
- O_2 – paramagneticky
- ostatní – absorpce infračerveného světla

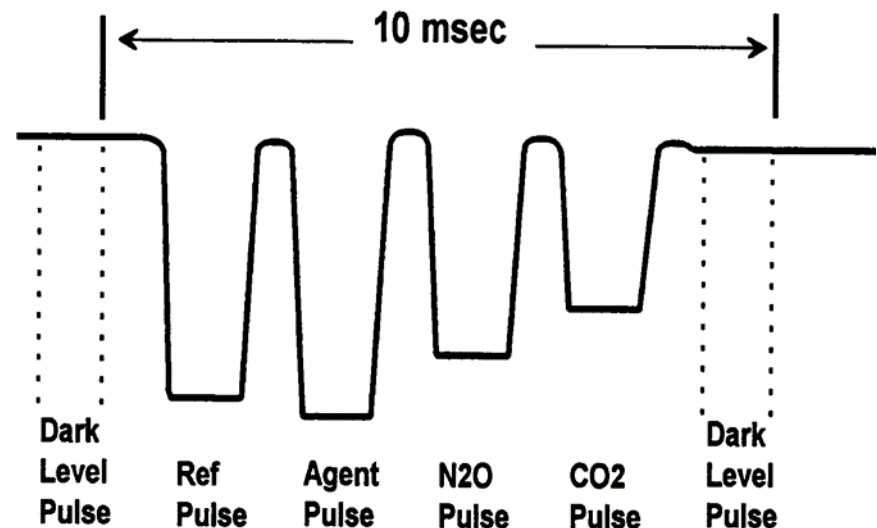
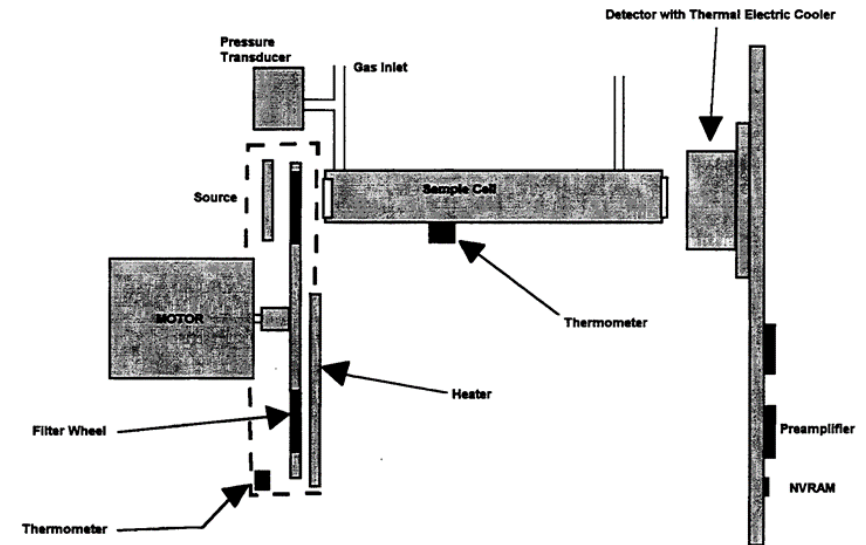
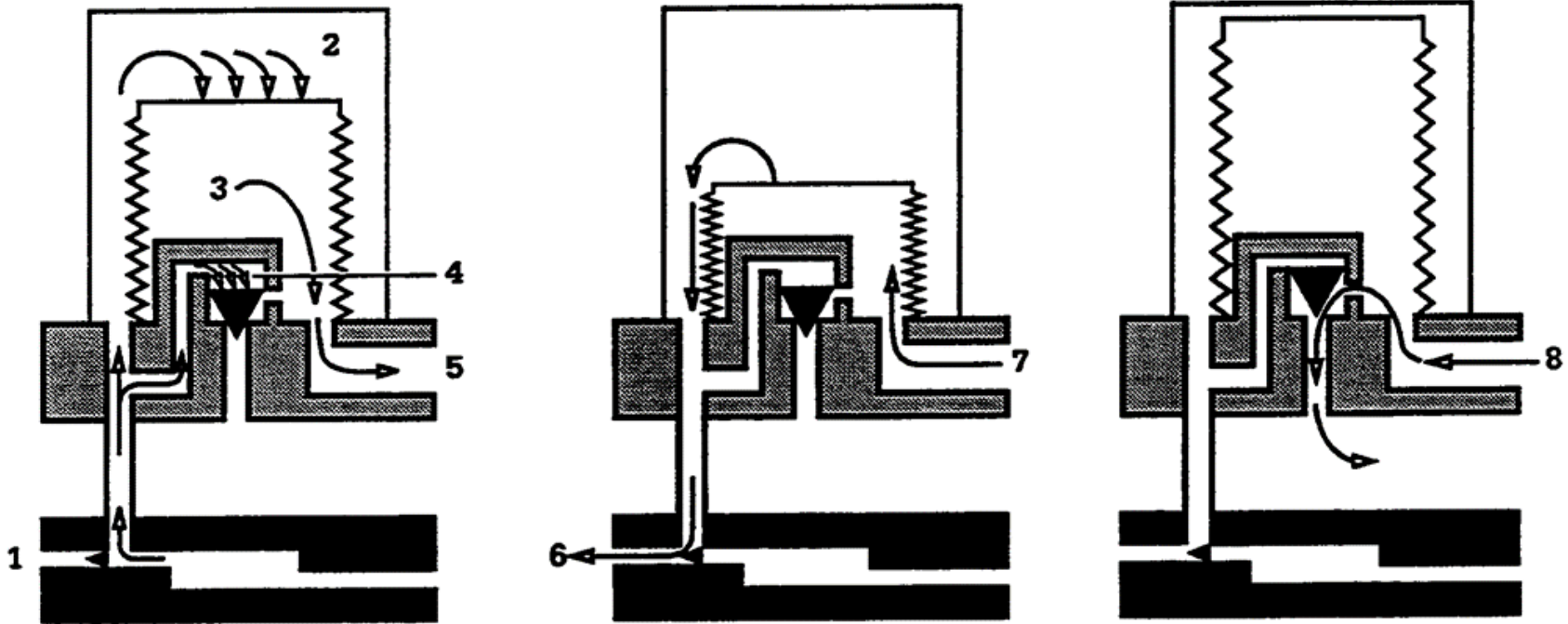


Figure 1-3. IR Detector Output Signal

Anesteziologický přístroj

- dýchací vak a ventilátor

Ventilátor: vak ve válci



Sledování a monitorování

- monere (lat.) = připomenout, upozornit
- monitorování - proces, jímž lékař u pacientů včas rozeznává a hodnotí možné fyziologické problémy
- sledování – klinické
(smyslové, fyzikální metody)
- **monitorování** – užití přístrojů, porovnání zjištění s referenční hodnotou, příp. alarm

Sledování a monitorování

1. Buď bdělý a pozorný
2. Použij vhodné přístroje
3. Poznej jejich fungování
4. Vyhodnocuj informace ze všech monitorů
(klinické rozhodování)
5. Započni příslušnou léčbu podle indikace
(bezpečnost pacienta)

Harvardské minimální zásady monitorování pacienta během anestezie (1985)

- kontinuální **přítomnost anesteziologa**
- měření TK a P po 5 min
- kontinuální monitorování
 - EKG
 - ventilace a oběhu
 - FiO_2 ve vdechované směsi
 - rozpojení systému
- možnost měření teploty
- kontinuální pulzní oxymetrie a kapnometrie

Standardy ASA pro základní monitoraci během anesteziologické péče

1. přítomnost kvalifikovaného personálu
2. při anestezii nepřetržitě sledovat oxygenaci, ventilace, oběh a teplotu pacienta
 - FiO_2 ve vdechované směsi, pulzní oxymetrie
 - kapnometrie, rozpojení okruhu
 - EKG, TK max. po 5 min, puls, poslech, křivka
 - Teplota (platí od 1.7.1999)

Doporučené postupy a stanoviska ČSARIM (www.csarim.cz)

2. MONITORACE BĚHEM ANESTEZOLOGICKÉ PÉČE

2.1. Minimální monitorování v průběhu anestézie/monitorované anesteziologické péče

- **Klinické sledování** fyziologických funkcí
- **Pulzní oximetrie**
- **Srdeční frekvence**
- **Krevní tlak**
- **EKG**
- **Kapnometrie** – monitorování koncentrace oxidu uhličitého na konci výdechu (ETCO₂) se provádí vždy u výkonů spojených s insuflací CO₂ do tělních dutin, u nitrolebních výkonů a u všech výkonů, kde po úvodním zajištění dýchacích cest není možný trvalý volný přístup k dýchacím cestám.

Rozšíření rozsahu sledovaných ukazatelů nad rámec tzv. minimálního monitorování ordinuje lékař...

...s ohledem na **zdravotní stav pacienta, povahu výkonu a použitou anesteziologickou techniku.**

Doplnění 2017

- **hloubka nervosvalové blokády (NSB) u všech výkonů s použitím nedepolarizujících svalových relaxancií**

Poznámka:

Neexistuje žádné klinické vyšetření, které spolehlivě posoudí aktuální míru zotavení z NSB.

*K monitoraci hloubky nervosvalové blokády **doporučujeme** použití některé z přístrojových objektivních kvantitativních metod (např. akcelerometrické hodnocení TOF nebo PTC).*

*Požadavek monitorace NSB je **závazný při dostupnosti** potřebného přístrojového vybavení.*

*Výbor ČSARIM předpokládá **přechodné období** sloužící k zajištění potřebného přístrojového vybavení v trvání nejdéle tří let od zveřejnění Doporučeného postupu [23].*

Doplnění 2017

Pokud to přístrojové vybavení pracoviště **umožňuje**, doporučujeme v průběhu anestezie monitorování následujících ukazatelů:

- a) koncentrace inhalačního anestetika ve vydechované směsi plynů,
- b) hloubka anestezie přístrojovou metodou.

Poznámka: zvláště v případech použití totální intravenózní anestézie v kombinaci s použitím svalových relaxancií!

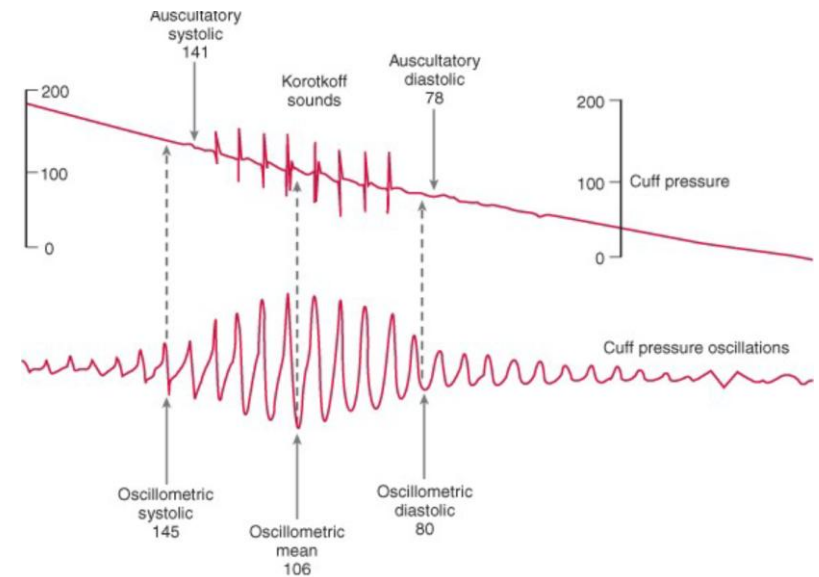
EKG

- Tepová frekvence
- Arytmie
 - Ischemie (změny úseku S-T
 - II. končetinový a $V_{4,5}$ svod

Neinvazivní krevní tlak

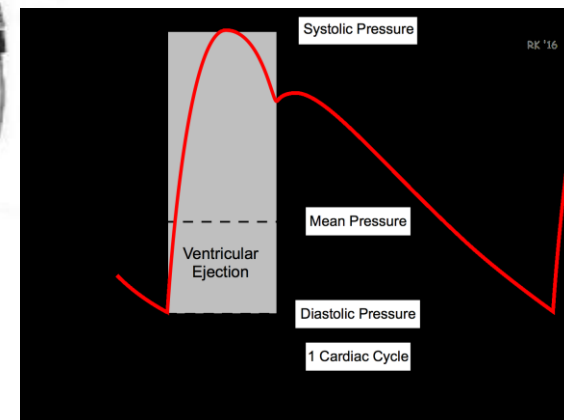
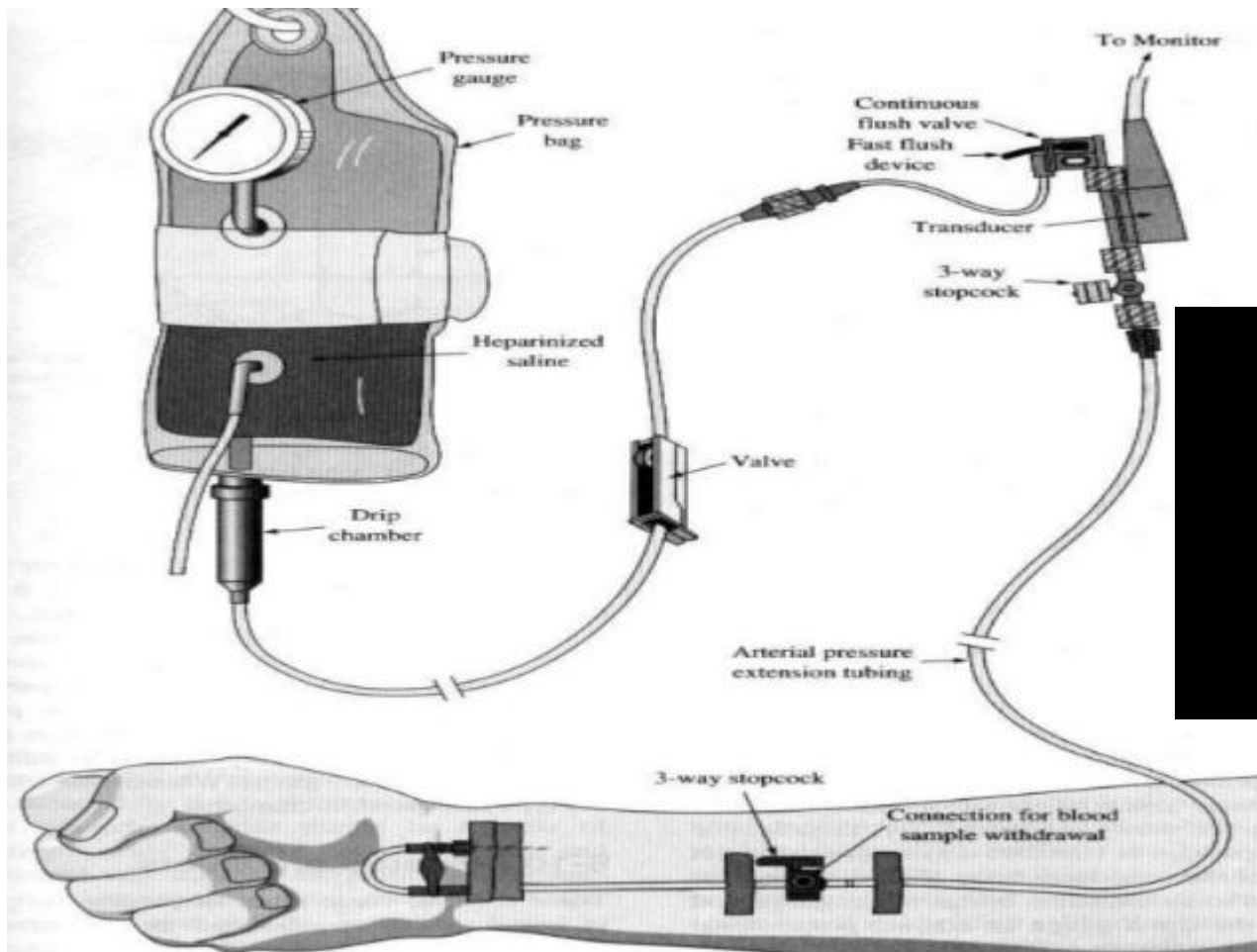
Metoda:

- auskultačně: Korotkov/Riva-Rocci
- **oscilometrie**: v. Recklinghausen
 - automatizované systémy

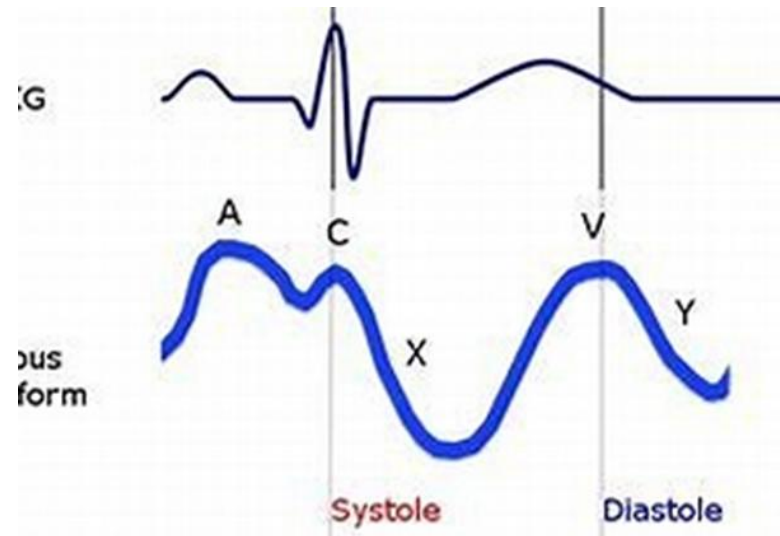


- manžeta vhodné šíře!
 - **Šířka** vnitřní gumové části manžety odpovídá 40 % obvodu paže, měřeného v polovině paže.
 - **Délka** vnitřní gumové části manžety by měla být 80 % až 100 % obvodu paže, měřeného ve středním bodě.
 - Příliš malá manžeta může zapříčinit naměření falešně zvýšených hodnot TK.
- nejdéle po 5 minutách

Přímé měření TK - arteriálního



Centrální žilní tlak

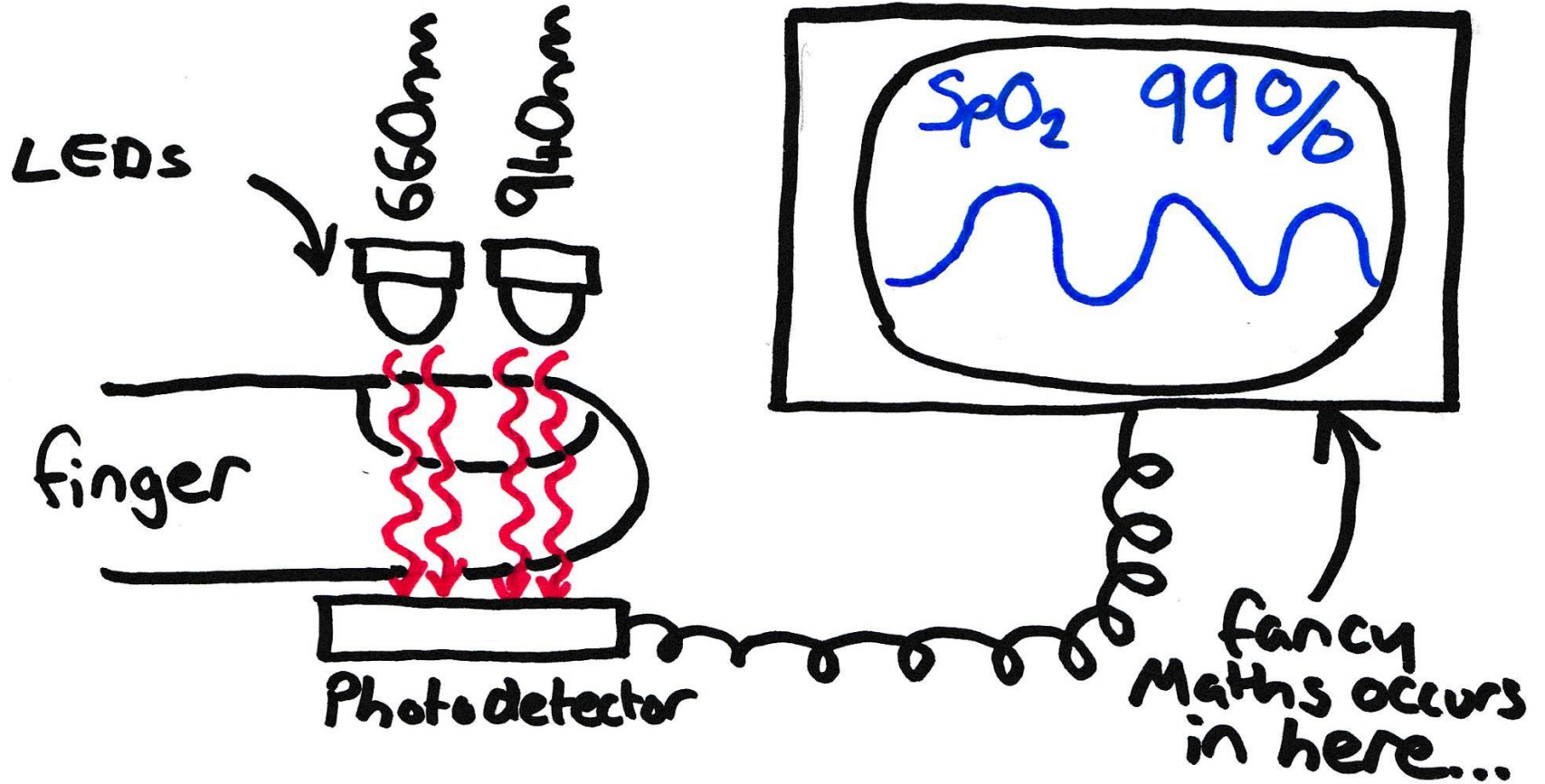


Pozn.: má vztah k náplni cévního řečiště a výkonnosti srdce jako pumpy

Úskalí měření intravaskulárních tlaků (Tk_{art} , CŽT, Tk_{apulm} , ...)

- Intravaskulární vstup – *místo ovlivňuje naměřené hodnoty*
- Čidlo (tlakový převaděč) v úrovni srdce
- Tuhost/nepoddajnost a přiměřená délka hadiček
- Udržení průchodnosti katetru
- Pozor na zavzdušnění (*bublinky*) !

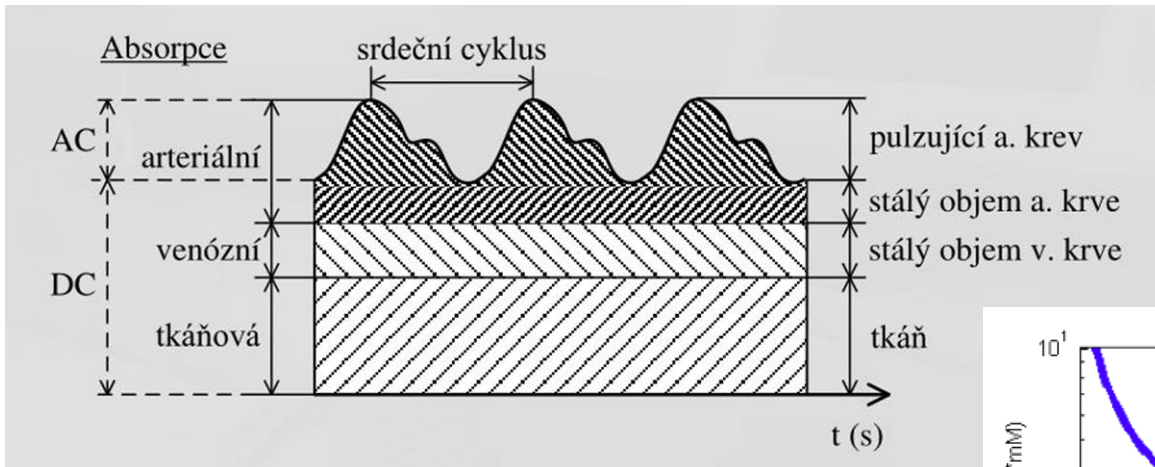
Základní princip pulzní oxymetrie



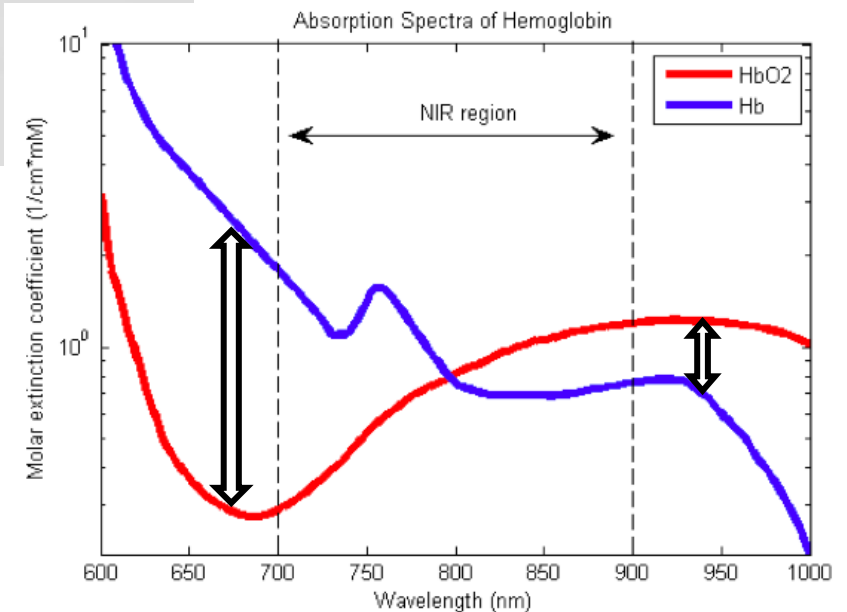
Pulzní oxymetrie

- Slouží k neinvazivnímu měření oxygenace krve. Založena na hodnocení **absorpce světla** o dvou různých vlnových délkách (**červeného světla a infračerveného světla**) po průchodu vrstvou kůže
- Redukovaný hemoglobin přednostně absorbuje červené světlo, oxygenovaný hemoglobin světlo infračervené. **Rozdíl mezi absorpcí červeného a infračerveného světla indikuje saturaci hemoglobinu.**
- Sonda a čidlo konstruované ve tvaru kolíčku na prádlo se obvykle nasazují na ušní lalůček, na prst, ret, nebo nos
- Lze zaznamenat opakovaná měření jako **křivku saturace** měnící se s každým světelným pulsem a periodickým přítokem okysličené krve
- Interpretace výsledků: normální $SaO_2 > 95 \%$
- Metoda **nemůže** poskytnout informaci o množství hemoglobinu, a tedy ani o **absolutním množství kyslíku v krvi**. Neodhalí **snížený obsah hemoglobinu** v krvi (např. anémii)

Pulzní oxymetrie

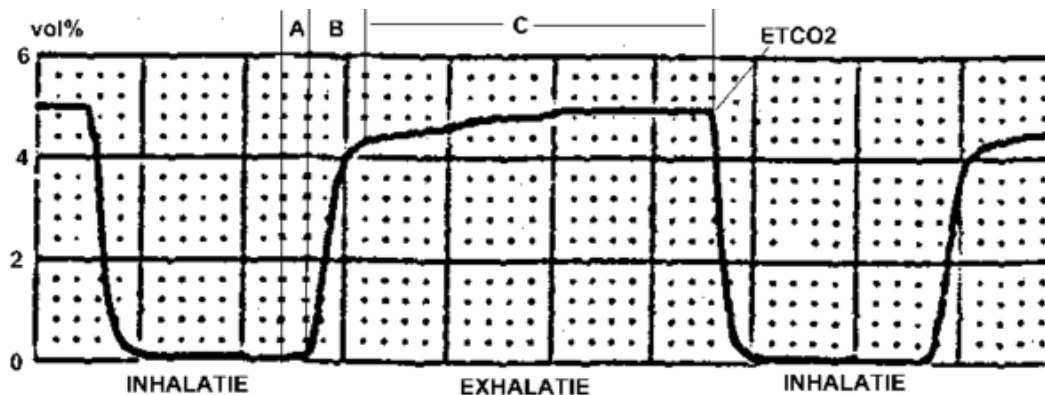


Měření absorpce světla o vlnové délce 660 a 940 nm

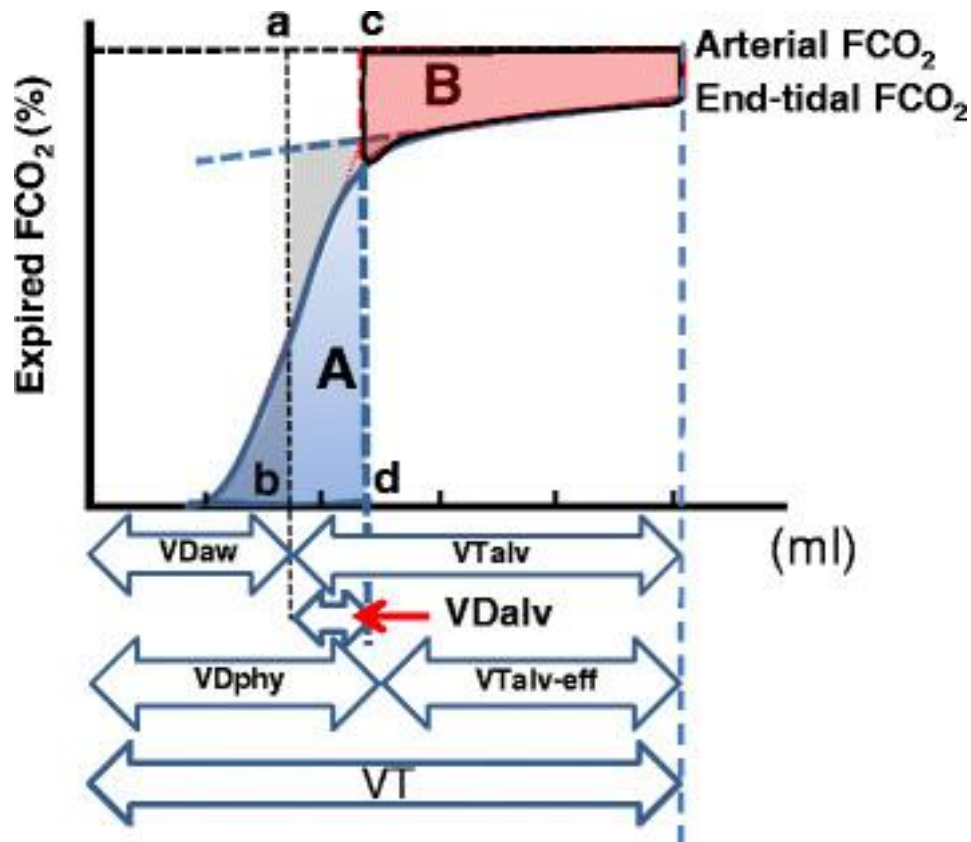


Kapnometrie/kapnografie

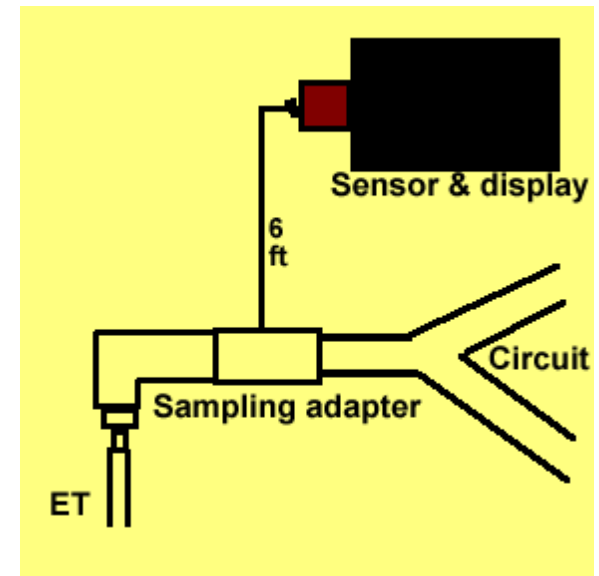
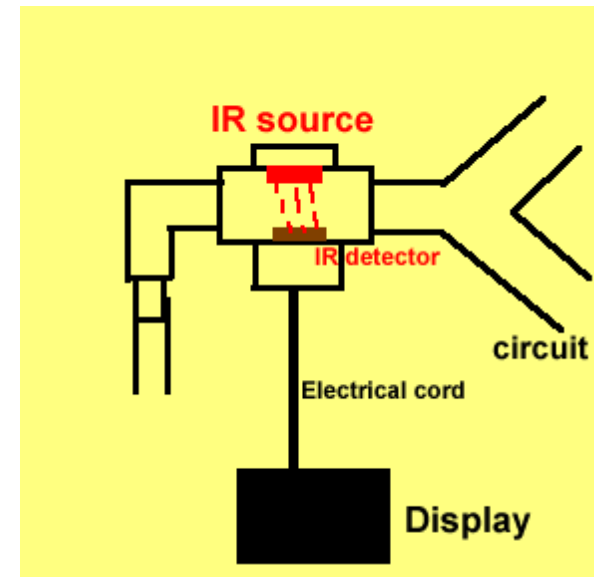
- Měření koncentrace CO_2 (**kapnometrie**) a grafické znázornění průběhu této hodnoty (**kapnografie**) ve vydechovaném vzduchu je založeno na měření absorpce infračerveného světla



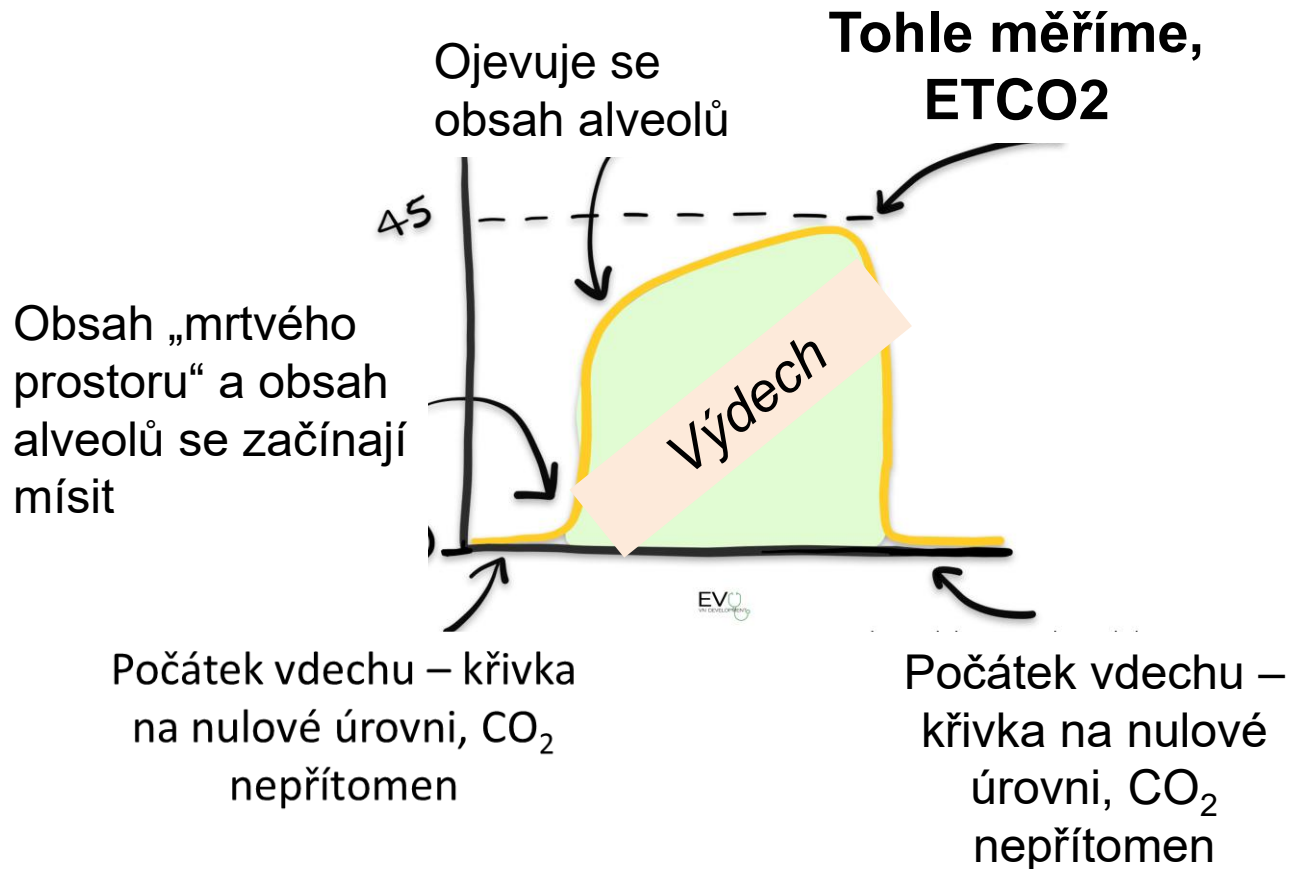
Kapnometrie



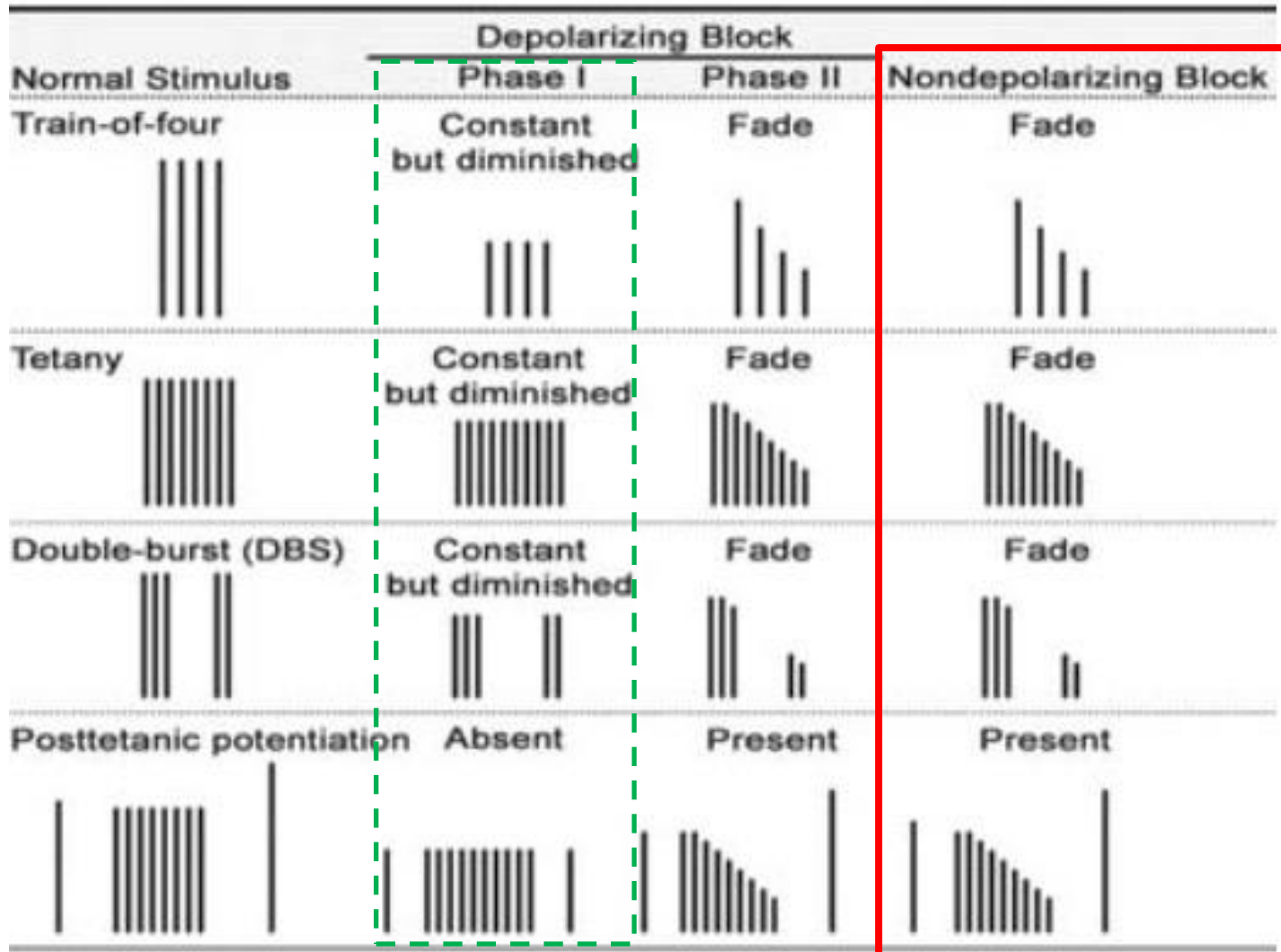
norma: 38-42 mm Hg; 4,5-5 obj.%



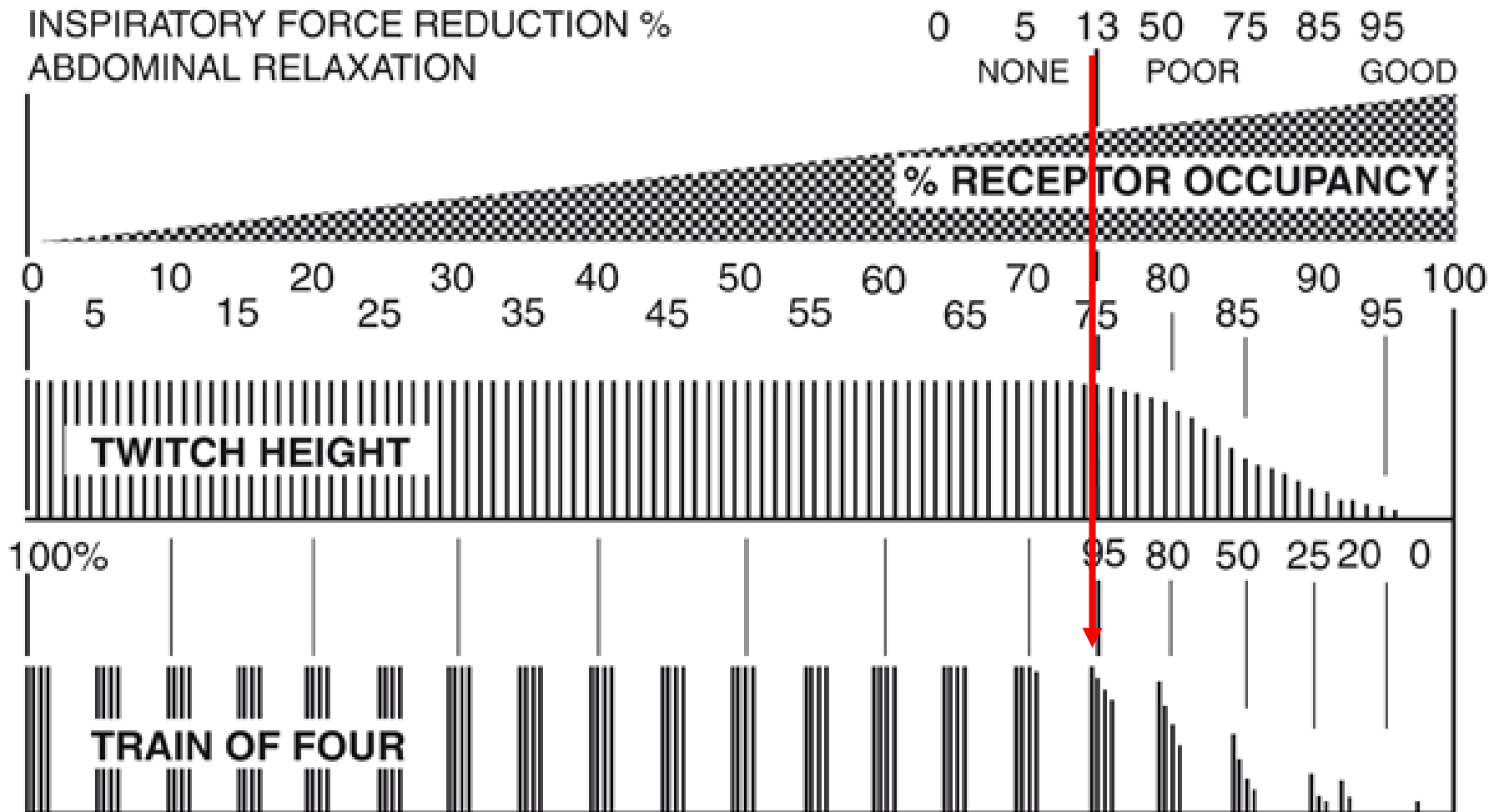
Kapnografická křivka



Elektrofysiologie NMB



Elektrofysiologie NMB



Co dále?

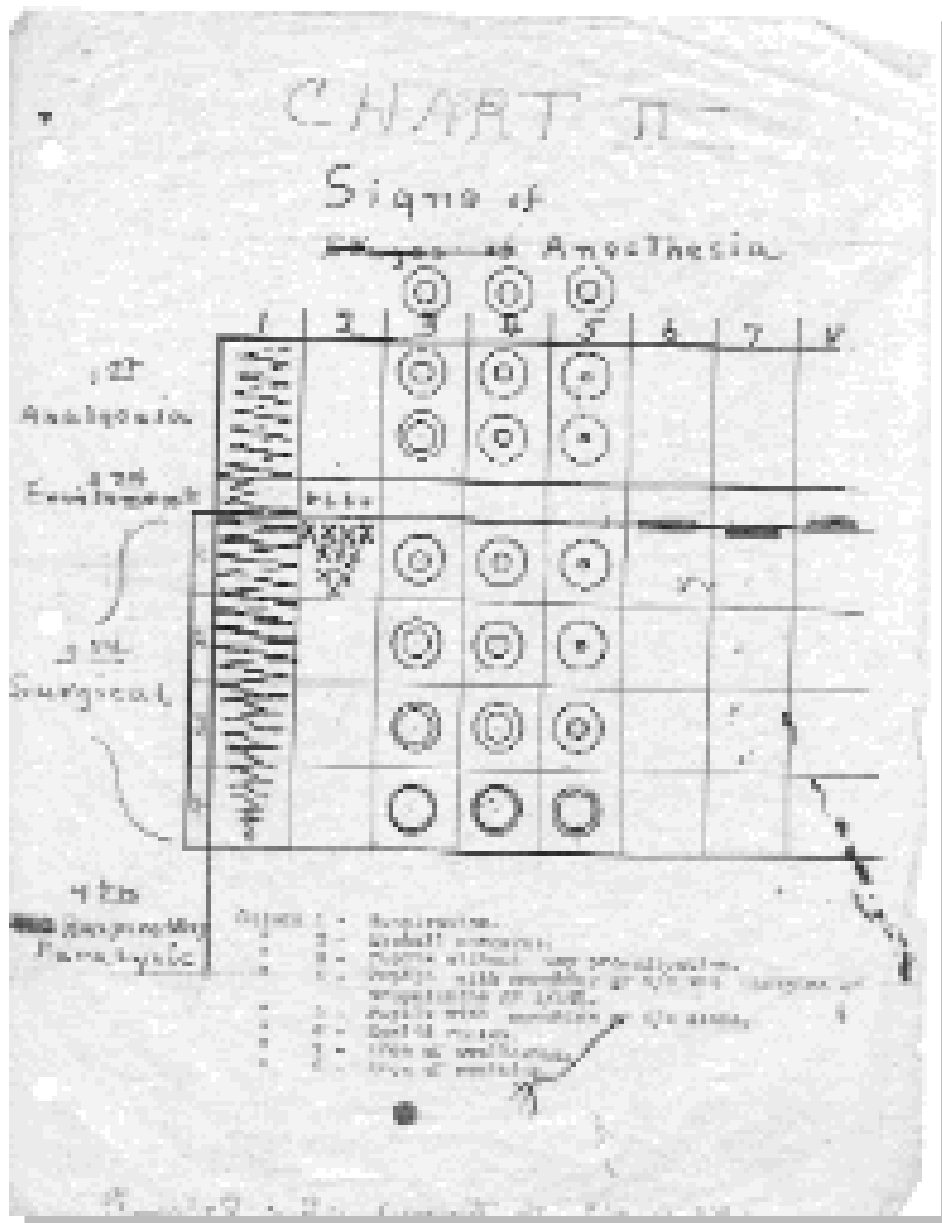
- Monitorování nervosvalové blokády



- Samotný impulz 0.1-0.15 Hz
- „Řetězec 4“ 2Hz (0.5s interval)
- Tetanus 50Hz - 100Hz
- DBS 50Hz (0.2 ms, 750ms interval) 2 sady 3 výbojů imponují jako 2 záškuby
- Post-tetanická stimulace 50Hz, 5 s, poté impuls o trvání 0.2 s

Co dále?

- Sledování hloubky znecitlivění
- Od Guedela k BIS ...
 - Cesta od sledování klinických známek hloubky znecitlivění k exaktnímu (?) měření



Arthur E. Guedel (1883-1956)

Jak sledovat hloubku znecitlivění?

- KLINICKY ?!
 - Pohyb, grimasování, ~ dechové frekvence
 - Vegetativní známky
 - Hypertense
 - Tachykardie
 - Lacrimace
 - Pocení

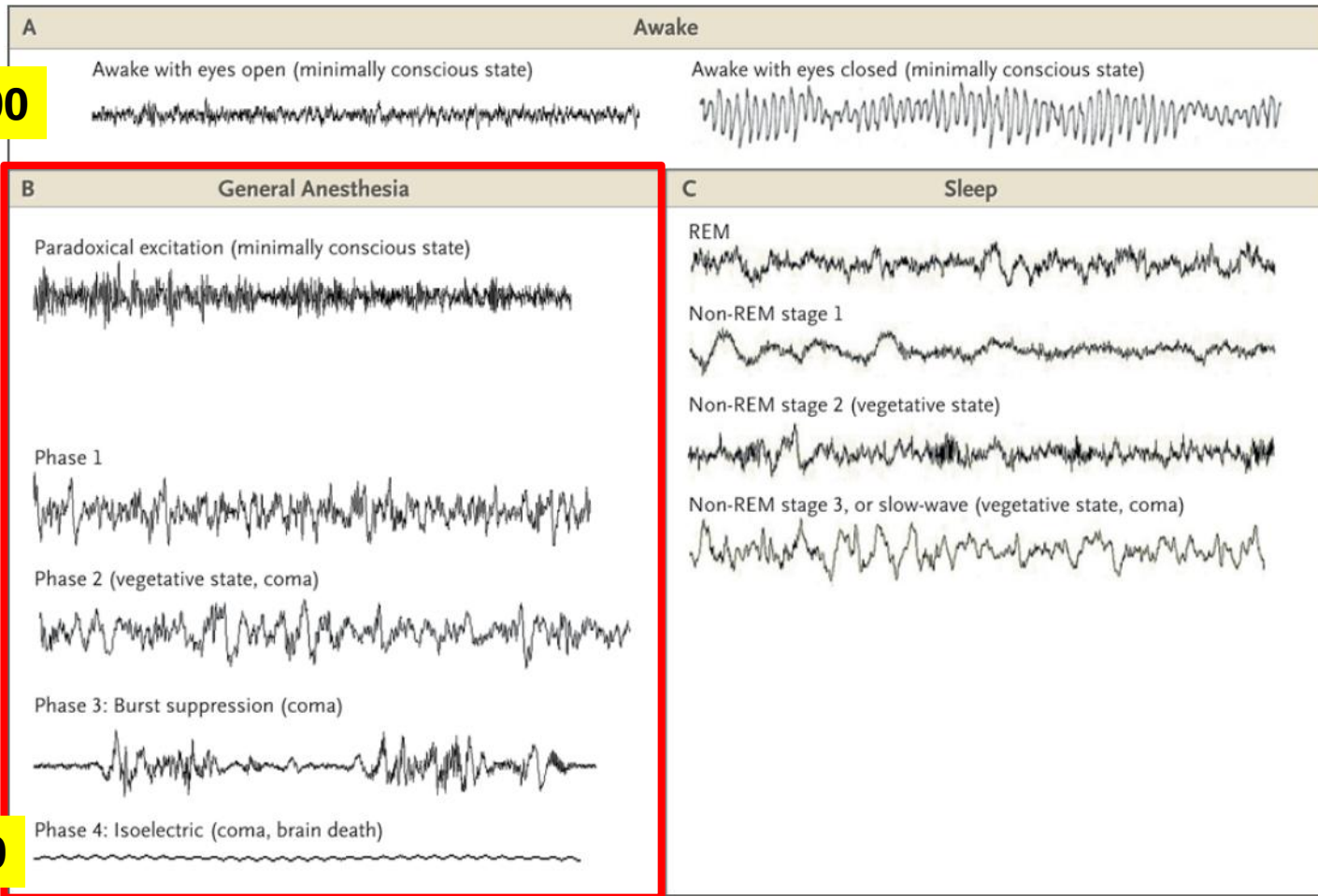
Jak sledovat hloubku znecitlivění?

- ZPRACOVANÝ EEG SIGNÁL
 - Zpracováván pomocí specifického algoritmu
 - Bezrozměný index
 - Rozsah od 0 (isoel. linie) do 100 (normální korová elektrická aktivita)
 - Např. pro BIS 40-60



progressive increase in low-frequency, high-amplitude activity as the level of general anesthesia deepens^{3,4}

BIS 100



BIS 0

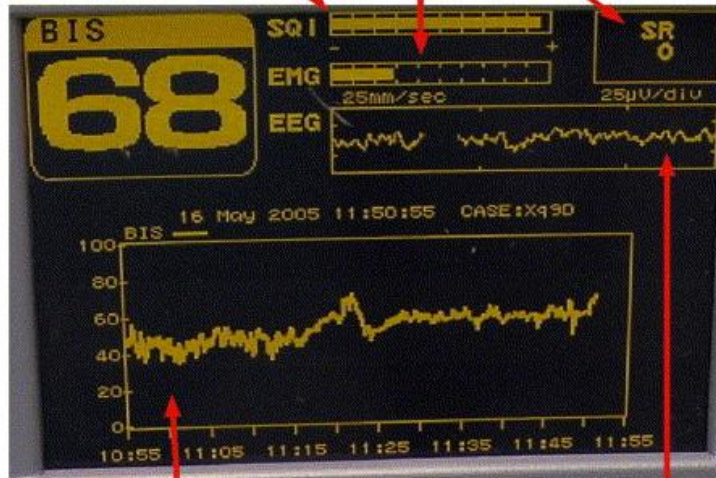
Bispektrální index - BIS



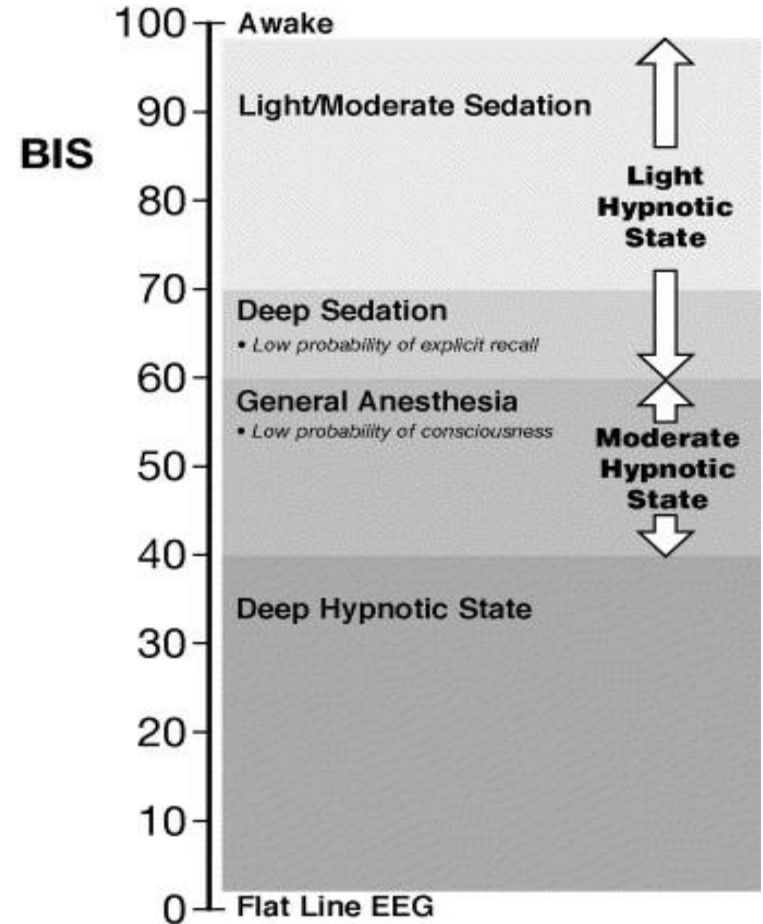
Frontalis Electromyograph

Signal Quality Index

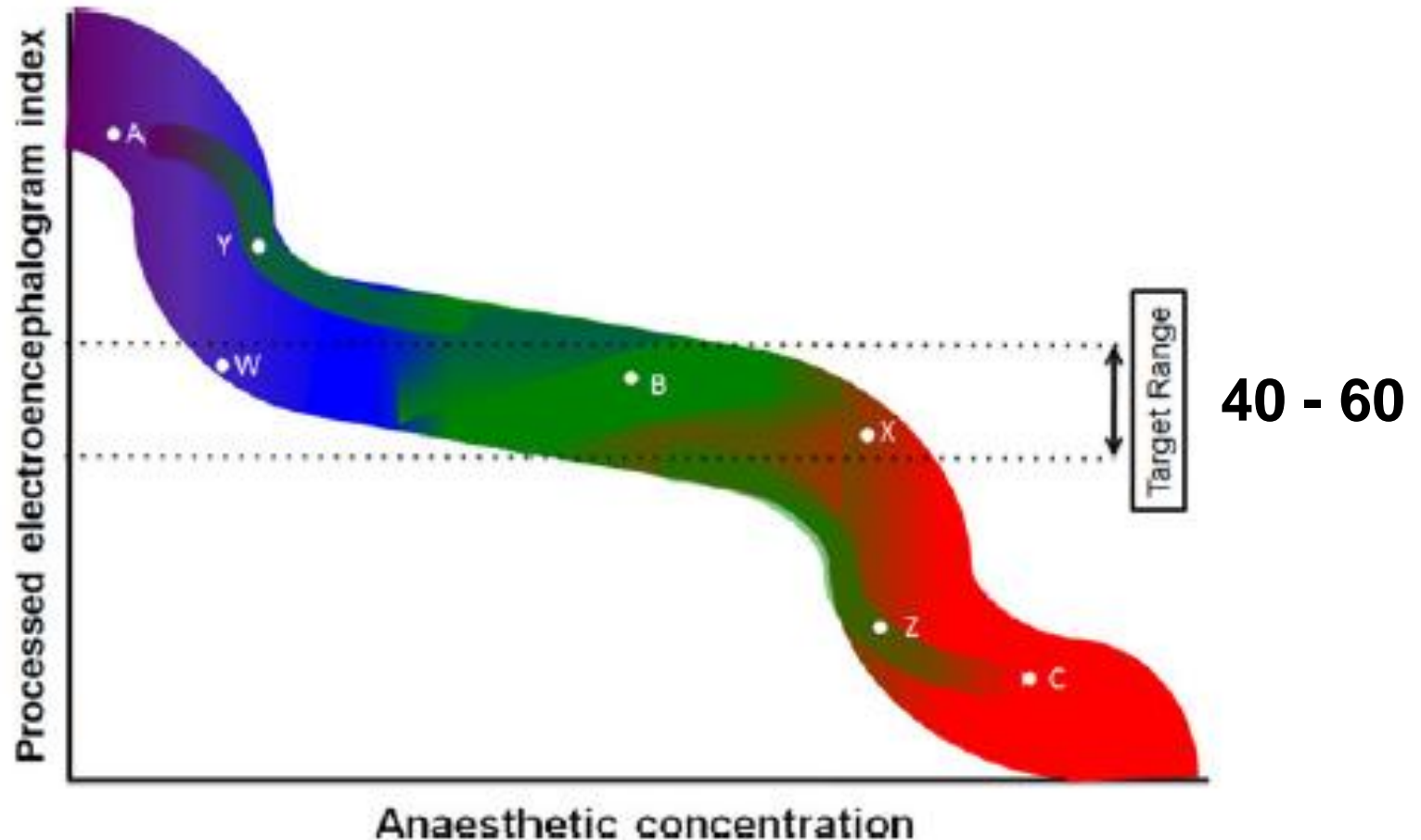
Suppression Ratio



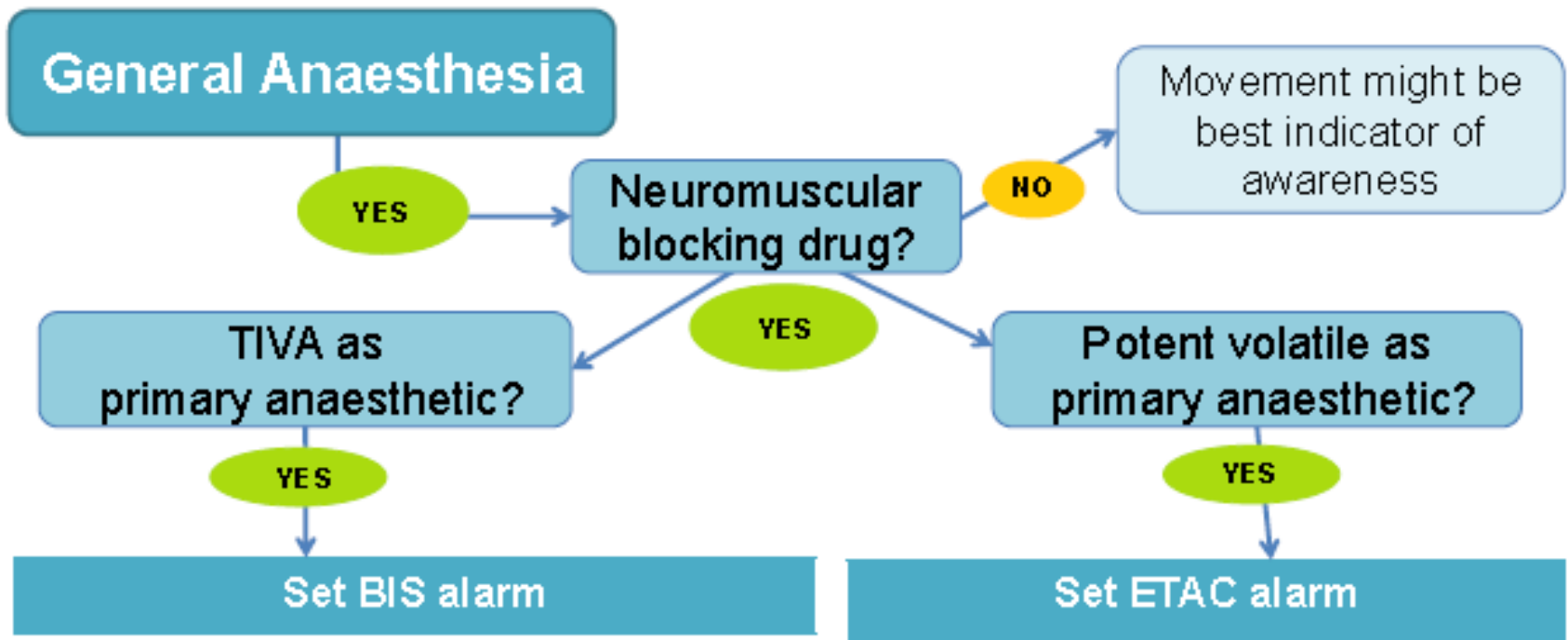
One Hour Trend Window Raw EEG Window (20 s)



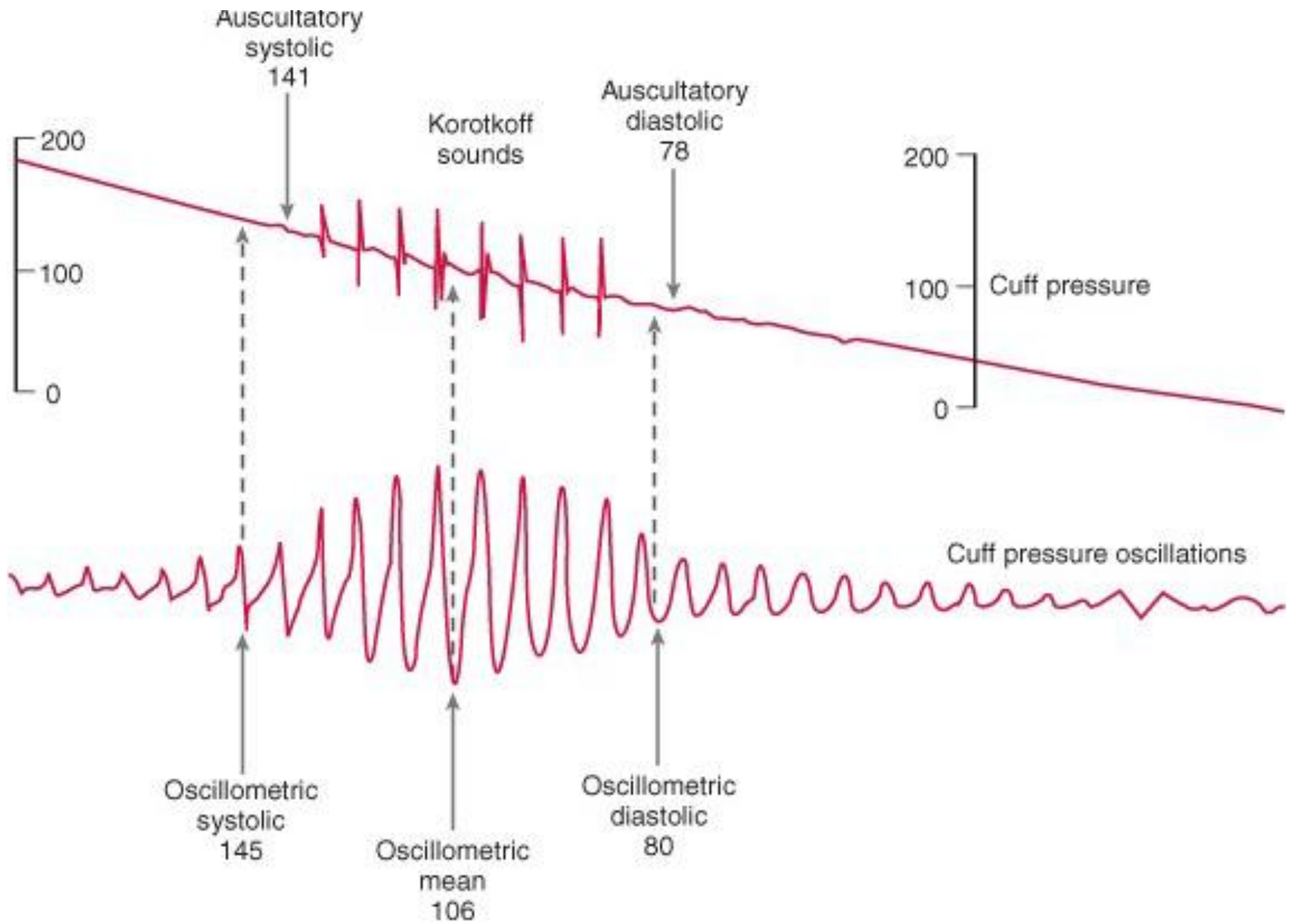
Vedení anestézie podle zpracovaného EEG: dávkování anestetika, indexovaná hodnota a klinický stav nemusejí nutně souhlasit – **nelineární závislost**



Rozhodování o užití zpracovaného EEG signálu při snaze vyhnout se návratu vědomí:
Budou užita NMBA? **Pokud ano, BIS výhodnější při TIVA.** Při užití inhalačních anestetik monitorace ET_{AC} .



Děkuji za pozornost



Anesteziologický přístroj

- zdroj plynů
- dávkovací zařízení
- odpařovače
- dýchací systém
- pohlcovač CO₂
- dýchací vak a ventilátor
- odsávačka

