

Od BIS indexu k interpretaci EEG: cesta k personalizované anestezii

Michal Horáček

KARIM 2. LF UK a katedra AIM IPVZ

Praha



XXXII. kongres ČSARIM Brno
17. 9. 2026



Nemám konflikt zájmu



Monitorování EEG

- ✓ 397 (64 %) respondentů CAW 2025 používá alespoň někdy
- ✓ 25 (4 %) používá rutinně
- ✓ nejčastější indikace TIVA/TCI (74 %), poté senioři, riziko NCD
- ✓ sledované parametry:
 - index hloubky anestezie 96 %
 - burst suppression 27 % ☹️
 - DSA 12 % ☹️
- ✓ nevidí přínos 47 (13 %) ☹️



(% = relativní četnost z počtu odpovědí)



- **Proč jen indexy nestačí?**
- **Co EEG/DSA ukáže navíc?**
- **Jak podle toho změnit klinické rozhodování?**

**Mají dva různí pacienti s BIS 45
skutečně stejně hlubokou anestezii?**



**Mají dva různí pacienti s BIS 45
skutečně stejně hlubokou anestezii?**

NEVÍME!



Mají dva různí pacienti s BIS 45 skutečně stejně hlubokou anestezii?



Proč? Co je „hloubka“ anestezie?

- **Není to jedna veličina - pacient není ponorka!**
- Hloubka (přiměřenost) anestezie je pravděpodobnost různých reakcí na podněty.
 - amnezie
 - vědomé zpracování
 - nocicepční odpověď
 - imobilita
 - pohybem
 - změnou TK, SF, dechu
 - probouzením

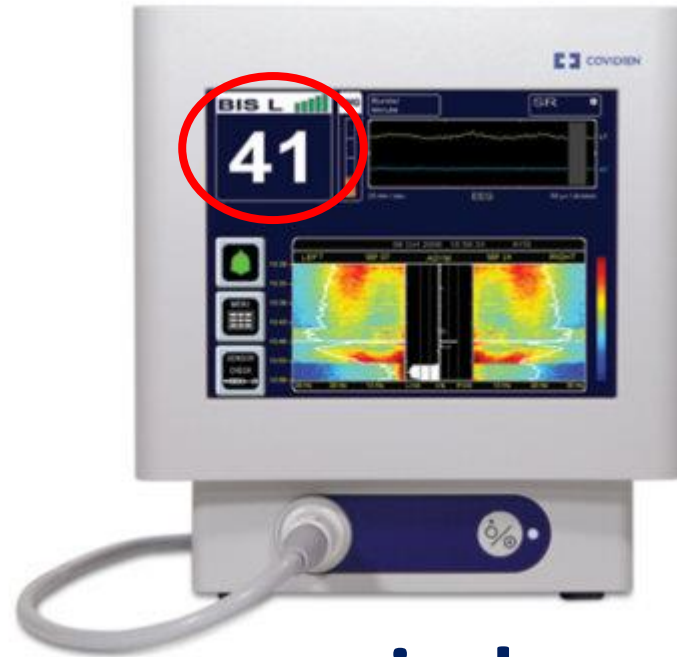
Více než 10 monitorů hloubky anestezie

- **Bispectral Index (BIS) Monitor** (Medtronic, USA): Relative Beta Ratio, Synch FastSlow, Burst Suppression 1994
- SNAPII Monitor (Stryker Inc, USA): high-frequency and low-frequency EEG activity 2002
- **Entropy Module** (GE Healthcare, USA): spectral entropy of the EEG 2004
- AEP Monitor/2 (Danmeter A/S, Dánsko): kombinace MLAEP a EEG 2005
- **SedLine Monitor** (Patient State Index) (Masimo, USA): relative activity in specific frequency bands, interhemispheric coherence information, anteroposterior frequency, and phase relationships 2006
- Narcotrend Monitor (MonitorTechnik, SRN): 15 different EEG patterns identified by a set of EEG parameters, including spectrum, entropy, and auto-regression 2006
- NeuroSENSE Monitor WAVCNS (Wavelet-based Anesthetic Value for Central Nervous System) (NeuroWave Systems Inc, ISA): wavelet coefficients 2006
- Cerebral State Monitor (Danmeter A/S, Dánsko): relative α a β powers, the difference between them, and burst suppression 2007
- IoC-View display of the index of consciousness (Morpheus Medical, Španělsko): symbolic dynamics combined with spectral ratios and EEG suppression rate 2008
- Composite Cortical State (Cortical Dynamics LTD, Austrálie): scaled mean pole location of the EEG 2010, 2016
- **qCON 2000 Monitor** (Quantium Medical, Španělsko, Fresenius-Kabi): a combination of frequency bands (adaptive neuro fuzzy inference systém ANFIS) 2014



Montupil J et al.: The raw and processed EEG as a monitoring and diagnostic tool.
J Cardiothor Vasc Anaesth 2019;33:S3-S10

Mají dva různí pacienti s indexem 45 skutečně stejně hlubokou anestezii?



≠



indexy hloubky anestezie:

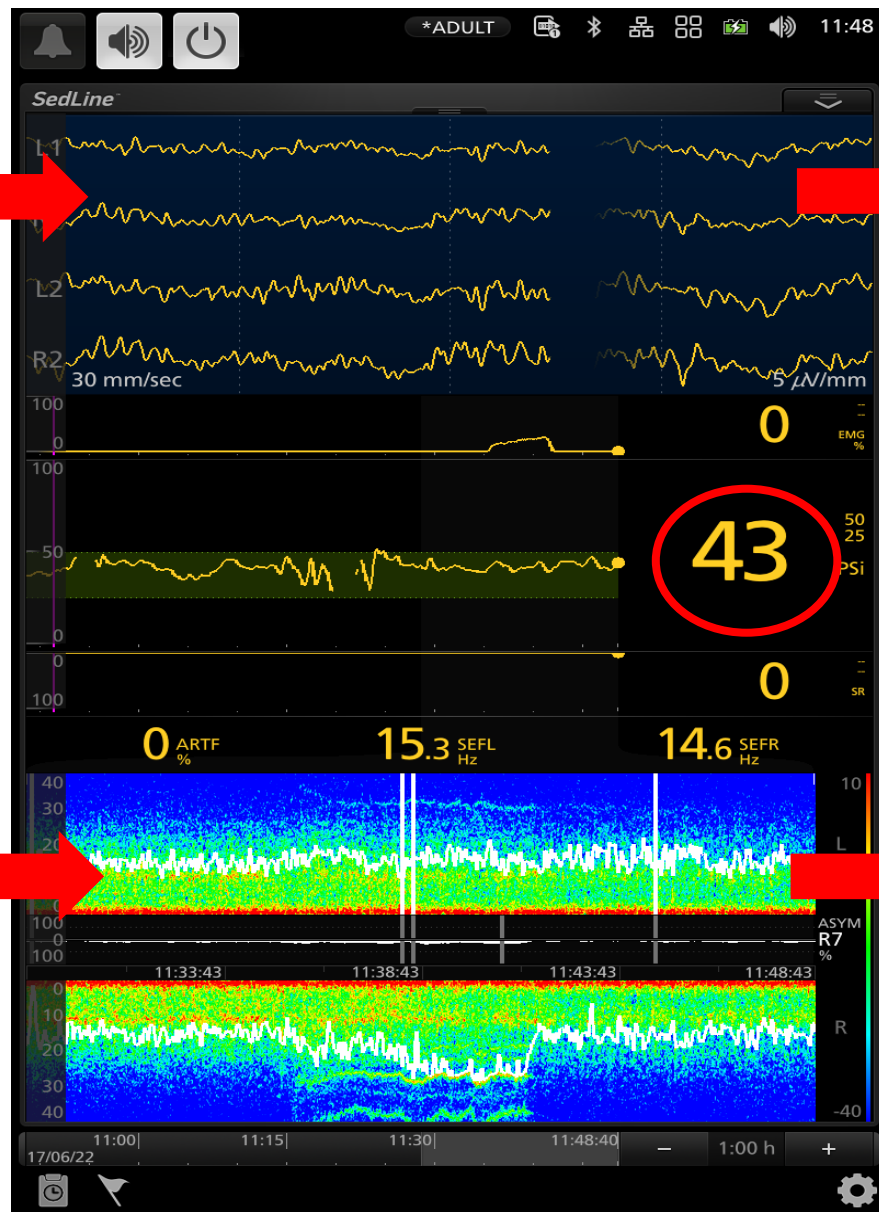
BIS: 40-60

medtronic.com

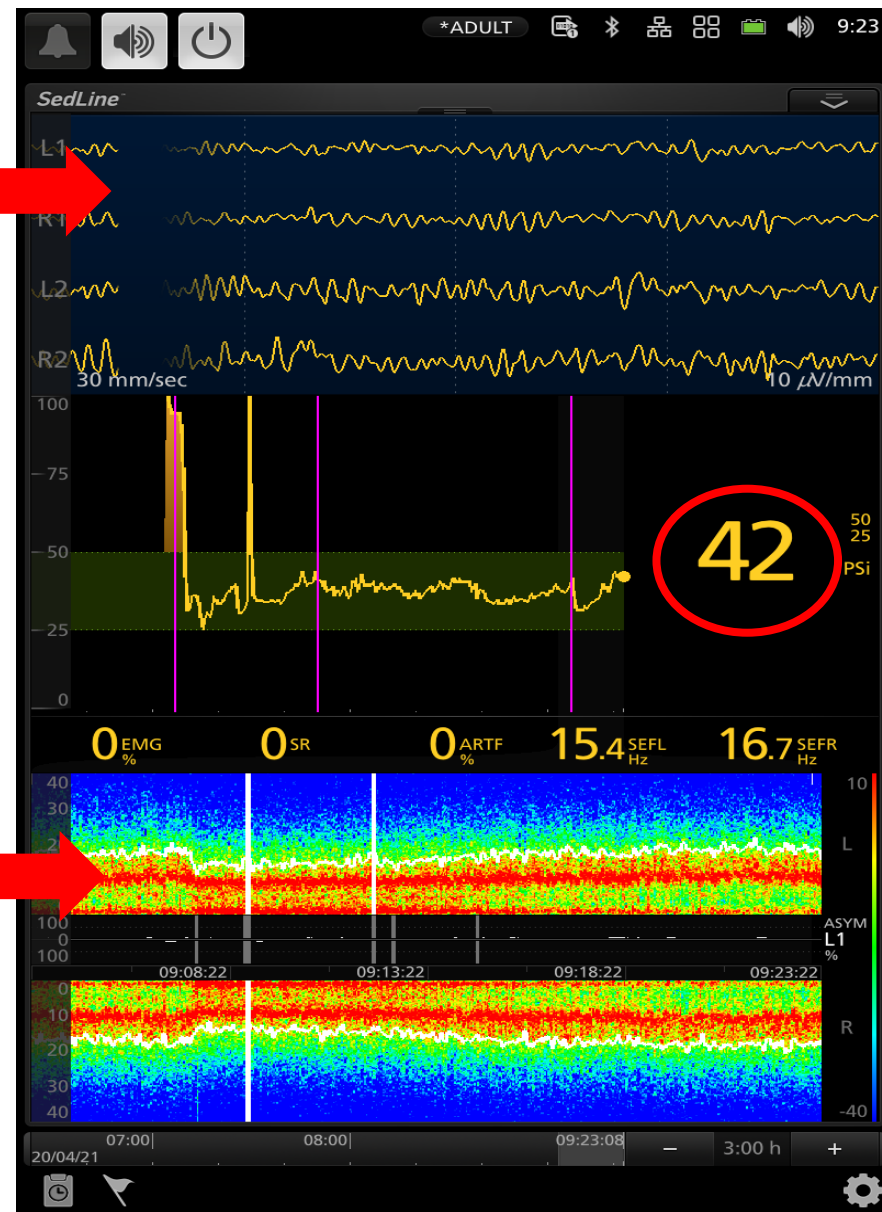
PSI: 25-50

masimo.com

Mají dva pacienti
s PSI 43
stejně hlubokou
anestezii?



68 let, žena, ASA 3, plastika AF
CA-OTI propofol, SFNT, sevo

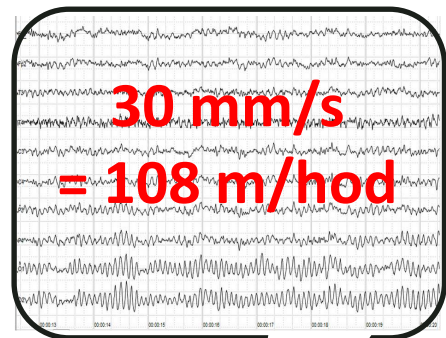


60 let, muž, ASA 3, FF crossover
CA-OTI propofol, SFNT, sevo

Mají dva různí pacienti s indexem 45 skutečně stejně hlubokou anestezii?

- ✓ index hloubky anestezie (BIS, RE+SE, PSI, qCON) je číslo nějak odvozené z EEG
- ✓ EEG je informace o aktuálním funkčním stavu mozku
- ✓ nejde jen o to, kolik anestetika pacient dostává, ale v jakém stavu se jeho mozek nachází
- ✓ tento jeho stav chceme řídit

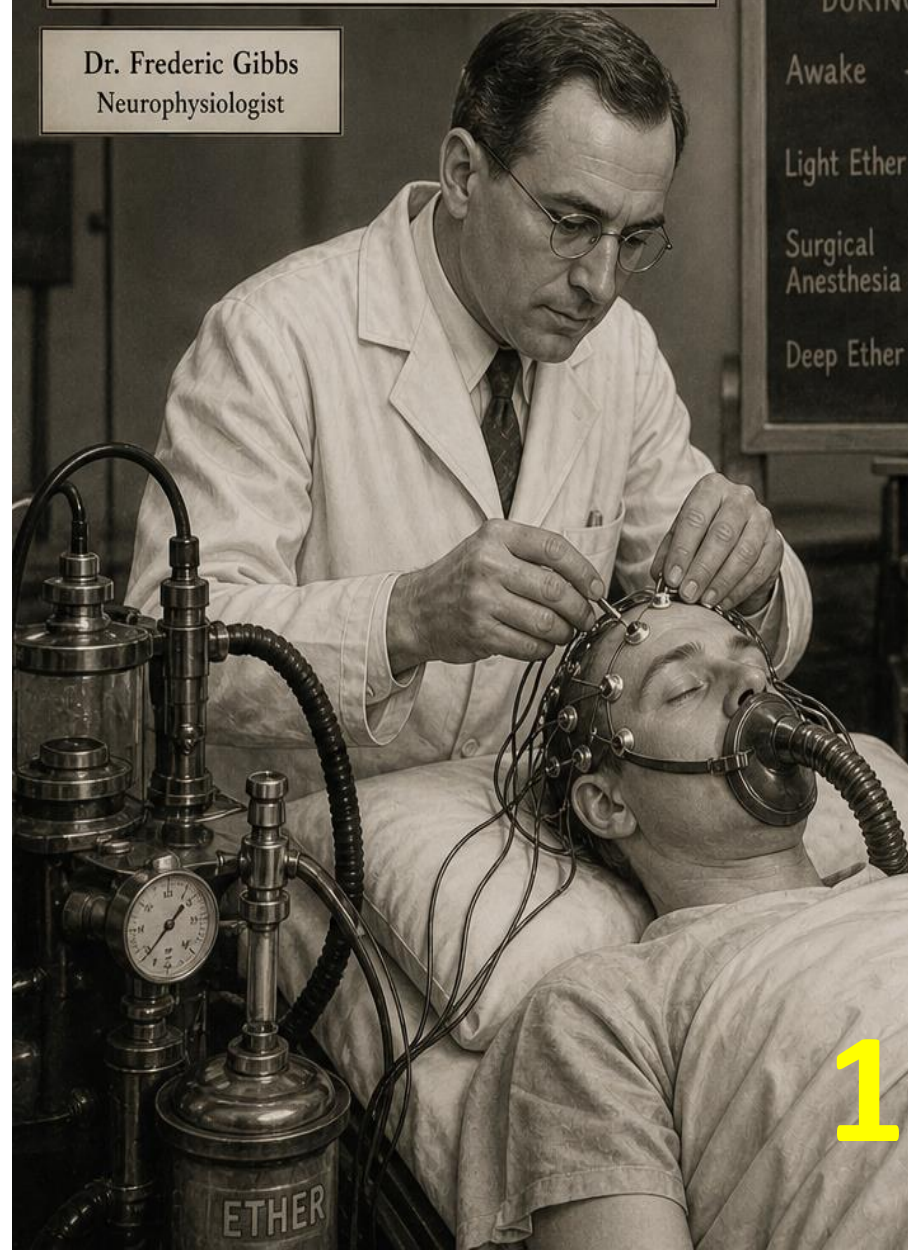




57 let
(do r. 1994)

GIBBS COUPLE PIONEERS OF EEG Monitoring the Anesthetized Brain 1930s

Dr. Frederic Gibbs
Neurophysiologist



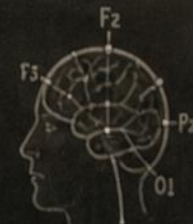
ELECTROENCEPHALOGRAM DURING ETHER ANESTHESIA

Awake

Light Ether

Surgical Anesthesia

Deep Ether



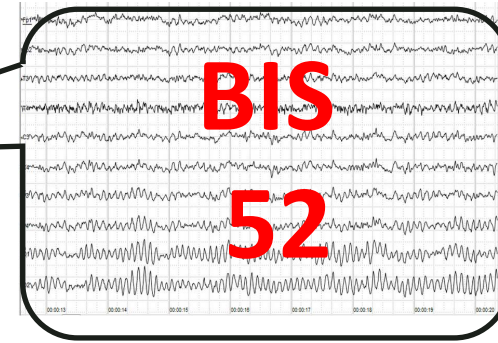
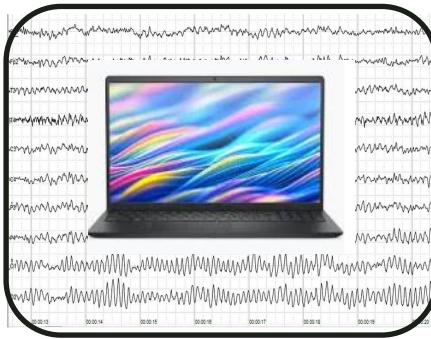
Dr. Erna Gibbs
Neurophysiologist



1937

Indexy hloubky anestezie byly důležité!

1994



rozmezí
40-60

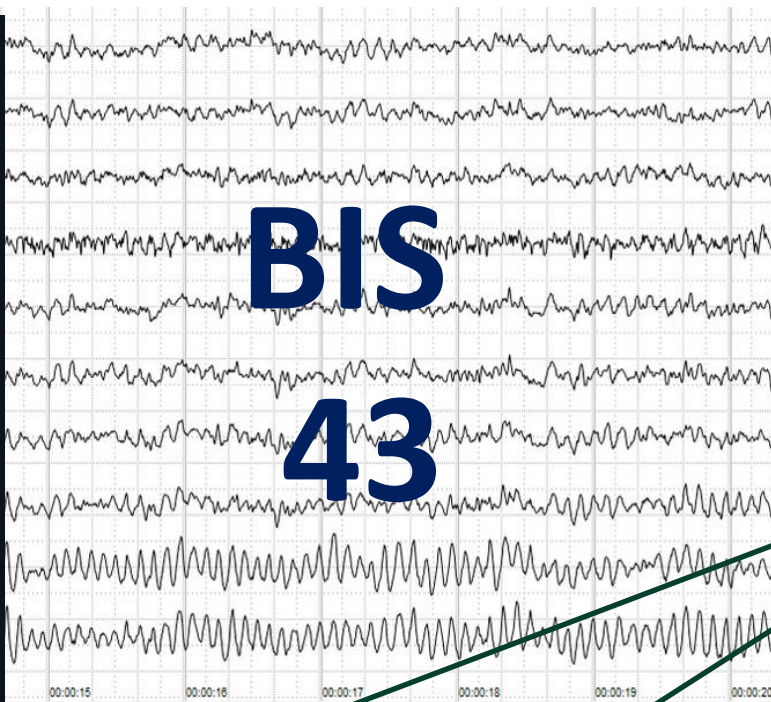
Anesthetic Management and One-Year Mortality After Noncardiac Surgery

Anesth Analg **2005**;100:4–10

Terri G. Monk, MD, MS*, Vikas Saini, MD, FACCT, B. Craig Weldon, MD*, and Jeffrey C. Sigl, PhD†



Indexy hloubky anestezie jsou příliš zjednodušující!



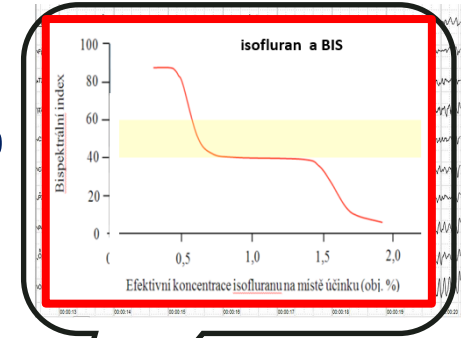
**očekávání
zklamalo**



Jedno číslo prostě nestačí!

Problémy indexů BIS et al.

- patentované, neveřejné algoritmy (s výjimkou entropie)
- různé verze software i různé přístroje → různé hodnoty indexů
- indexy nejsou korigovány k věku, jenže EEG se s věkem mění
- indexy odrážejí jen frontální aktivitu
- lineární, nebo intervalová škála? rozdíl 30-35 x 40-45?
- různá GABA-anestetika ve stejných koncentracích vedou k různé hodnotě BIS (des > iso > sevo)
- omezená funkce na non-GABA-anestetika (ketamin, dex)
- **časová prodleva** (15 s – 2 min!) (Kreuzer et al. 2009)
- **výrazný vliv EMG, resp. svalové relaxace** (Schuller PJ 2015)
- je v BIS vůbec bispektrální analýza? (Connor CW 2022)
- a ještě ... závislost na dávce není lineární, nýbrž **bisigmoidální**



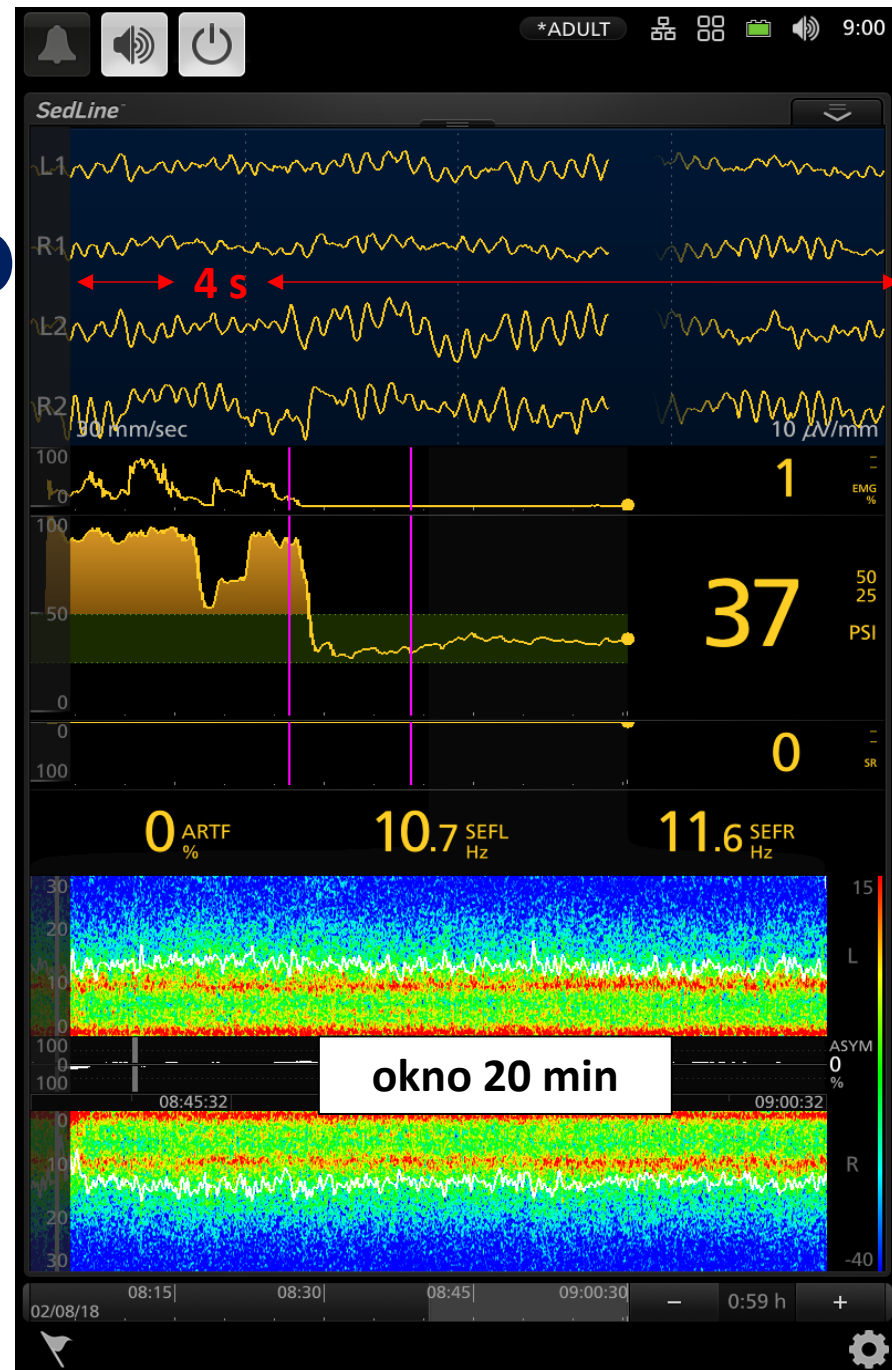


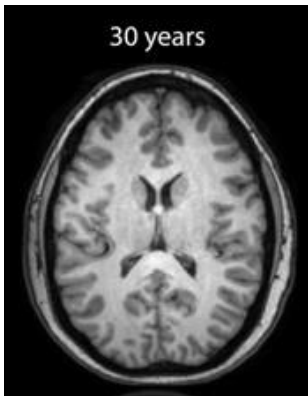
- **Proč jen indexy nestačí?**
- **Co EEG/DSA ukáže navíc?**
- **Jak podle toho změnit klinické rozhodování?**

Co vidím, když se nedívám jen na číslo?



- syrové EEG:
 - frekvence
 - amplituda
 - burst suppression?
- EMG
- trend indexu hloubky a.
- SEF (f. spektrální hrany)
- spektrogram (DSA)
 - alfa
 - slow wave/delta





30 let



90 let

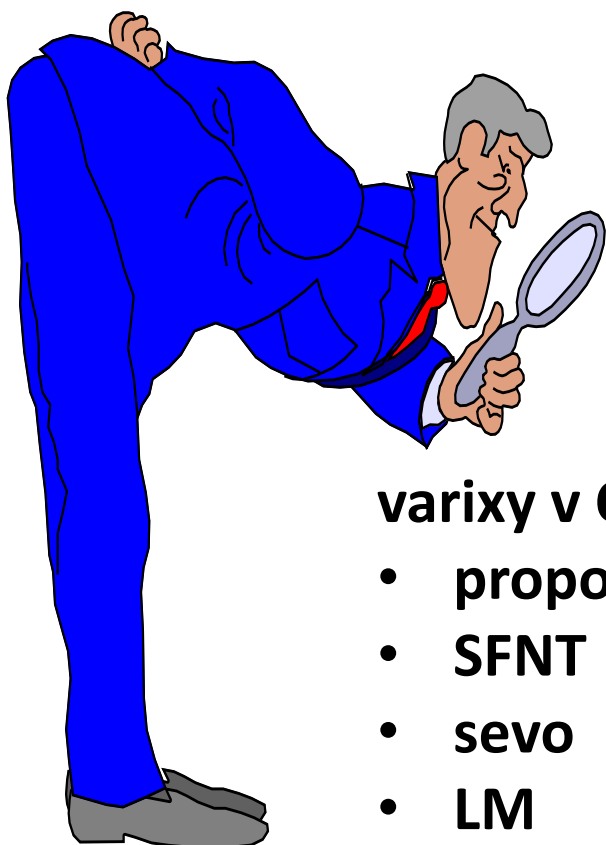
Věk mění EEG i DSA:

stejný $MAC_{age} \neq$ stejný mozek

žena **30 let**, 16.3.2017

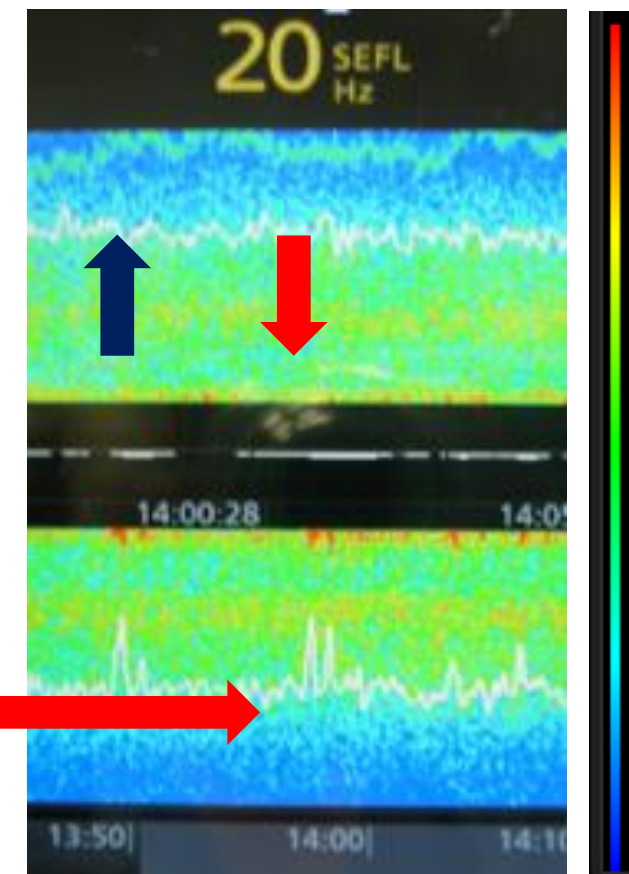
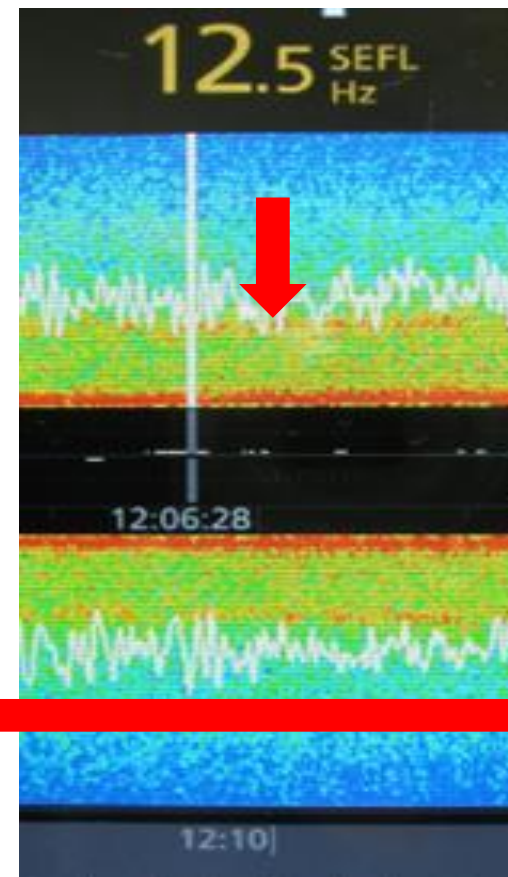
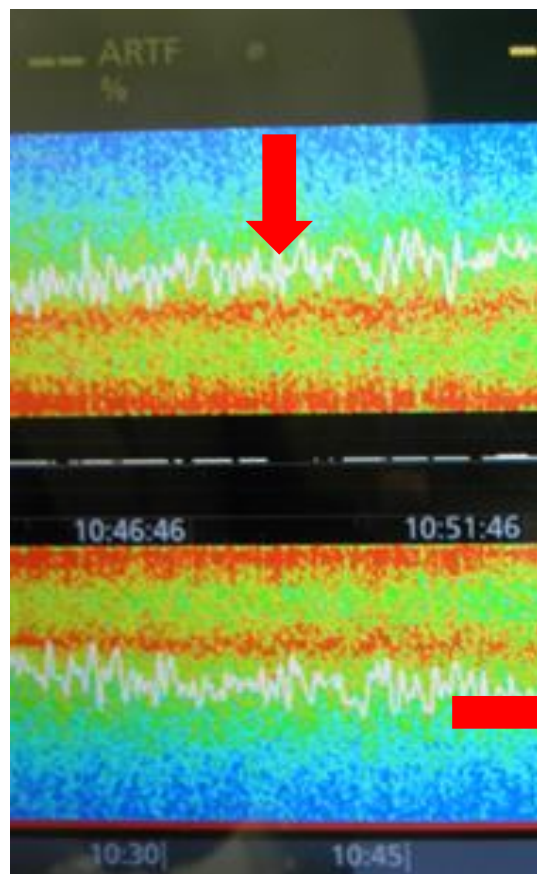
muž **48 let**, 23.3.2017

muž **87 let**, 2.3. 2017



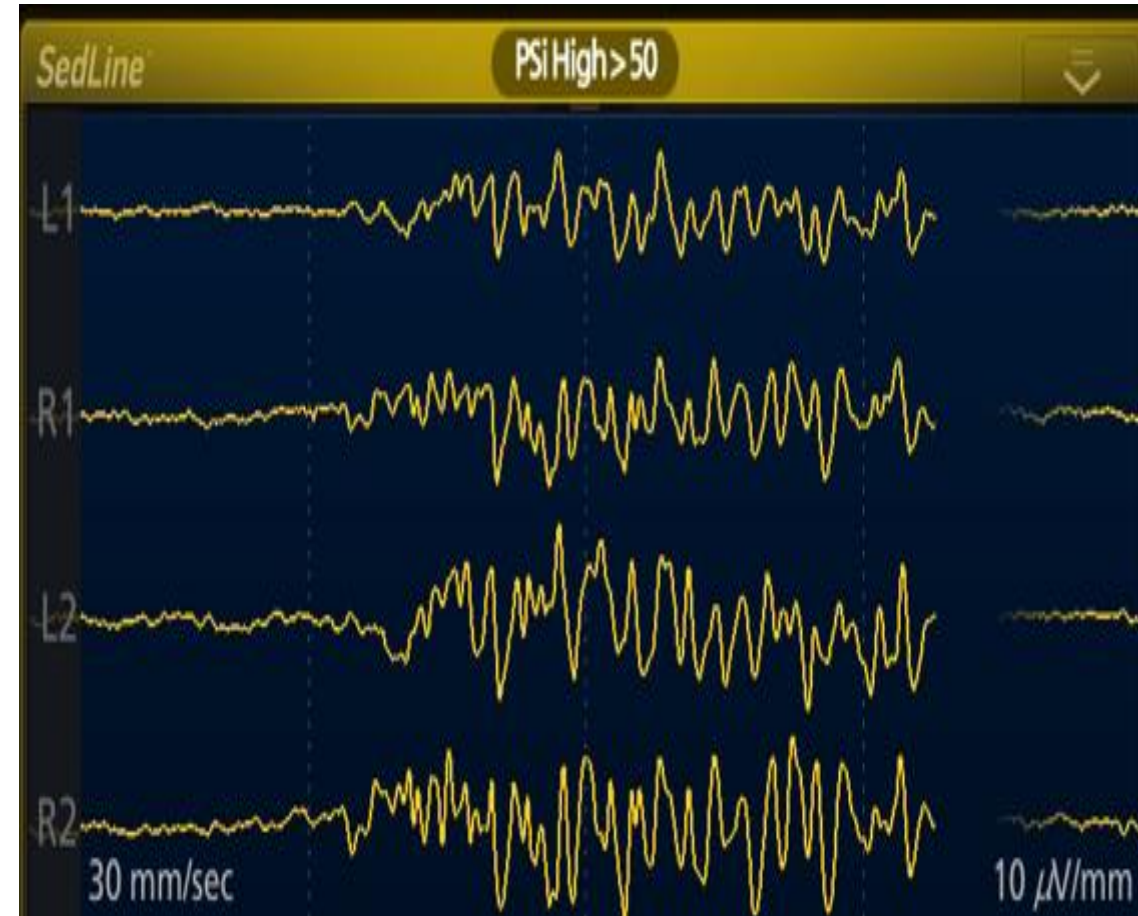
varixy v CA:

- propofol
- SFNT
- sevo
- LM



Burst suppression: varovný signál, nikoli cílová „hloubka“

- snadné poznat
- kvalitativně **odlišný stav** mozku, spíše dva stavy: burst x oscilace
- přílišná inhibice x nedostatek ATP
- zpravidla není žádoucím cílem anestezie
- **proč je mozek právě v tomto stavu?**



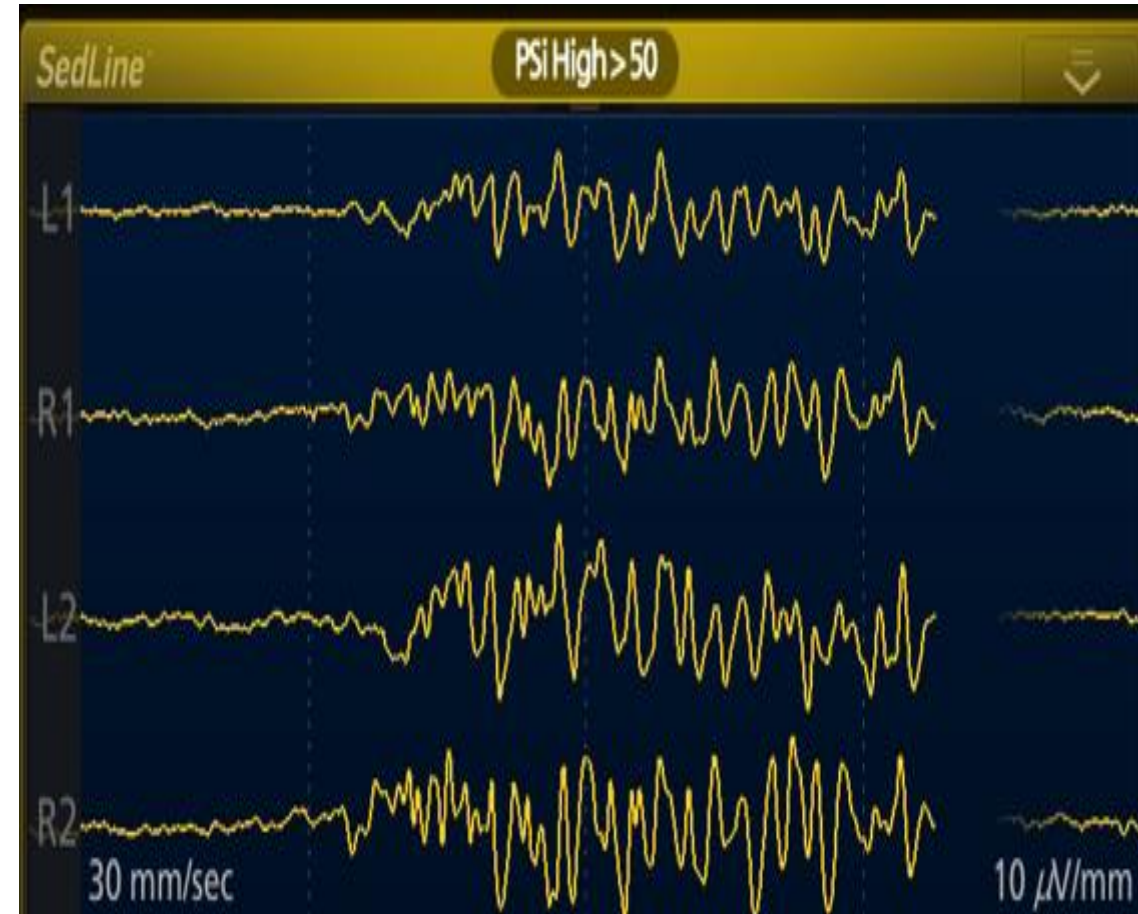
Burst suppression: varovný signál, nikoli cílová „hloubka“

vulnerabilita mozku
funkční rezerva

BS

anestetika

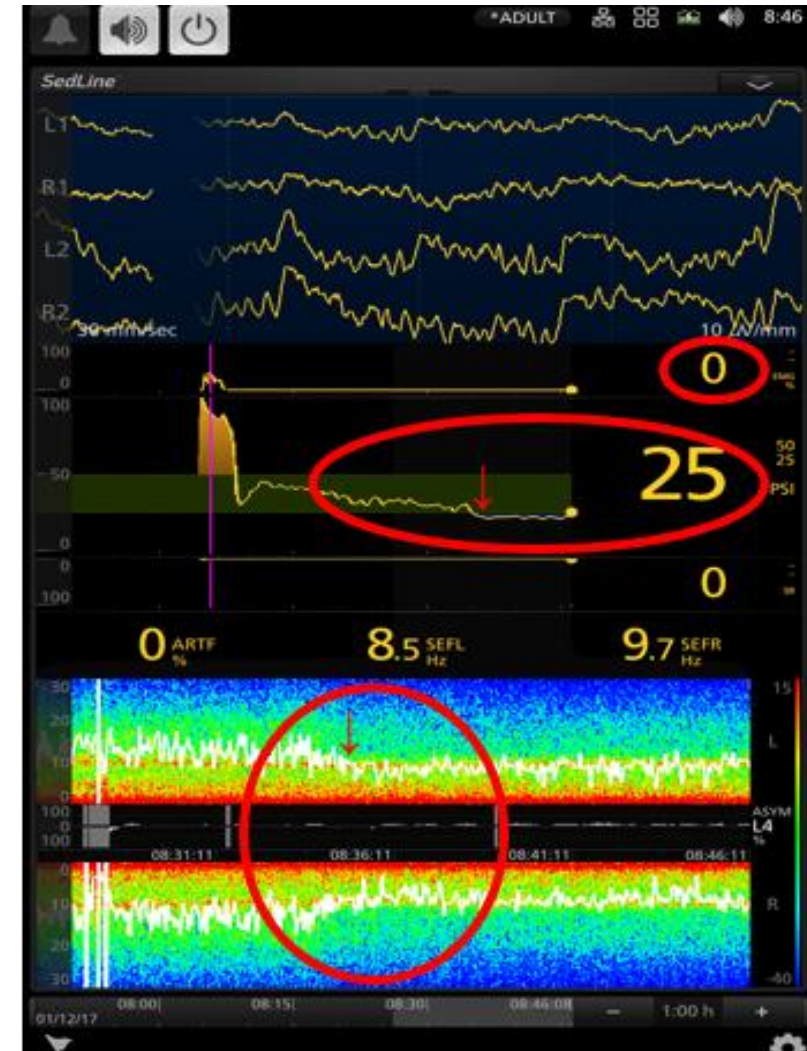
perfúze mozku
a metabolismus



A co nocicepce?

EEG není jen hypnotický „hloubkoměr“

- muž, 60 let, 83 kg, CABG
 - propofol 100 mg = 1,2 mg/kg, SFNT 25 ug = 0,3 ug/kg, MAC_{age} 0,7, **před řezem SFNT + 50 ug** (↓)
1. PSI 25 relativně stabilní
 2. ale krátkodobá variabilita SEF vyšší!
 3. maximalizace amplitudy alfa aktivity, sledování „alfa drop“, „beta arousal“, „delta arousal“
 4. EMG aktivita





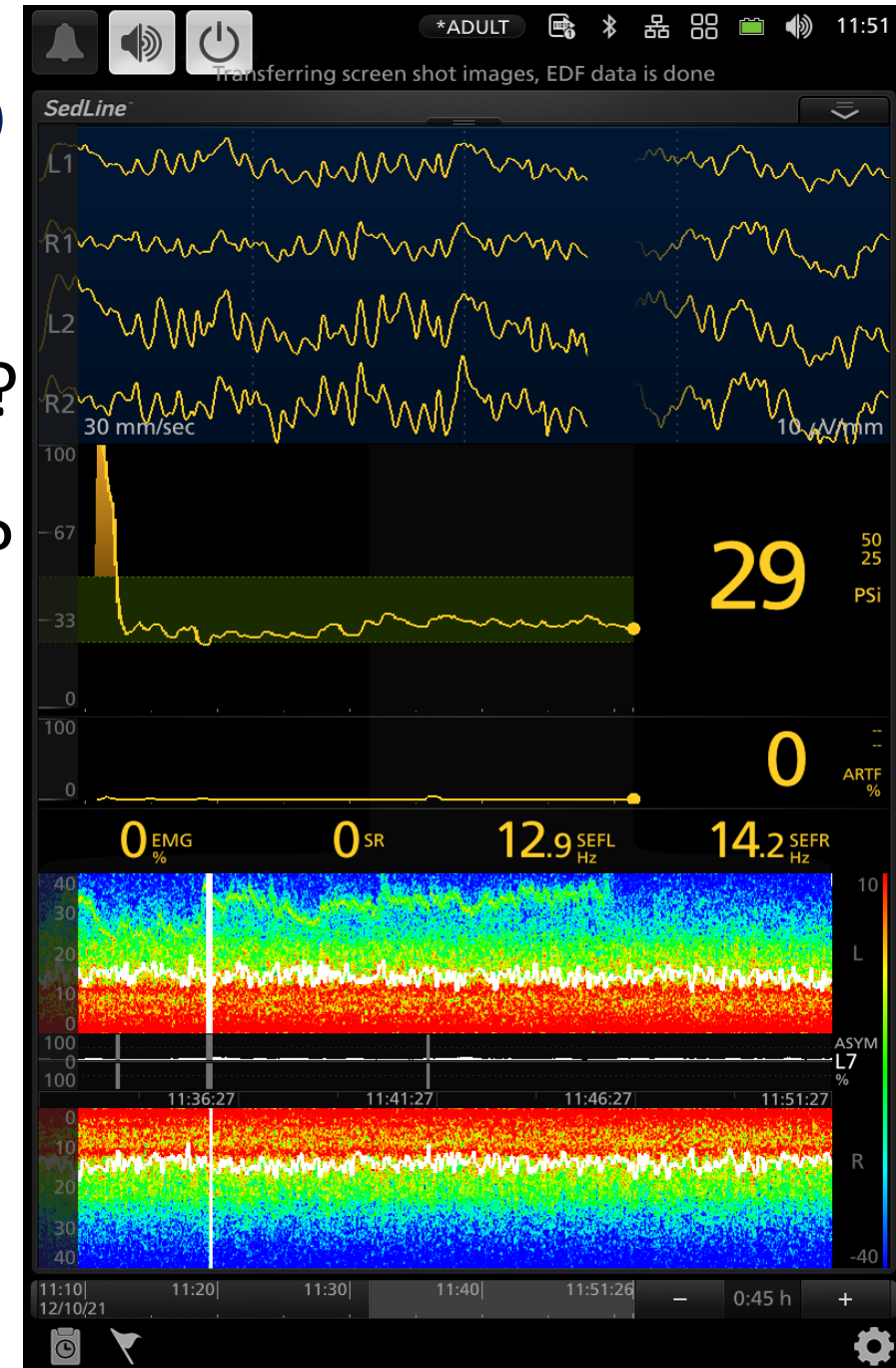
- **Proč jen indexy nestačí?**
- **Co EEG/DSA ukáže navíc?**
- **Jak podle toho změnit klinické rozhodování?**

Jak to použiji na sále?

- Neobjevuje se b. suppression?
- Vidím očekávaný vzorec? α/δ ?
- Je přítomna alfa aktivita?
- Odpovídá EEG věku a klinickému stavu pacienta?
- Změnil se obraz po chirurgickém stimulu?



muž, **80 let, profesor VŠ**,
CA, hemangiom L stehna



Od monitorování dávky k monitorování mozku!

- ✓ BIS (nebo jiný index) je číslo.
- ✓ EEG/DSA ukazuje stav mozku.
- ✓ Personalizovaná anestezie reaguje na stav mozku.



Nejde jen o to, kolik jakých anestetik pacient dostává, nýbrž v jakém stavu se jeho mozek nachází a kam směřuje.