

Personalizace anestezie: jak z EEG získat co nejvíce?

Michal Horáček

KARIM 2. LF UK a katedra AIM IPVZ

Praha



XXX. kongres ČSARIM Brno
19. 9. 2024

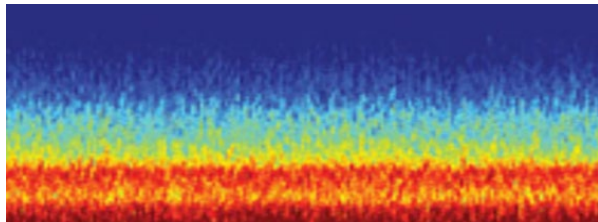


Počítačem zpracované EEG (pEEG)

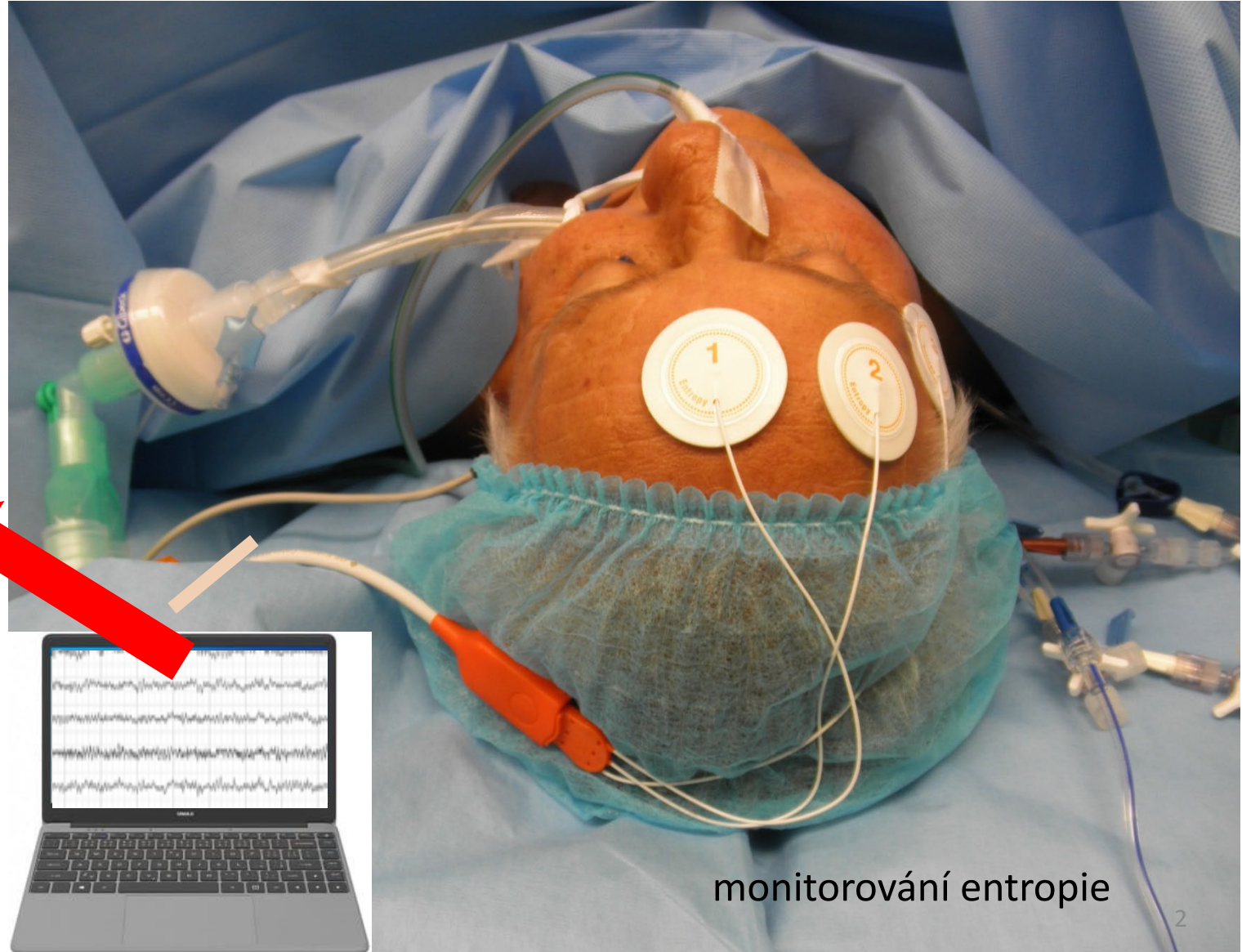
- **index („hloubky an.“)**
např. BIS, SE, PSI, QCON aj.
- **„syrová“ křivka,**
burst suppression?



- **spektrum**
alfa power?



- **další ukazatele?**
Lempel-Ziv komplexita aj.



Proč monitorovat pEEG?

5 indikací:

1. **prevence příliš mělké anestezie,**
tj. nechtěné bdělosti
2. **prevence příliš hluboké anestezie,**
tj. pooperačního deliria a POCD
3. **snížení dávek a zkrácení buzení,**
tj. ekonomický přínos
4. **personalizace anestezie**
5. **„well-being“ neuronů,**
tj. dg. hypoxie, hypoglykemie

Funguje to?

podobně jako standardní monitory

nevíme, ano i ne

ano,
ale nevýznamně
studie zatím nejsou
mělo by



Proč monitorovat pEEG?

5 indikací:

1. **prevence příliš mělké anestezie,**
tj. nechtěné bdělosti
2. **prevence příliš hluboké anestezie,**
tj. pooperačního deliria a POCD
3. **snížení dávek a zkrácení buzení,**
tj. ekonomický přínos
4. **personalizace anestezie**
5. **„well-being“ neuronů,**
tj. dg. hypoxie, hypoglykemie

Funguje to?

podobně jako standardní monitory

nevíme, ano i ne

ano,
ale nevýznamně

studie zatím nejsou
mělo by

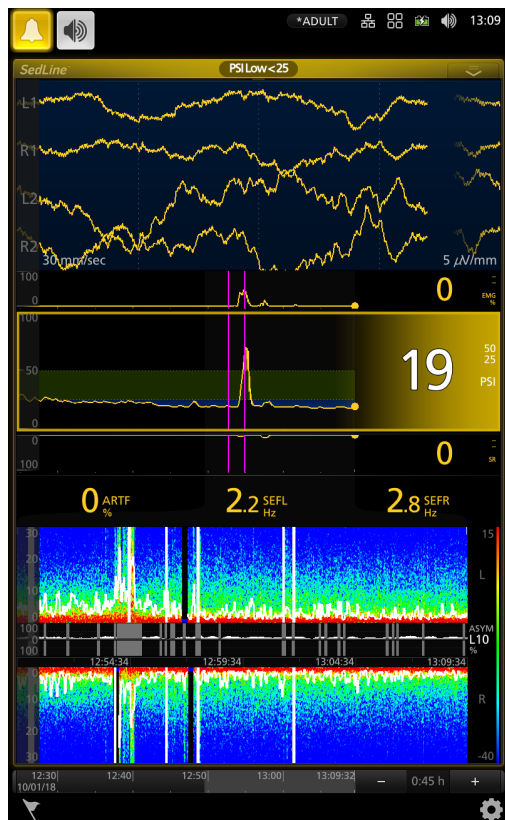


Anestezie v České republice očima účastníků kmenových/specializačních kursů – dotazníková studie Micro Czech Anaesthesia Way 2024



Horáček Michal

KARIM 2. LF UK a katedra AIM IPVZ, V Úvalu 84, 150 06 Praha 5, ČR



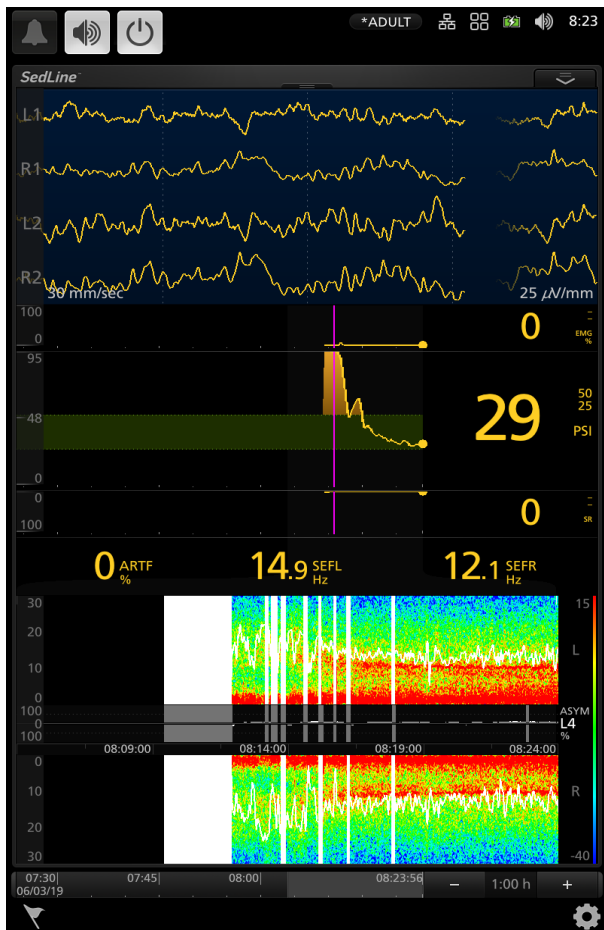
Monitorování EEG:	poster (n = 58)	celkem (n = 98)
používám alespoň občas*	48 %	46 %
chtěl/a bych používat, pokud...	14 %	15 %
nepoužívám nikdy	38 %	40 %

* standard péče u TIVA, ale TIVA v ČR není standard



**Téměř polovina anesteziologů v ČR
používá EEG alespoň občas 😊**

Jak pEEG umožní personalizovat anestezii?



- ✓ **ukáže reakci konkrétního mozku**
 - vyhnout se mělké anestezii: oscilace příliš rychlé, alfa/delta coupling
 - vyhnout se hluboké anestezii: obraz burst suppression, iso linie
- ✓ **pomůže řídit aktuální antinocicepci**
 - maximalizovat amplitudu alfa oscilací
 - reagovat na obraz „alfa dropout“
 - reagovat na obrazy beta arousal, delta arousal
- ✓ **potvrdí ztrátu vnímání v anestezii?**
 - obraz slow wave saturation
- ✓ **potvrdí „well-being“ neuronů**
 - ukáže riziko hypoxie/hypoglykemie apod.
- ✓ **predikce deliria a kognitivní dysfunkce**



Při personalizaci nelze spoléhat jen na **index** hloubky anestezie!

British Journal of Anaesthesia 99 (4): 532–7 (2007)
doi:10.1093/bja/aem198 Advance Access publication July 24, 2007

BJA

NEUROSCIENCES AND NEUROANAESTHESIA

Can anaesthetists be taught to interpret the effects of general anaesthesia on the electroencephalogram? Comparison of performance with the BIS and spectral entropy

J. P. Barnard, C. Bennett, L. J. Voss* and J. W. Sleigh

Conclusion. A brief PowerPoint presentation enables anaesthetists to recognize the effects on the EEG of GABA-ergic anaesthetic agents. In the clinical context, it remains likely that the combination of a pEEG monitor that clearly presents the EEG and a clinician who has a good, basic understanding of, and a willingness to look at, the raw EEG will result in more accurate interpretation of the intra-operative EEG.



J. W. Sleigh

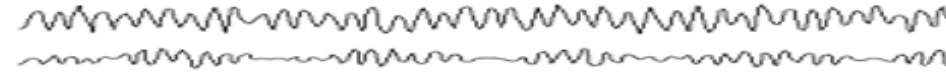
Při personalizaci nelze spoléhat jen na **index** hloubky anestezie!

- A₁: bdělý, otevřené oči
 - beta, gamma
- A₂: bdělý, zavřené oči
 - alfa
- B: excitace
 - beta
- C: sedace
 - alfa, beta
- D: chirurgická anestezie
 - slow, delta, alfa
- E: hluboká anestezie
 - slow, delta
- F: velmi hluboká anest.
 - burst suppression
- G: isoelektrické EEG

A₁ wake with Eyes Open: Beta and Gamma Oscillations



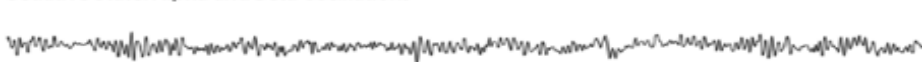
A₂



B Paradoxical Excitation: Beta Oscillations



C Sedative State: Alpha and Beta Oscillations



D Unconsciousness at Surgical Level: Slow and Alpha Oscillations



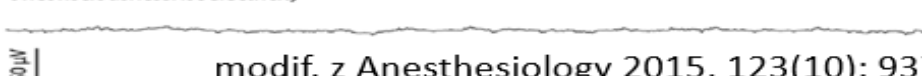
E Unconsciousness during Induction: Slow Oscillations



F Unconsciousness: Burst Suppression



G Unconsciousness: Isoelectricity



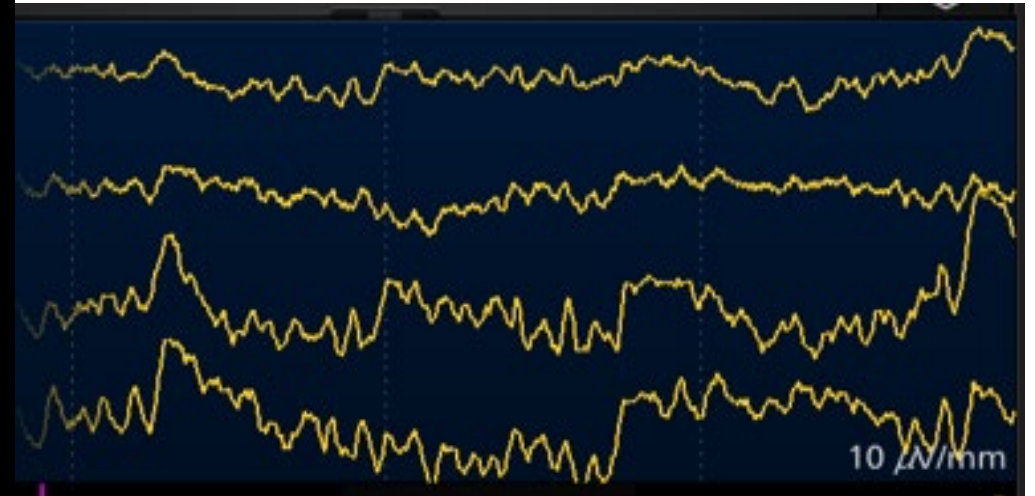
50µV
1s

modif. z Anesthesiology 2015, 123(10): 937-960



J. W. Sleight

1. Reakce konkrétního mozku



Příliš mělká anestezie

- **oscilace**

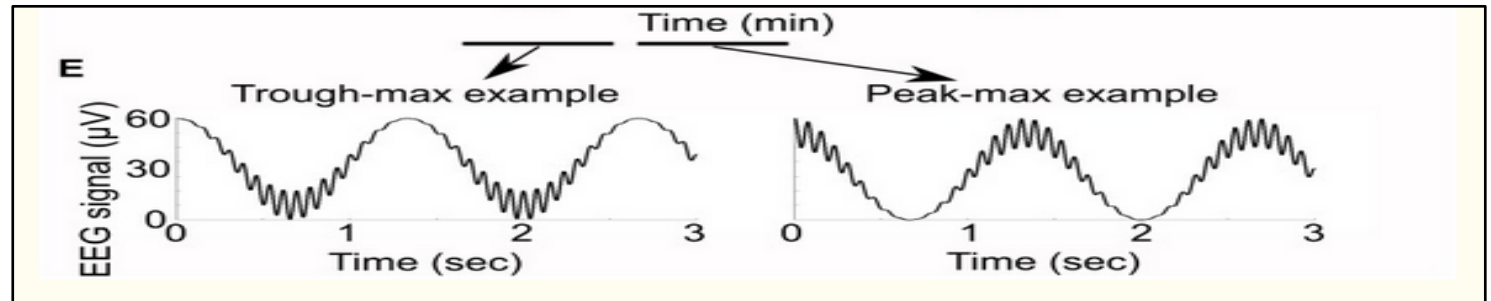
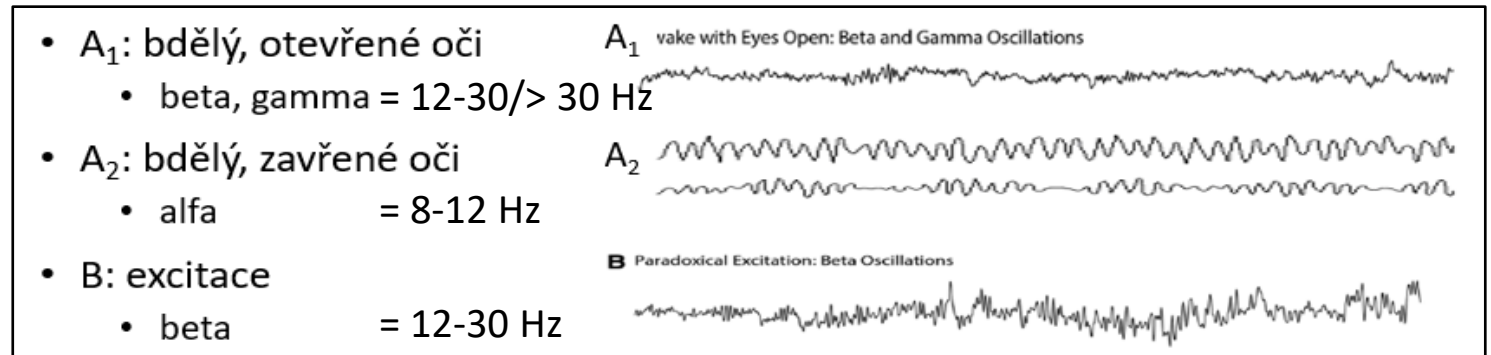
- frekvence a amplituda

- **alfa/delta coupling**

- peak-max
- trough-max

- **index hloubky**

- pozor na vliv EMG
→ falešné zvýšení



↑
**příliš mělká, nebo hluboká
anestezie**

↑
**přiměřená
anestezie**

Příliš hluboká anestezie

- burst suppression



- isoelektrická linie







burst suppression + iso linie
při monitorování entropie



Hormonal basis of sex differences in anesthetic sensitivity

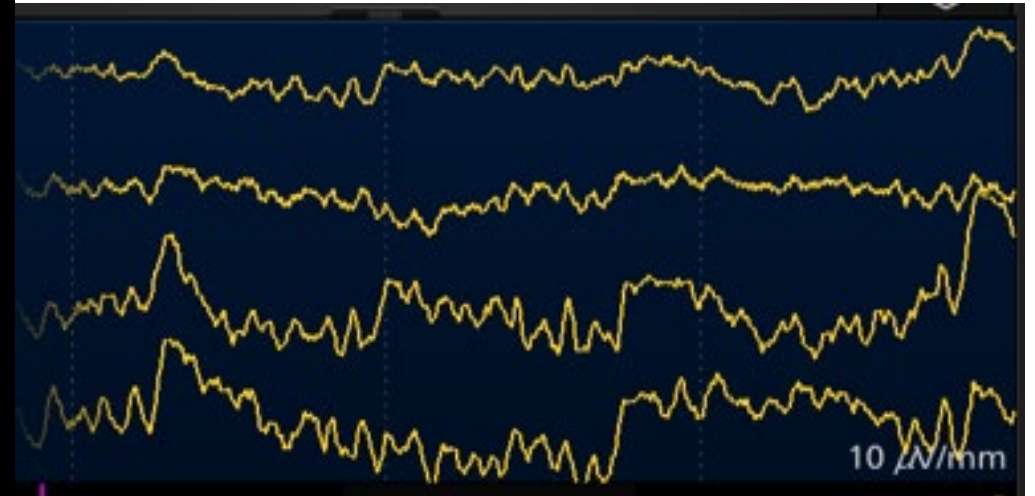
January 8, 2024 | 121 (3) e2312913120 | <https://doi.org/10.1073/pnas.2312913120>

Andrzej Z. Wasilczuk  ^{a,b,c}, Cole Rinehart ^{a,b}, Adeeti Aggarwal ^{a,b,d}, Martha E. Stone  ^{a,b,d}, George A. Mashour ^e, Michael S. Avidan ^f, Max B. Kelz  ^{a,b,d,g,1}, and Alex Proekt  ^{a,b,d,g,1} ReCCognition Study Group ^{a,e,f,2}

Significance

Half of all surgical patients receiving anesthesia are females. Anesthetics affect sexually dimorphic brain regions involved in sleep and arousal. Yet, sex differences and the effects of sex hormones on anesthetic sensitivity have not been systematically explored. We demonstrate that the female brain in mice and humans is resistant to the hypnotic effects of volatile anesthetics. Sex differences in anesthetic sensitivity are largely due to acute effects of sex hormones. Despite clear behavioral differences in anesthetic sensitivity, sex differences are not discernable in clinically used cortical electroencephalographic recordings. In contrast, subcortical sites exhibit sexually dimorphic activity patterns under anesthesia. This covert resistance to anesthetics may explain the higher incidence of awareness under anesthesia in females.

2. Řízení antinocicepce



Které parametry lze k titraci antinocicepce rutinně použít?

parametry pEEG:
• index, SEF
• spektra



SPI
(Surgical
Plethysmography
Index)

compliance
dýchacího systému

$\Delta FiO_2 - FeO_2$

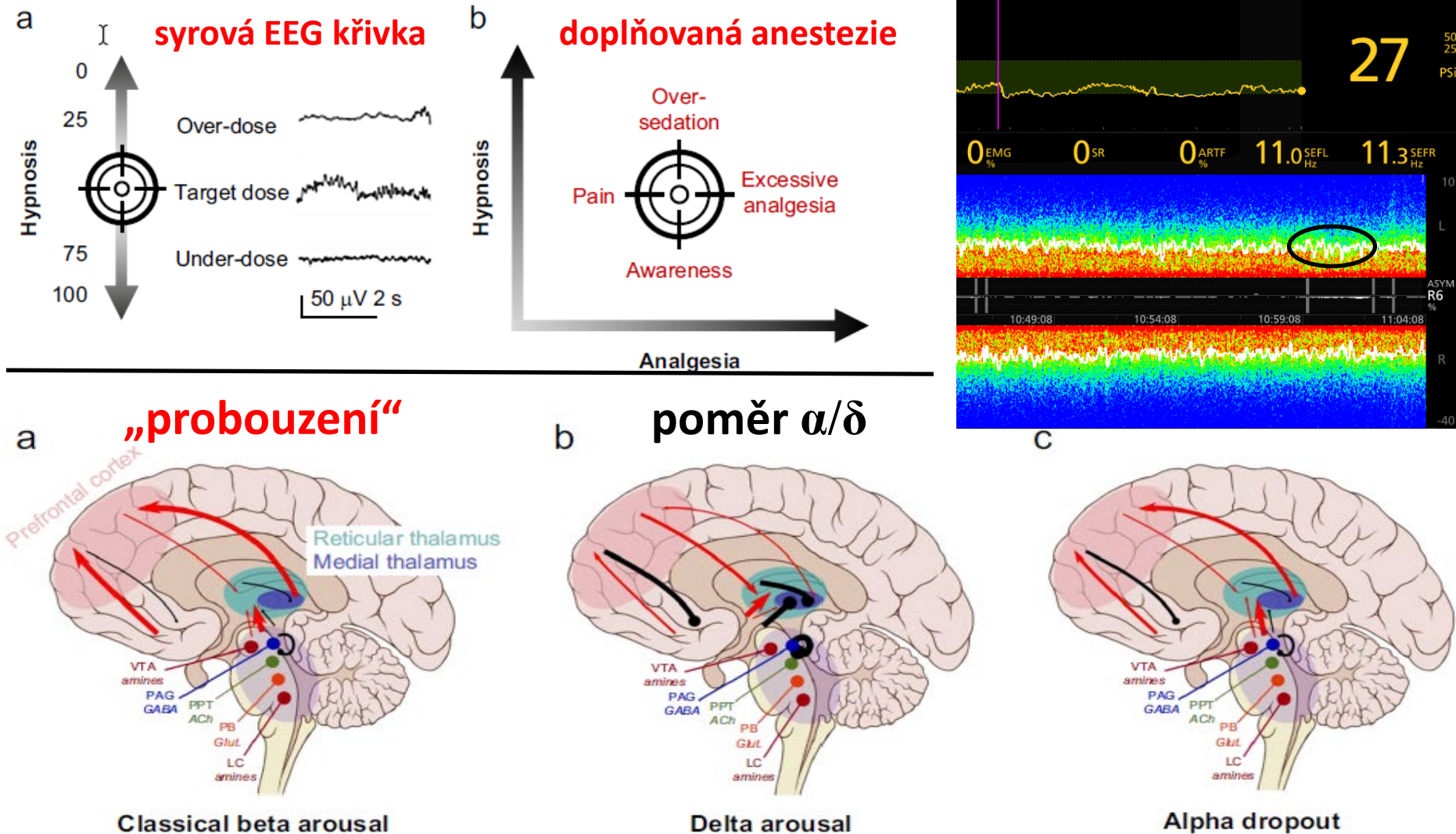
pupilometrie

aorto-bifemorální bypass 5. 4. 2018

Effects of noxious stimulation on the electroencephalogram during general anaesthesia: a narrative review and approach to analgesic titration

British Journal of Anaesthesia, 126 (2): 445e457 (2021)

Paul S. García^{1,*}, Matthias Kreuzer², Darren Hight^{3,4} and James W. Sleight³



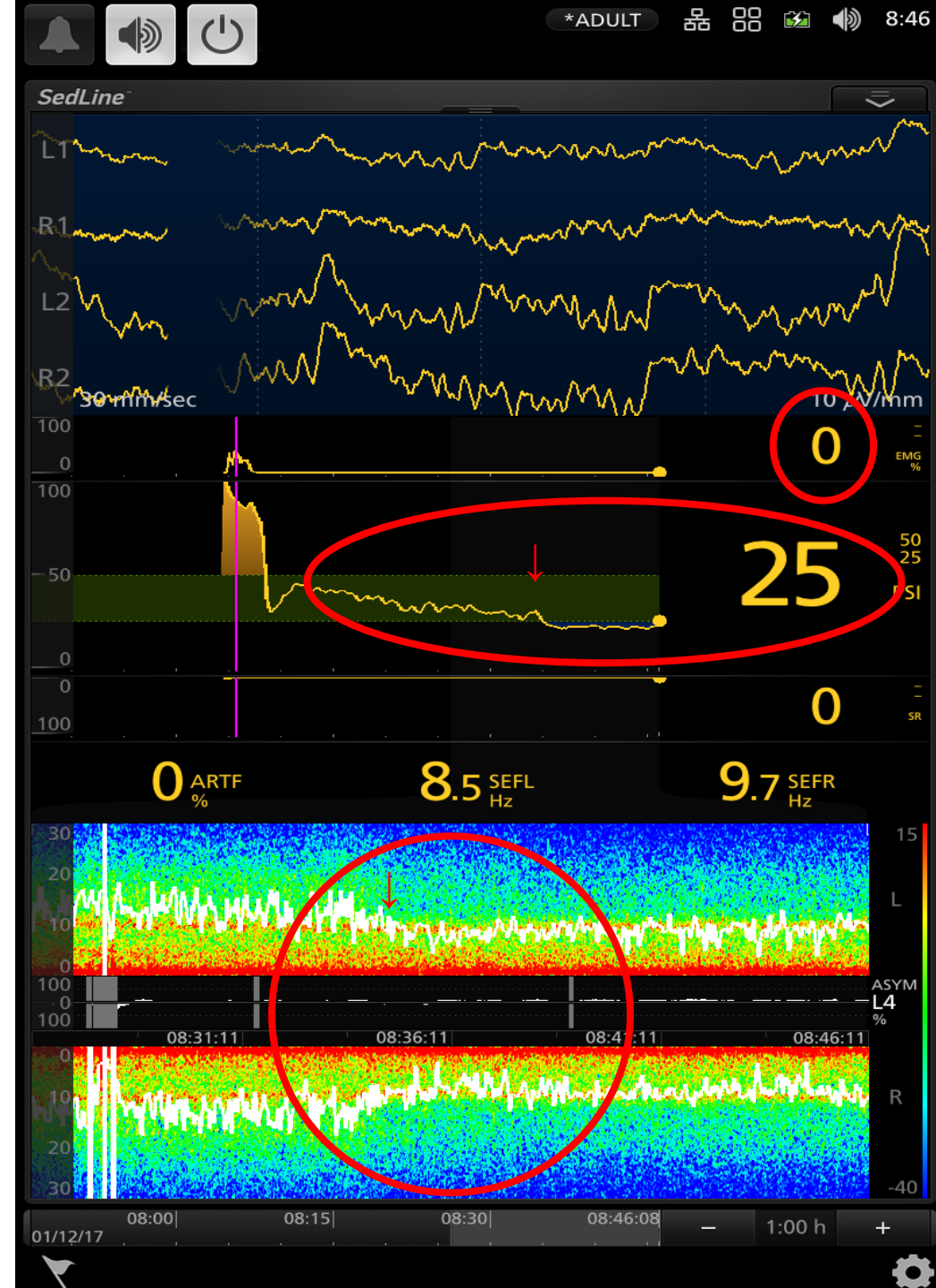
Využití parametrů pEEG k titraci antinocicepce v praxi

muž, 60 let, 83 kg, CABG

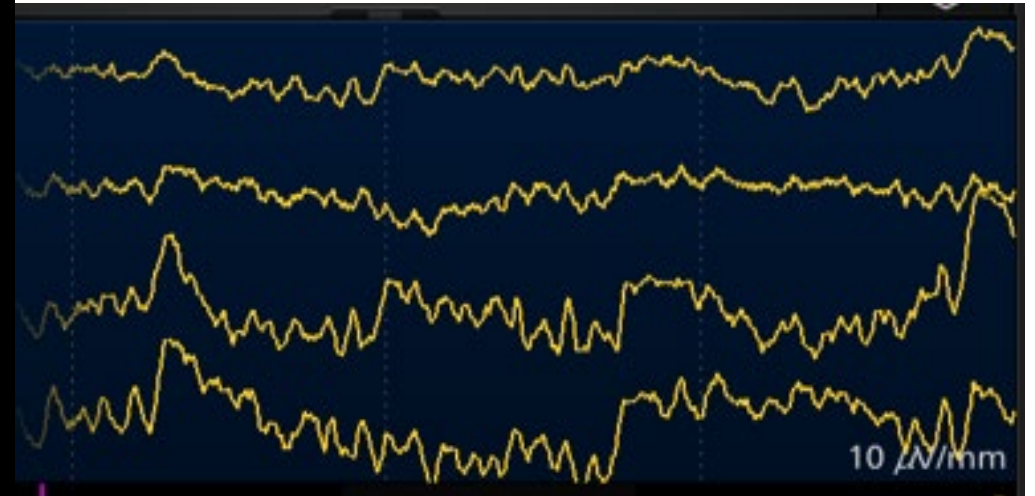
- propofol 100 mg, SFNT 25 ug, relax., sevo
MAC_{age} 0,7, před řezem SFNT + 50 ug (↓)

1. PSI 25
2. menší kolísání SEF!
3. maximalizace amplitudy alfa aktivity*
a monitorování „alfa dropout“
4. EMG aktivita

*Gaskell A et al.: Modulation of frontal EEG alpha oscillations during maintenance and emergence phases of GA to improve early neurocognitive recovery in older patients: a protocol for RCT. *Trials*. 2019;20(1):146



3. Ztráta vnímání



Ztráta vnímání

slow wave activity saturation

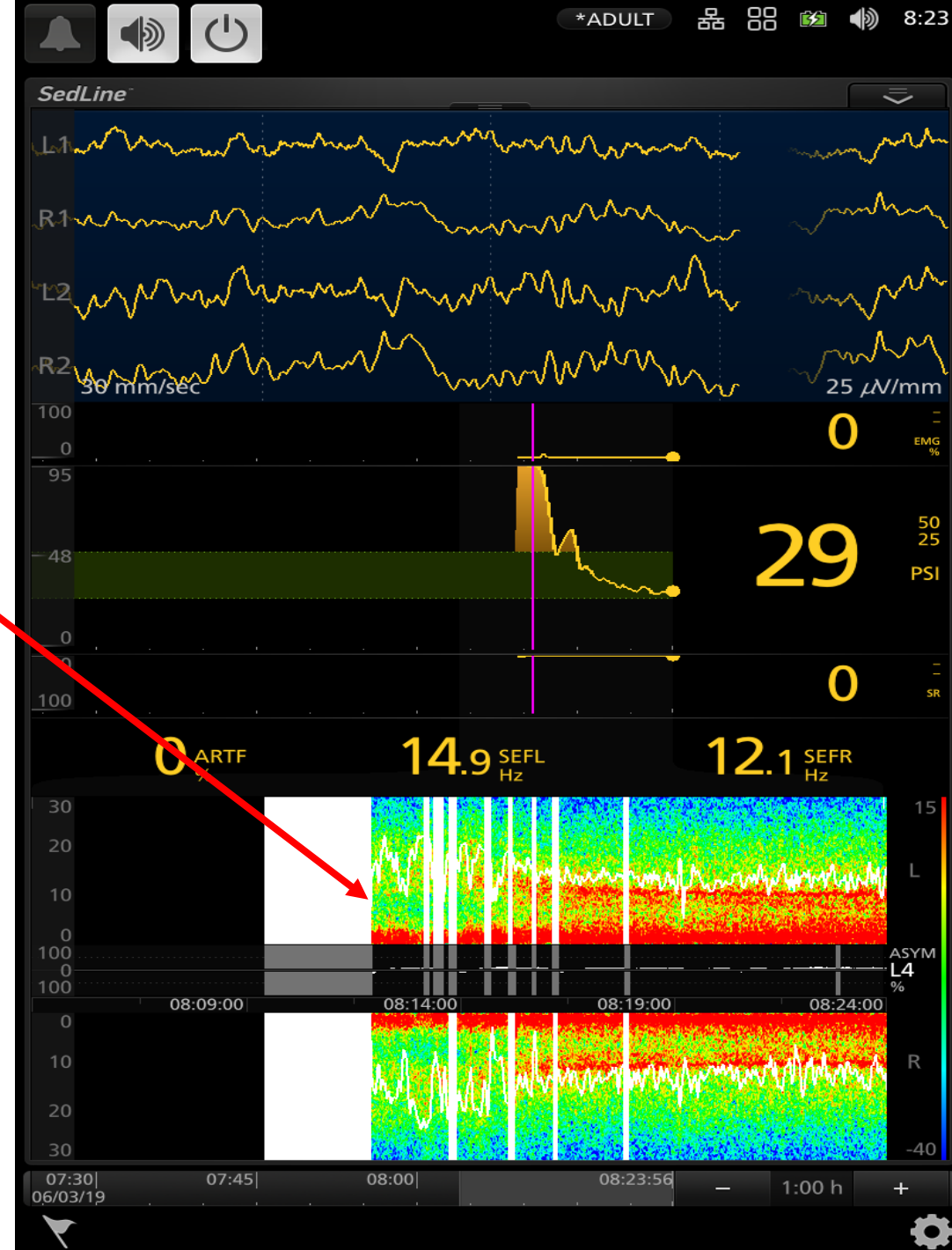
= ztráta vnímání

(„červenější už to nebude“)

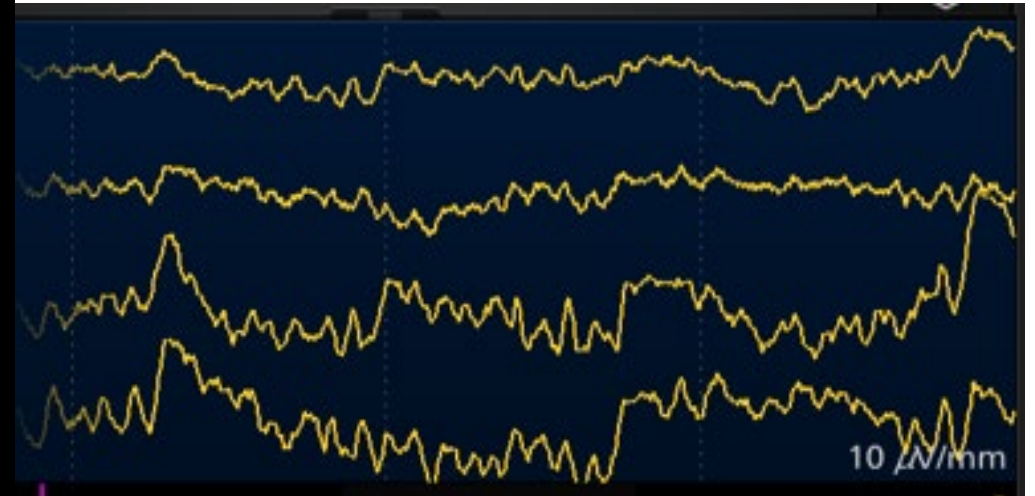
Warnaby CE et al.: Investigation of Slow Wave Activity Saturation during Surgical Anesthesia reveals a Signature of Neural Inertia in Humans. *Anesthesiology*. 2017 Oct;127(4):645-657

problém: kde je vlastně sídlo vědomí?

- prefrontálně?
- „posterior hot zone“?
- tam, kde je informace či dokonce v glii?



4. Well-being neuronů



Vnitřní prostředí nepochybně působí na funkci neuronů

Hypoxie

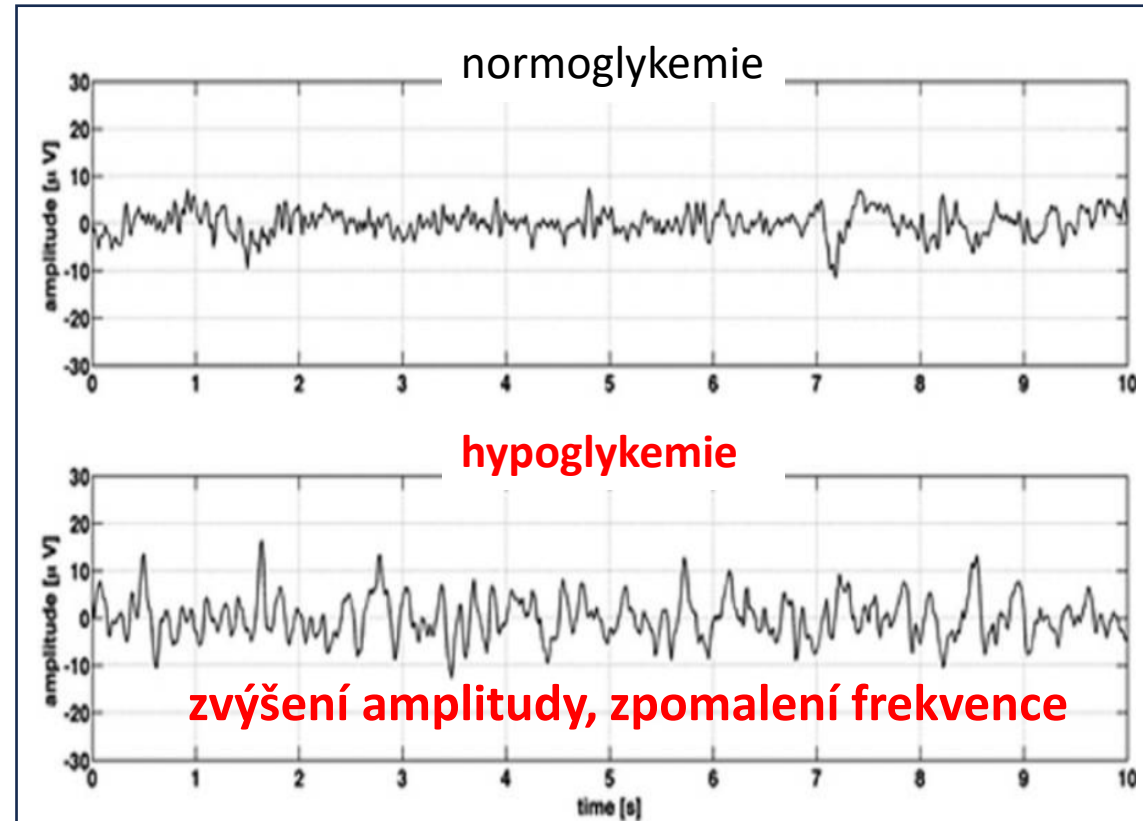
A systematic review of electroencephalography in acute cerebral hypoxia: clinical and diving implications

Nicole YE Wong^{1,2}, Hanna van Waart¹, Jamie W Sleight^{1,3}, Simon J Mitchell^{1,2,4}, Xavier CE Vrijdag¹

- EEG se zkoumá jako vhodný monitor problémů při potápění včetně hypoxie v reálném čase
- **zpočátku zvýšení, pak pokles alfa aktivity a zvýšení theta a delta aktivity**
- kognitivní činnost může maskovat EEG změny!
- BIS se nemění, entropie a Lempelova-Zivova komplexita stoupají

Diving Hyperb Med. 2023; 53(3): 268–280.



Hypoglykemie



Blaabjerg L: Hypoglycemia-Induced Changes in the Electroencephalogram: an Overview. J Diabetes Sci Technol. 2016 Nov 1;10(6):1259-1267

Acute severe hypoglycemia immediately after induction of anesthesia in an elderly patient with type 2 diabetes mellitus

A case report

Qin Tian, MM^a , Ming Liang Yi, MD^a, Jia Lu Wan, MM^a, Hong Yin, MD^{a,*} 

- ✓ opioidy glykémii obvykle zvyšují
- ✓ při hyperglykémii ji mohou snižovat zlepšením inzulinové rezistence (Koekkoek LL 2022)

Lessons: A precipitous and rapid decline in blood glucose following anesthesia induction is extremely uncommon. When a clinical anesthesiologist detects an abnormally low bispectral index during general anesthesia, hypoglycemia should be suspected. Instituting glucose monitoring in these situations can enable a timely diagnosis, forestalling the onset of life-threatening severe hypoglycemia.


Extremely low bispectral index value during robotic-assisted laparoscopic prostatectomy: A case report

Saudi J Anaesth 2022;16:214-6.



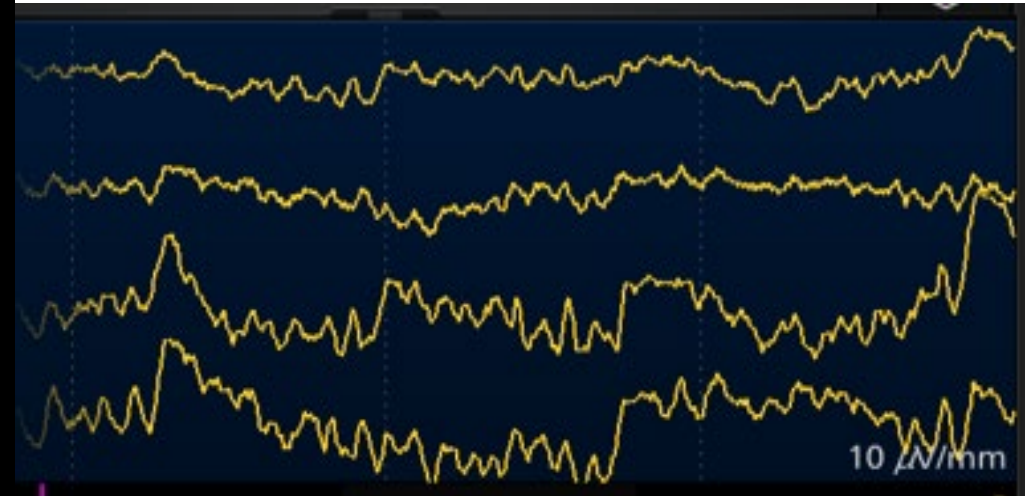
Abnormally low Bispectral index and severe hypoglycemia during maintenance of and recovery from general anesthesia in diabetic retinopathy surgery: two case reports

BMC Anesthesiology (2018) 18:45

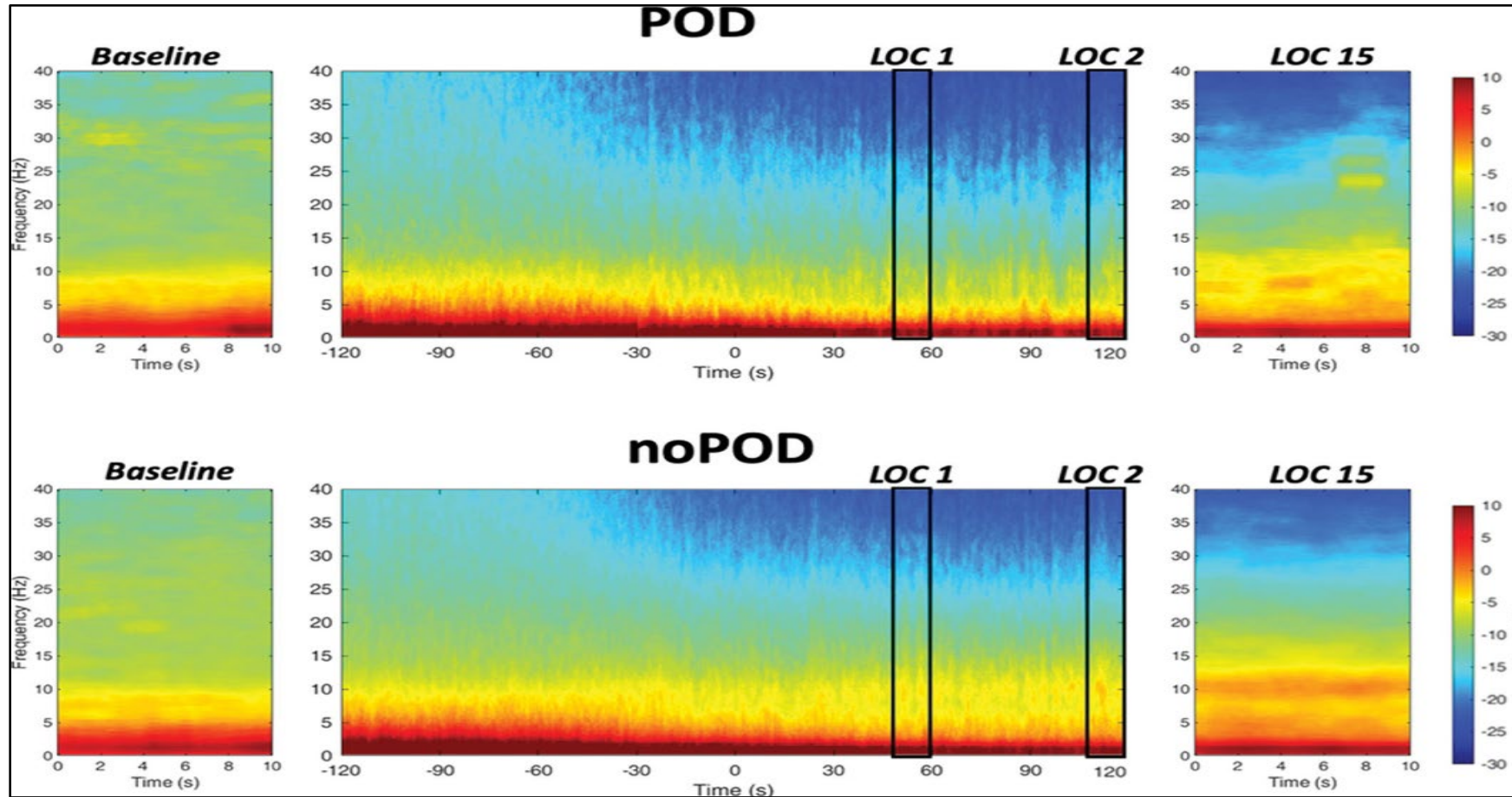
Chunhua Xi¹, Chuxiong Pan¹ and Tianzuo Li^{2*} 

Conclusions: For diabetic patients, when the intraoperative BIS value is abnormally low, hypoglycemia should be considered. Severe hypoglycemia may be presented in BIS monitoring during general anesthesia.

5. Predikce deliria a kognit. dysfce



5. Predikce deliria



burst suppression

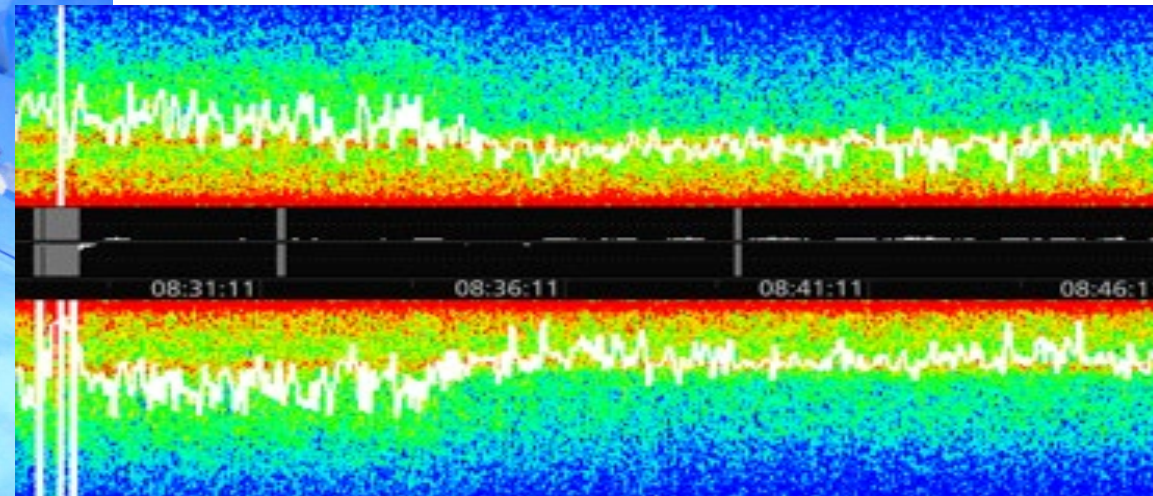
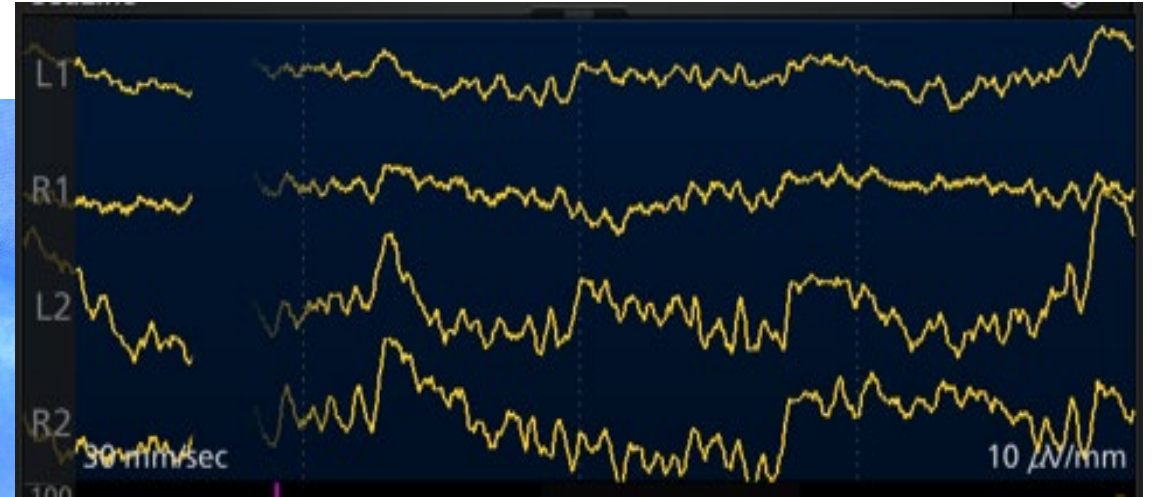
- výskyt a trvání

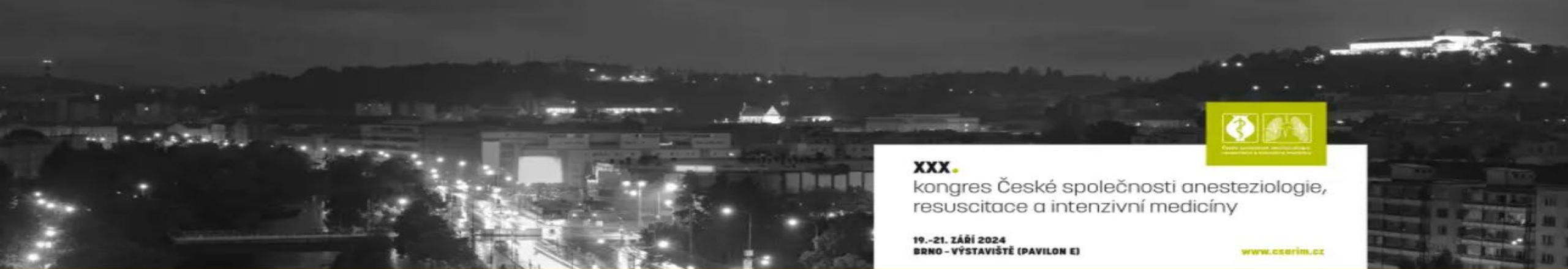
alfa oscilace

→ robustní mozek

Pollak M et al.: Electroencephalogram Biomarkers from Anesthesia Induction to Identify Vulnerable Patients at Risk for Postoperative Delirium. *Anesthesiology*. 2024 May 1;140(5):979-989.

proto EEG monitorujme ...





XXX.
kongres České společnosti anesteziologie,
resuscitace a intenzivní medicíny

19.-21. ZÁŘÍ 2024
BRNO - VÝSTAVIŠTĚ (PAVILON E)

www.cserim.cz

- Úvod
- Výbory kongresu
- Místo konání
- Program ▾
- Registrace ▾
- Ubytování
- Partneři
- Záštity
- Informace ▾
- Kontakt

Hledat Vyberte den: 20.09.2024 - Pátek Vyberte sál: Všechny sály

🕒 12:45 - 14:15 📍 E1b - Anesteziologie 5

📄 Multimodální anestezie (podpořeno FRESENIUS a B. BRAUN)

Předsedající: Milan Hrobský, Tomáš Henlín

Štítky: LEK

1 12:45 Density spectral array - a big challenge!

Přednášející: Carolina Frederico, Diego Patlis



20 min

Monitorování počítačem zpracovaného EEG v anestezii I

Horáček M.^{1,2}

¹Klinika anesteziologie, resuscitace a intenzivní medicíny, 2. lékařská fakulta Univerzity Karlovy a Fakultní nemocnice v Motole, Praha

²Katedra anesteziologie a intenzivní medicíny, Institut postgraduálního vzdělávání ve zdravotnictví, Praha

Cilovým orgánem většiny látek při anestezii je mozek. K projevům jeho funkce patří především vědomí. Je spojeno s elektrickou aktivitou neuronů, kterou lze z povrchu lebky snadno zaznamenávat elektroencefalografií (EEG). Elektrická aktivita mozku se v anestezii mění předvídatelným způsobem v závislosti na použitém anestetiku a jeho dávce. Hodnocení EEG je obtížné, ale výrazně ho zjednodušil rozvoj počítačů. Počítačem zpracované EEG (pEEG) se proto brzy může stát nedílnou součástí monitorování pacientů v anestezii. Pozornost anesteziologů při monitorování EEG se zpočátku soustředila na indexy hloubky anestezie (např. BIS, entropie, PSI, qCON aj.), ale funkci mozku nelze redukovat na jedno číslo. Je totiž nutné sledovat rovněž syrové křivky EEG a posuzovat změny jejich tvaru. Při vedení anestezie je důležité vyhnout se obrazu burst suppression, protože je rizikovým faktorem pooperačního deliria. Hodnocení vazby mezi fází a amplitudou oscilací neuronů (phase-amplitude coupling) umožňuje blíže kvantifikovat hloubku anestezie. pEEG se využívá k prevenci nechtěné bdělosti v průběhu anestezie a k prevenci příliš hluboké anestezie, přestože přínos nebyl dosud bezpečně potvrzen. pEEG však prokazatelně zkracuje doby zotavení a snižuje dávky anestetik. Umožňuje personalizované vedení anestezie, příslušné studie probíhají. Nejrozšířenější monitory v ČR jsou pravděpodobně BIS, GE Entropy a Conox. Vývoj pEEG pokračuje, ale porozumění a aplikace vyžaduje stále větší znalosti mnoha oborů.

Klíčová slova: EEG, anestezie, index hloubky anestezie, BIS, entropie.

Monitoring of processed EEG under anesthesia I

The target organ of most substances applied during general anesthesia is the brain. The manifestations of its function include, above all, consciousness. It is associated with the electrical activity of neurons, which can be easily recorded from the surface of the skull – electroencephalography (EEG). The electrical activity of the brain in anesthesia changes in a predictable way depending on the anesthetic used and its dose. EEG assessment is difficult but has been greatly simplified by computer development. Therefore, computer-processed EEG (pEEG) may soon become an integral part of monitoring patients under anesthesia. Anaesthesiologists' attention with EEG monitoring initially focused on anesthesia depth indices (eg. BIS, entropy, PSI, qCON, etc.), but brain function cannot be reduced to a single number. It is also necessary to monitor simultaneously the raw EEG curves and to assess the changes in their shape. When conducting anesthesia, it is important to avoid burst suppression because it is a risk factor for postoperative delirium. Evaluation of the phase-amplitude coupling makes it possible to quantify the depth of anesthesia in more detail. Processed EEG is used to prevent unattended awareness during anesthesia and to prevent too deep anesthesia, although the benefit has not yet been safely confirmed. However, pEEG has been shown to reduce recovery times and anesthetic doses. It allows also personalized management of anesthesia, relevant studies are underway. The most widespread monitors in the Czech Republic are probably BIS, GE Entropy, and Conox. The development of pEEG continues, but its understanding and application require increasing knowledge in many fields.

Key words: EEG, anesthesia, depth of anesthesia index, BIS, entropy.

Cilovým orgánem většiny látek podávaných při anestezii je mozek. Ke klinickým projevům jeho funkce patří především vědomí. Přítomnost a stav vědomí se posuzují podle interakce s okolím (reakce na slovní

a bolestivé podněty, reportování obsahu vědomí), jenže v celkové anestezii je schopnost reagovat na podněty reverzibilně snížena v důsledku iatrogenní řízené intoxikace anestetiky a opioidy [1]. Proto je obtížné

KORISPONDENČNÍ ADRESA AUTORA:
MUDr. Michal Horáček, DEAA, michal.horacek@fnmotol.cz

Článek přijat redakcí: 31. 1. 2022; Článek přijat k tisku: 13. 3. 2022;
Cit. zkr.: Anest. intenziv. Med. 2022;33(2): ???



Monitorování počítačem zpracovaného EEG v anestezii II

Horáček M.^{1,2}

¹Klinika anesteziologie, resuscitace a intenzivní medicíny, 2. lékařská fakulta Univerzity Karlovy a Fakultní nemocnice v Motole, Praha

²Katedra anesteziologie a intenzivní medicíny, Institut postgraduálního vzdělávání ve zdravotnictví, Praha

Monitorování počítačem zpracovaného EEG (pEEG) se v současnosti používá ve čtyřech indikacích. Přínos byl prokázán u zkrácení dob probouzení a zotavení a ke snížení rizika nechtěné bdělosti v průběhu anestezie technikou TIVA, kdežto v indikacích prevence příliš hluboké anestezie a personalizace vedení anestezie je prozatím sporný. Intuitivně se zdá, že personalizované vedení anestezie s využitím údajů nejenom z pEEG, ale i z dalších základních monitorů by výsledky zlepšit mohlo. Příslušné studie ještě probíhají. Pro personalizaci anestezie jsou vhodné právě spektrogramy, které se získávají Fourierovou transformací syrové EEG křivky. Ve spektrogramech jsou mezi jednotlivými anestetiky výrazné rozdíly, které jsou podmíněny různým mechanismem účinků a různým ovlivněním neuronových okruhů v mozku. Užitečné jsou rovněž parametry jako mediánová frekvence a frekvence spektrálního okraje (Spectral Edge Frequency). Spektrogramy zobrazují monitory, které jsou v ČR již běžně dostupné jako SedLine Sedation Monitor, Conox či přístroje BIS novější generace. K titraci antinocicepcie v anestezii lze využít nejen pEEG, ale i další parametry ze základního monitorování, jako jsou compliance dýchacího systému, rozdíl mezi vdechovanou a vydechovanou koncentrací kyslíku, Surgical Plethysmography Index z pulzní oxymetrie. Změny EEG při stárnutí a využití spektrogramů v úvodu, při vedení a probouzení z anestezie budou předmětem třetí části tohoto souboru článků.

Klíčová slova: EEG, anestezie, index hloubky anestezie, spektrogram, Fourierova transformace.

Monitoring of processed EEG under anesthesia II

Processed EEG (pEEG) monitoring is currently used in four indications. The benefit has been demonstrated in the reduction of awakening and recovery times and in reducing the risk of accidental awareness during general anesthesia with the TIVA technique, while the indications for prevention of too deep anesthesia and personalization of anesthesia management are still questionable. Intuitively, it seems that personalized management of anesthesia using data not only from pEEG, but also from other basic monitors could improve results. The relevant studies are still ongoing. Spectrograms obtained by Fourier transformation of the raw EEG curve are suitable for personalizing anesthesia. In the spectrograms, there are significant variations between individual anesthetics, which are caused by different mechanisms of effects and various effects on neuronal circuits in the brain. Parameters such as median frequency and spectral edge frequency (SEF) are also useful. The spectrograms are shown on some monitors that are already commonly available in the Czech Republic such as SedLine Sedation Monitor, Conox or newer generation BIS devices. To titrate antinociception in anesthesia, not only pEEG, but other parameters from basic monitoring, such as respiratory system compliance, the difference between inhaled and exhaled oxygen concentration, Surgical Plethysmography Index from pulse oximetry can also be used. Aging-related EEG changes and the use of spectrograms at the beginning, during maintenance, and emergence from anesthesia will be presented in the third part of this collection of articles.

Key words: EEG, anesthesia, depth of anesthesia index, spectrogram, Fourier transformation.

KORISPONDENČNÍ ADRESA AUTORA:
MUDr. Michal Horáček, DEAA, michal.horacek@fnmotol.cz

Článek přijat redakcí: 12. 7. 2022; Článek přijat k tisku: 21. 8. 2022;
Cit. zkr.: Anest. intenziv. Med. 2022;33(3-4): ???