



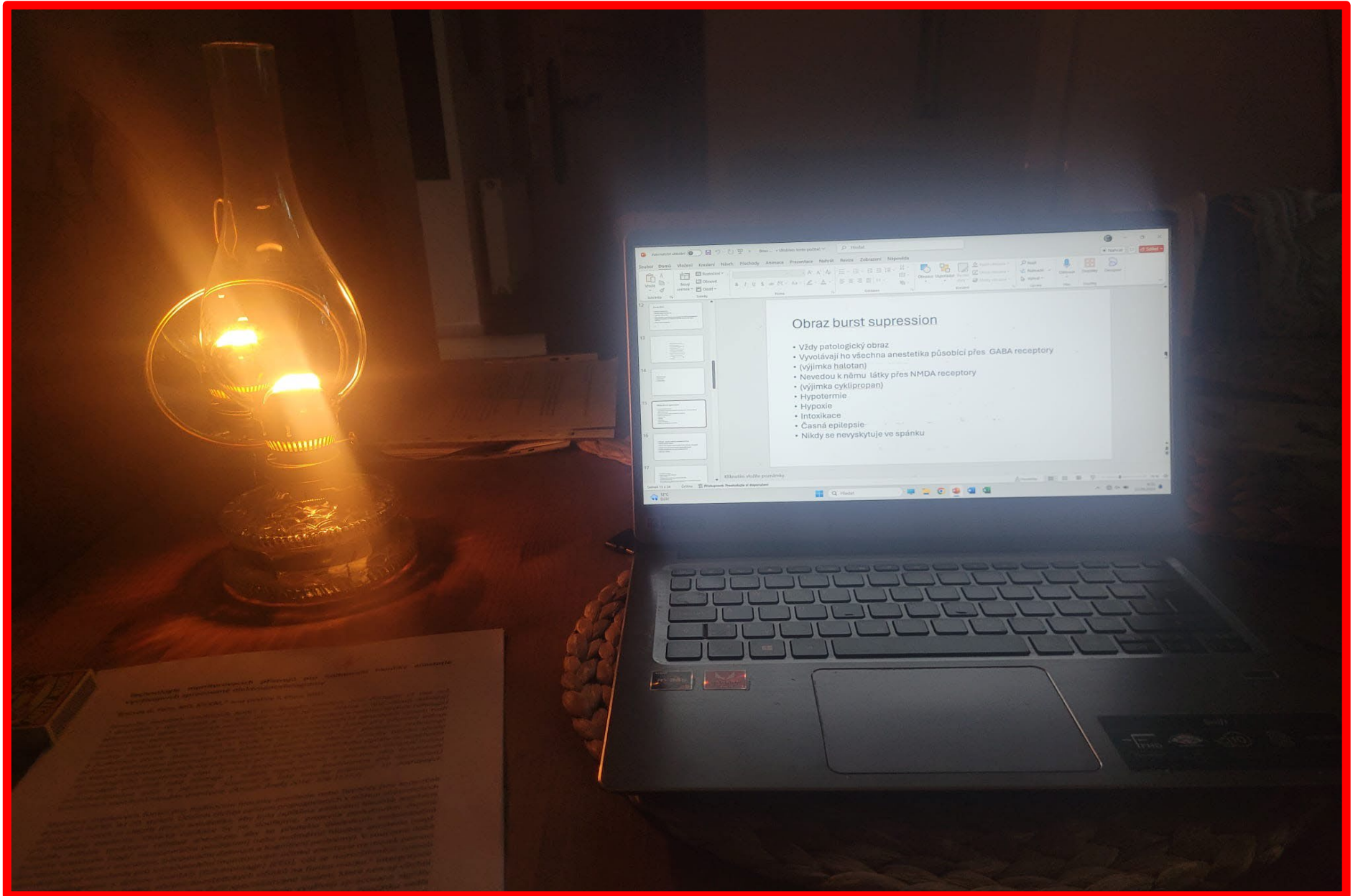
# Hloubka anestezie: indexy, křivky, spektra – co sledovat?

J.Divák KARIM FNO a LF OU



# Proč jsem zase dodělával přednášku hodinu před prezentací na kongresu?

- Jsem lenivý? **ANO JSEM !! A hodně!!!**
- Jsem nemocný
- Krizová- nečekaná událost v rodině(....,nemoc/úmrtí domácího mazlíčka, narození vnučky...)
- Pokazil se počítač a přednášku jsem si nezálohoval
- Přírodní katastrofa(požár, povodně?)



### Obraz burst supression

- Vždy patologický obraz
- Vyvolávají ho všechna anestetika působící přes GABA receptory (výjimka halotan)
- Nevedou k němu látky přes NMDA receptory (výjimka cyklpropán)
- Hypotermie
- Hypoxie
- Intoxikace
- Časná epilepsie
- Nikdy se nevyskytuje ve spánku



# Osnova přednášky:

- Hloubka CA
- EEG-pár slov
- Indexy
- Syrové křivky EEG
- Spektogramy
- Závěr

FEATURED ARTICLES: NARRATIVE REVIEW ARTICLE

# Depth of Anesthesia and Nociception Monitoring: Current State and Vision For 2050

Laferrière-Langlois, Pascal MD, MSc, FRCPC<sup>\*,†</sup>; Morisson, Louis MD, MSc, DESAR<sup>†</sup>; Jeffries, Sean MSc<sup>‡</sup>; Duclos, Catherine PhD<sup>†</sup>; Espitalier, Fabien MD, PhD, DESAR<sup>§</sup>; Richebé, Philippe MD, PhD, DESAR<sup>\*,†</sup>

[Author Information](#) 

*Anesthesia & Analgesia* 138(2):p 295-307, February 2024. | DOI: 10.1213/ANE.0000000000006860

BUY

CORRESPONDING ARTICLE

INFOGRAPHIC

 Metrics

[1]

# Hloubka CA

**Co bychom měli správně sledovat, když monitorujeme mozek kvůli anestezii?**

**Ideální vlastnosti monitoru: tj. měl by splňovat tyto charakteristiky:**

- 1) vysoká obnovovací frekvence s nízkou latencí, aby se zajistilo, že zobrazené hodnoty odrážejí aktuální stav pacienta;
- 2) snadnost použití a interpretace
- 3) ekonomická životaschopnost.
- 4) vysokou senzitivitu a specifitu, aby byl přizpůsoben individuálnímu stavu pacienta.

# Hloubka CA

Až dosud je úspěch ve vývoji účinných monitorů omezován **zacykleným dilematem**: definice používaná k charakterizaci vědomí a bolesti sama o sobě určuje citlivost

ALE:

**vědomí/nevědomí:**

- ❑ nejsou jednoduché binární stavy
- ❑ existuje několik stavů bezvědomí v rámci anestezie
  - „spojené uvědomění“
  - „dysanestézie“
  - „kognitivní uvolnění“



# Hloubka CA

## ☐ neuronální excitabilita:

- zvýšená  
nebo
- inhibovaná

je klíčovým prvkem přispívajícím ke stavu vědomí

## ☐ existují **tři mechanismy**, jak tuto excitabilitu snížit:

- hyperpolarizace klidového potenciálu buňky: většina GABAergních léků
- zvýšení prahu pro generování akčního potenciálu
- snížení amplitudy a rychlosti šíření akčního potenciálu

# EEG-úvod

☐ **Mozek:** cílový orgán většiny látek podávaných při anestezii/**iatrogenní řízená intoxikace anestetiky a opiody/**

☐ **Vědomí:** důsledek činnosti neuronů, která je spojena **s elektrickou aktivitou** v důsledku přenosu iontů na jejich membránách a synapsích →

→ snímat a posuzovat tuto **aktivitu jako projev funkce mozku** u: např.:

- U neurologických onemocnění
- během anestezie

→ registrovat měnící se polarizaci neuronů zejména pacemakerového typu (spontánně vytvářející oscilaci) zapojených do neuronových sítí →

→ zaznamenat rozdíl potenciálů mezi dvěma elektrodami (elektrické napětí) → **EEG**

# EEG-úvod

- ❑ představuje součet **postsynaptických kortikálních neuronálních potenciálů**
- ❑ aby byl celkový generovaný proud registrován senzory, musí proniknout několika vrstvami tkáně a monitorovacími elektrodami
- ❑ signály přijímané na povrchu kůže jsou přibližně 100krát menší než ekg. signály a v důsledku toho jsou velmi citlivé na elektrické rušení a artefakty
- ❑ těsná blízkost senzoru k rostrálním strukturám mozku umožňuje detekovat EEG signály v korelaci s **nervovými funkcemi mozkové kůry**:
  - bdělost
  - uvědomění si
  - paměť

# EEG-úvod

## ❑ Anestetika (většinou):

- inhibují kortikální funkci
- snižují celkovou aktivitu neuronů
- zpomalují EEG křivky a zvyšují jejich synchronizaci

## ❑ Pozorovaná korelace změny stavu vědomí a EEG s hloubkou anestezie :

- jsou obecně konzistentní a reprodukovatelná
- poskytuje základ pro monitorování hloubky anestezie na základě EEG

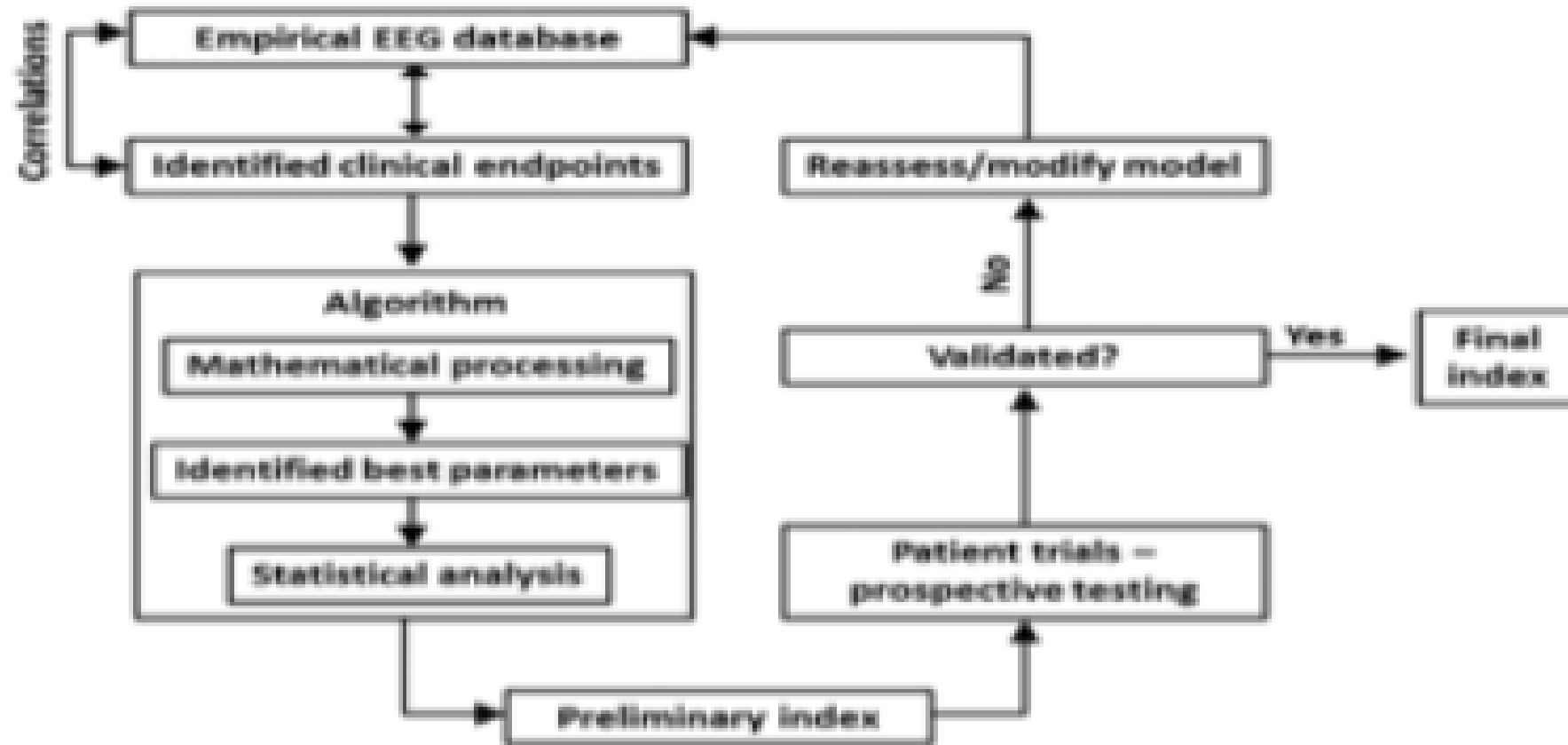
# Koncepční návrh současných monitorů hloubky anestezie

- ❑ základem monitorování hloubky anestezie na základě EEG jsou:
  - behaviorální koreláty
    - a
  - změny EEG, ke kterým dochází s rostoucí hloubkou anestezie.
- ❑ Signály EEG a související behaviorální reakce se zvyšujícími se úrovněmi anestezie od zdravých pacientů se shromažďují, aby se vytvořila **referenční databáze**.
- ❑ Jsou identifikovány **relevantní klinické koncové body** (např. ztráta vědomí, ztráta reakce na zvyšující se intenzitu stimulů, návrat bdělosti...)

# Koncepční návrh současných monitorů hloubky anestezie

- ❑ **analýza databáze** : nejslibnější korelační parametry jsou extrahovány a kategorizovány pomocí vysoce komplexních matematických metod pro **předběžný index hloubky anestezie**.
- ❑ tento algoritmus je pak testován v klinických studiích.....**ověření algoritmu**
- ❑ komplexní algoritmy pro mnoho monitorů jsou proprietární

# Koncepční návrh současných monitorů hloubky anestezie [3]



# Zpracování signálu EEG

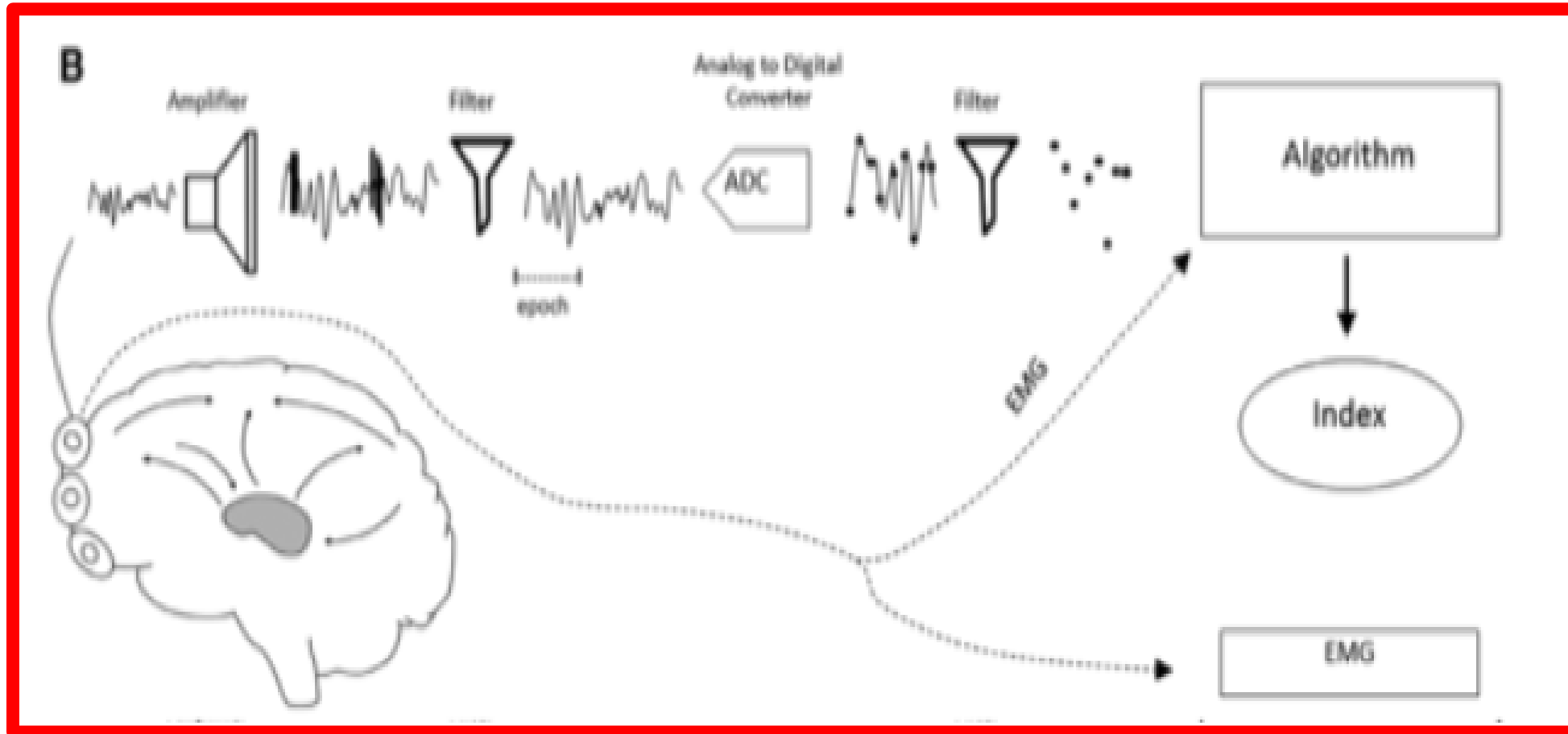
- ❑ snímání a záznam nezpracovaných signálů EEG a zesílení
  - elektrody ve frontální oblasti:
    - v anestezii se nejvyšší amplituda přesunuje z okcipitální oblasti frontálně (**anteriorizace-frontalizace EEG**)
    - čelo je dostupné
- ❑ počáteční filtrování vnějšího šumu.
- ❑ analogové signály jsou poté rozděleny do epoch (časových intervalů) a převedeny na digitální data
- ❑ data jsou dále filtrována na požadované signály před složitou matematickou manipulací.



# Zpracování signálu EEG

- ❑ algoritmus v každém monitoru hloubky anestezie extrahuje relevantní rysy nebo parametry EEG a určí konečný **index hloubky anestezie** na základě statistické analýzy a klasifikace těchto parametrů.
- ❑ EMG data jsou často začleněna do algoritmů (většina algoritmů je proprietární)

# Zpracování signálu EEG



[3]

# Monitory hloubky CA založených na EEG v abecedním pořadí

- ❑ AEP Monitor/2 (Danmeter A/S, Odense, Denmark)
- ❑ BIS Monitor (Medtronic, Minneapolis, MN)
- ❑ Cerebral State Monitor (Danmeter A/S, Odense, Denmark)
- ❑ Entropy Module (GE Health care Technologies, Helsinki, Finland)
- ❑ Index of consciousness monitor (Morpheus Medical, Barcelona, Spain)
- ❑ Narcotrend Monitor (MonitorTechnik, Bad Bramstedt, Germany)
- ❑ NeuroSENSE Monitor (NeuroWave Systems Inc, Cleveland Heights, OH)
- ❑ SEDline Monitor (Masimo, Irvine, CA)
- ❑ SNAPII Monitor (Stryker, Inc, Kalamazoo, MI)
- ❑ qCON 2000 monitor (Quantium Medical, Barcelona, Spain) )



British Journal of Anaesthesia

Volume 131, Issue 2, August 2023, Pages 196-199



Editorial

## Depth of anaesthesia monitoring: time to reject the index?

Timothy J. McCulloch<sup>1,2</sup>  , Robert D. Sanders<sup>1,2,3,4</sup>





British Journal of Anaesthesia

Volume 130, Issue 5, May 2023, Pages 536-545



Neuroscience and Neuroanaesthesia

## Five commercial 'depth of anaesthesia' monitors provide discordant clinical recommendations in response to identical emergence-like EEG signals

Darren Hight<sup>1</sup>  , Matthias Kreuzer<sup>2</sup>, Gesar Ugen<sup>1</sup>, Peter Schuller<sup>3</sup>, Frank Stüber<sup>1</sup>, Jamie Sleight<sup>4</sup>, Heiko A. Kaiser<sup>1,5</sup>

PŘEHLEDOVÝ ČLÁNEK / REVIEW ARTICLE | 79

Monitorování počítačem zpracovaného EEG v anestezii I

## Monitorování počítačem zpracovaného EEG v anestezii I

Horáček M.<sup>1,2</sup>

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

<sup>2</sup>Katedra anesteziologie a intenzivní medicíny, Institut postgraduálního vzdělávání ve zdravotnictví, Praha

# Limitace indexů hloubky CA

- ❑ klinické známky : okamžik ztráty vědomí nebo obnovení koreluje s hodnotou indexů omezeně
- ❑ prodleva zpracování křivky
- ❑ hodnota indexů se počítá za určitou dobu: epochu
- ❑ patentované algoritmy
- ❑ nejsou korigovány k věku
- ❑ odrážejí pouze frontální aktivitu:
  - tato oblast není ústřední pro vytváření vědomí samotného
  - během CA a spánku koreláty vědomí pravděpodobně sídlí v hlubších strukturách: **přední a zadní cingulární kůra**
- ❑ změny nejsou lineární, ale bisigoideální
- ❑ NMDA anestetika

[2,4,5]

# Křivka EEG

## ☐ monitor hloubky CA

- index hloubky CA
- „syrová,, křivka EEG
- spektogram

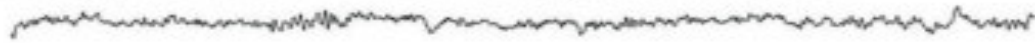
## ☐ **Obecně platí:**

- s prohlubující se anestezii dochází ke zpomalování frekvence oscilací a ke zvyšování, později ke snižování jejich amplitudy

## ☐ obraz burst suppression

# Křivka EEG

A **Bdělý, otevřené oči: beta a gama oscilace**



B **Paradoxní excitace: beta oscilace**



C **Sedace: alfa a beta oscilace**



D **Chirurgická anestezie: pomalé a alfa oscilace**



E **Hluboká anestezie (hlavně po úvodu): pomalé oscilace**



F **Velmi hluboká anestezie: burst suppression**



G **Isoelektrická linie**



# Obraz burst suppression

☐ vždy patologický obraz

☐ **příčina:**

- vyvolávají ho všechna anestetika působící přes GABA receptory  
(výjimka halhotan)
- nevedou k němu látky přes NMDA receptory  
(výjimka cyklopropan)
- hypotermie
- hypoxie
- intoxikace
- časná epilepsie

☐ nikdy se nevyskytuje ve spánku

[2]



# Obraz burst suppression

- ❑ střídání „burstů“,=výbojů a isoelektrické linie
- ❑ na EEG křivce se střídají:
  - období ,kdy neurony projevují **elektrickou aktivitu**: firing(pálí)
  - **období klidu** ,kdy jsou neurony hyperpolarizovány
- ❑ každé anestetikum má své charakteristické BS
- ❑ mění se s věkem

# Obraz burst suppression

□ kvantifikovat BS lze:

- počtem epizod BS v záznamu
- jejich trváním

▪ **Burst Suppression Ratio (BSR):**

- poměr trvání suprese EEG (isoelektrické linie) k trvání epochy, výsledkem je číslo mezi 0 a 1,
  - 0 znamená, že se BS v epoše nevyskytuje,
  - 1 znamená, že celá epocha je vyplněna isoelektrickou linií

▪ **pravděpodobností BS.**

- pravděpodobnost BS stoupá lineárně s hloubkou anestezie

# Obraz burst suppression

## ☐ automatická detekce BS:

- nemusí na rozdíl od **vizuální analýzy** přesně zachycovat výskyt BS
- podhodnocovat/ nadhodnocovat
- má nižší citlivost zejména:
  - u seniorů kvůli změnám EEG při stárnutí: nízká voltáž EEG
  - prodlužující vzdálenost mezi elektrodami a mozkiem
  - v poloze na břiše

## ☐ k rozeznání BS je potřeba:

- sledovat syrovou křivku
- mít správně nastavenou citlivost snímání ( $\mu\text{V}/\text{mm}$ )

# Obraz přiměřené chirurgické anestezie

## □ Kdy?

- není-li na syrové EEG křivce patrný obraz BS (příliš hluboká anestezie nebo patologie)
- jsou-li patrné kontinuální oscilace

## □ Průběh:

- EEG křivka pomalu kolísá (**v pásmu delta**) a na tyto pomalé oscilace nasedají další, většinou menší, ale rychlejší oscilace (**v pásmu alfa**).
- lze si představit dvě sinusoidy položené na sebe, které tak spolu **vytvářejí vzorec alfa -delta**.

# Vzorec alfa -delta

Hyperpolarizací kůry i thalamu **GABA -mimetickými anestetiky**

- ❑ **Hyperpolarizace thalamu** ho přepíná z **přenosového („relay“)** módu při vědomí a v REM spánku, kdy jsou sensorické informace přenášeny do příslušných korových center, do **„bursting“ módu** (oscilace v pásmu alfa), v němž je thalamo - kortikální konektivita porušena
- ❑ **Hyperpolarizace kůry** narušuje **intrakortikální konektivitu**, kůra se tak rozděluje (fragmentuje) na okrsky.
- ❑ **Vzorec alfa –delta:**
  - by neměl být slučitelný s vědomím
  - měl by ukazovat dostatečný útlum účinku nociceptivních impulsů na mozek
  - měl by to být cíl titrace GABA -anestetik

# Alfa oscilace

- ❑ se posouvají po křivce **delta oscilací** s hloubkou anestezie
- ❑ mohou měnit svou velikost i v průběhu stabilní anestezie, a to v závislosti na **míře antinocicepce**.
- ❑ **pokud se amplituda alfa oscilací snižuje, či dokonce tyto oscilace vymizí:**
  - může to při stabilní anestezii ukazovat:
    - na nedostatečnou antinocicepci
    - také však na technický problém s odpařovačem, resp. s dávkovačem, nitrožilní linkou či žilním vstupem v případě TIVA)
  - se snižuje se stoupajícím věkem
  - při kognitivní dysfunkci
  - se změnou stavu pacienta (např. v sepsi, u drogově závislých

[2]

# Alfa oscilace

- **maximální amplituda alfa oscilací** v průběhu CA může představovat ideální stav celkové anestezie:
  - s dostatečnou anti- nocicepcí
  - vhodnou hloubkou anestezie

# Spektrální analýza

## EEG:

snímá, registruje, zpracovává a zobrazuje na monitoru **postsynaptické potenciály vytvářené neurony v kůře mozku (rytmy)**.

## pEEG:

počítačem zpracovaná EEG křivka/křivky z více svodů snímajících rozdíl potenciálů mezi dvěma místy na lebce



# pEEG

hodnotí se :

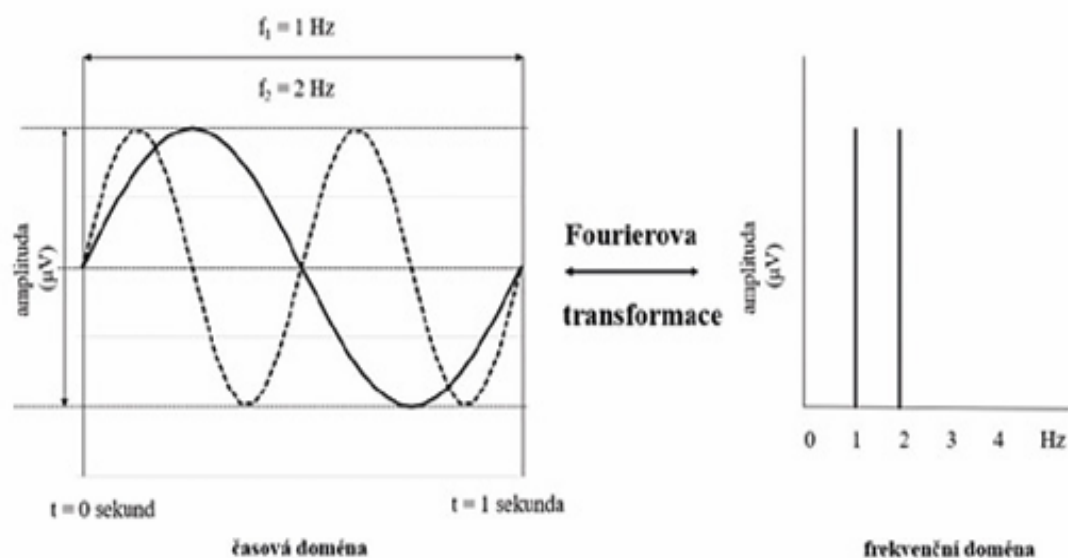
- tvar
- frekvence
- amplituda oscilací
- korelace:
  - v případě více svodů i jejich korelace:
  - lineární závislost ve vybraných kmitočtových pásmech mezi jednotlivými oblastmi kůry
  - koherence:
    - měřítko synchronie mezi dvěma signály téže frekvence

# Monitory EEG

- jsou digitální
- křivky snímají v diskrétních okamžicích v čase s určitou vzorkovací frekvencí, ale hodnoty amplitud (voltáž) se interpolují do spojitě křivky
- EEG křivku jako signál lze zkoumat **v doméně:**
  - **časové:** jak se mění v čase, změny od bdělosti až k isoelektrické linii
  - **frekvenční:** kolik výkonu signálu leží v každém daném frekvenčním pásmu v rozsahu snímaných frekvencí

# Frekvenční spektrum

**Obr. 2.** Schéma Fourierovy transformace dvou sinusoid s frekvencemi 1 a 2 Hz se stejnou amplitudou a fází z časové do frekvenční domény



**zobrazuje:**

- frekvence přítomné v křivce EEG
- jejich amplitudy
- fáze posunu v období jedné epochy.
- je prostorové:, a proto je možné pozorovat ho ze strany amplitud (frekvence na ose x, amplituda na ose y, amplitudové či výkonové spektrum)

[6]

# Spektrogram

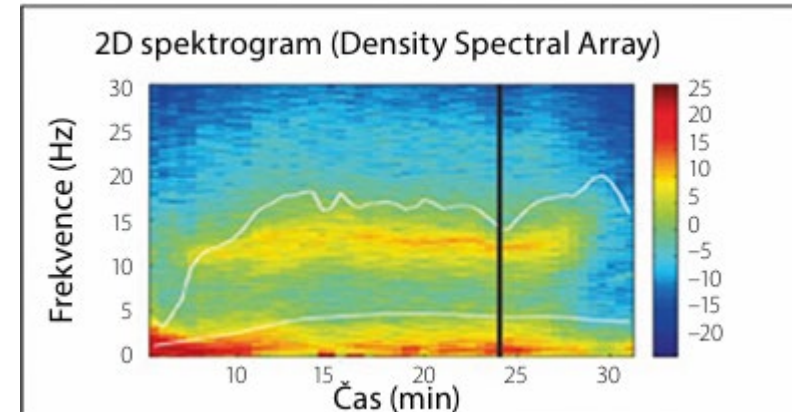
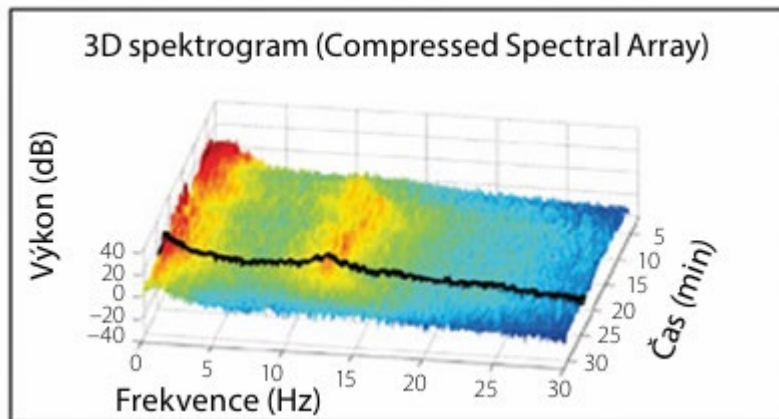
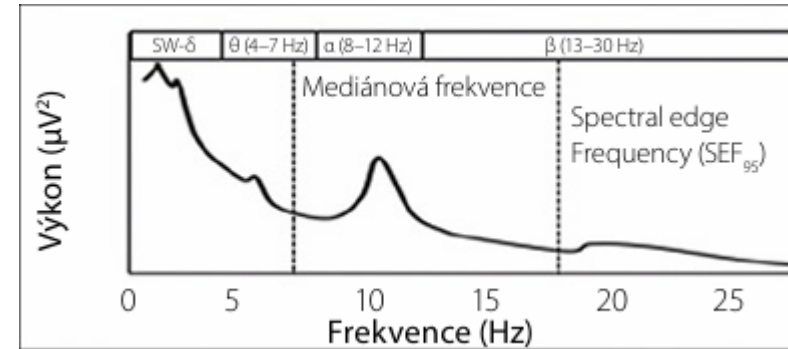
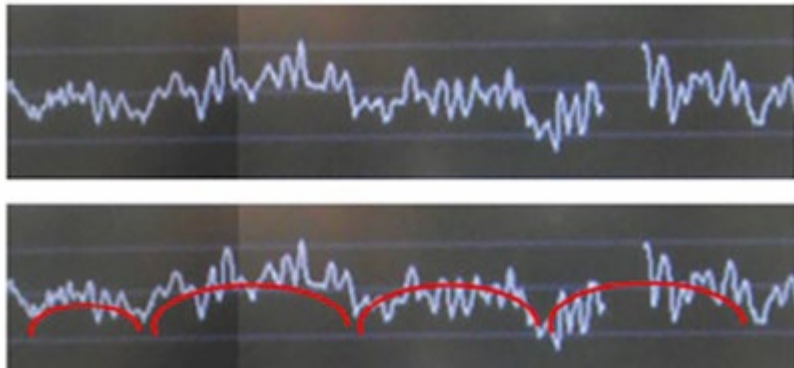
- ❑ vizuální reprezentace spektra frekvencí signálu, jak se mění v čase. Při aplikaci na zvukový signál se spektrogramy někdy nazývají sonografy
- ❑ zobrazuje frekvenční obsah nezpracovaných časových řad EEG tak, jak se mění v čase: frekvence je vynesena na ose y, čas na ose x a výkon je vyznačen barevně.

# 3D spektrogram: Compressed Spectral Array)

umožňuje postihnout vývoj v čase: řazením výkonových spekter za sebou podle osy zezadu směrem dopředu.

- na ose x: **frekvence**
- na ose y : **výkon** ( $\mu V^2$ , dB)
- na ose z: **čas**
- bohužel, stále se jedná o trojrozměrné zobrazení, jehož hodnocení je obtížné
- pro zjednodušení se proto 3D spektrogram převádí na dvourozměrný spektrogram: **Density Spectral Array [6]**

# Celý postup d syrové EEG křivky až po 2D spektrogram [6]



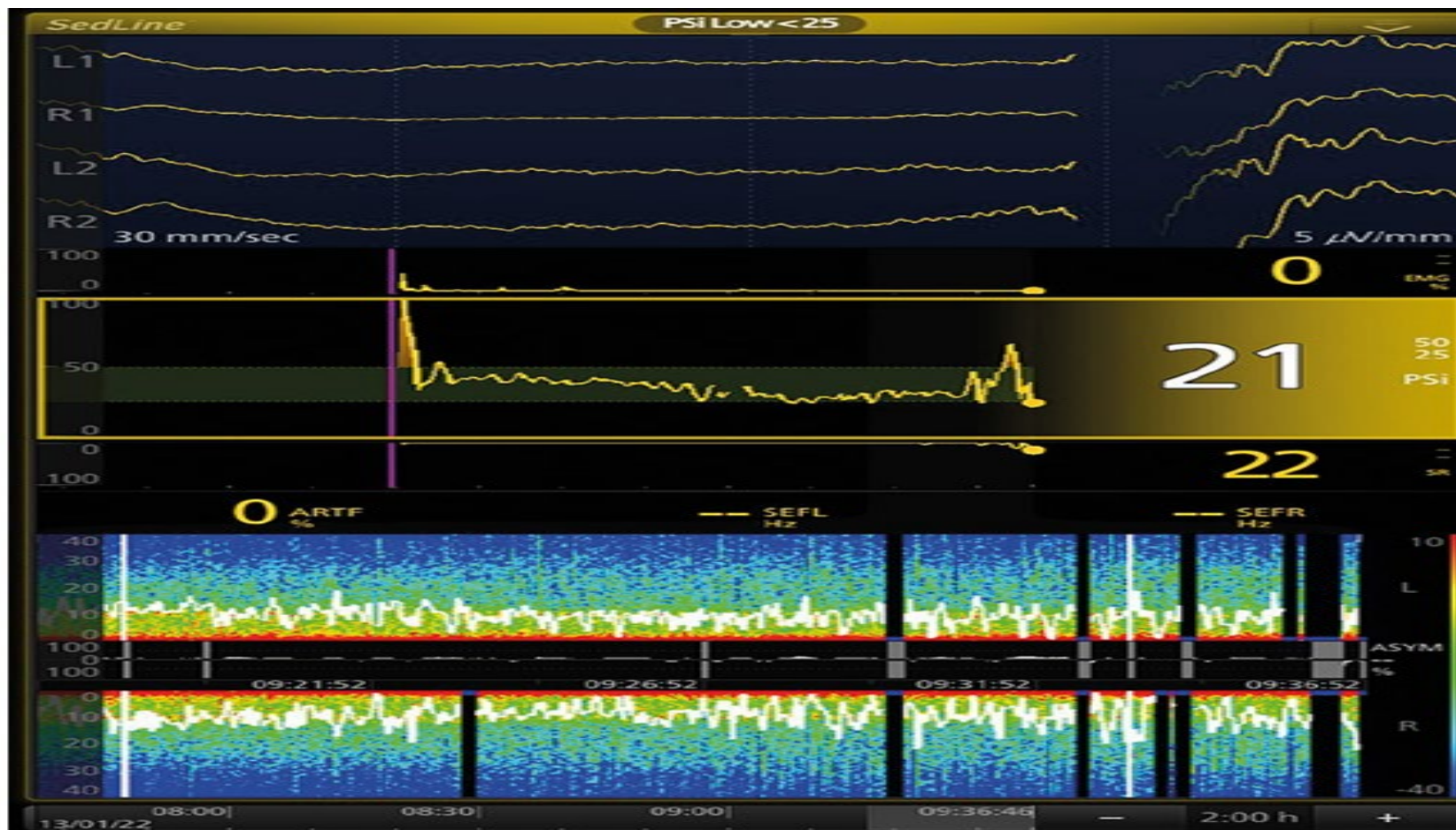
# Obraz BS na spektrogramu

Příliš hluboká anestezie vede na syrové křivce až:

- k jevu burst suppression (BS)
- resp. až k isoelektrické linii

## **Obraz BS na spektrogramu:**

- tvoří střídání svislých černých linií s tmavě modrou patkou, což jsou období supresí, kdy je amplituda křivky EEG nižší než prahová, s bursty



**Burst suppression: EEG a spektrogram u 75leté pacientky (propofol, sufentanil, sevofluran)**

- **V horní části syrové EEG křivky:** zleva 3 sekundy isoelektrická linie, v čtvrté sekundě burst, hodnota PSI (Patient State Index) 21
- **v dolní části:** Suppression Ratio (SR) 22 (ideálně 0, EEG bez BS), na spektrogramu za posledních 20 minut v pravé části obraz BS: černé sloupce s modrou patkou přerušující spektrum [6]



# Spektrogramy jednotlivých celkových anestetik

## Celková intravenózní i inhalační anestetika:

- působí na celou řadu buněčných struktur (jde o tzv. „dirty“ drugs)
- každé má své molekulární spektrum účinku
- působí různě na různé okruhy v mozku

Na **syrových EEG křivkách** jsou však rozdíly mezi jednotlivými anestetiky okem většinou jen těžko rozeznatelné, kdežto na **spektrogramech** jsou patrné jasně

- oba parametry usnadňují posouzení, kam se výkon ve spektru při změně hloubky anestezie posunuje → čím je anestezie hlubší, tím jsou tyto hodnoty u anestetik působících prostřednictvím GABA nižší

[6]

ELSEVIER

BJA Education



[BJA Educ.](#) 2020 May; 20(5): 166–172.

Published online 2020 Feb 20. doi: [10.1016/j.bjae.2020.01.004](https://doi.org/10.1016/j.bjae.2020.01.004)

PMCID: PMC7807831

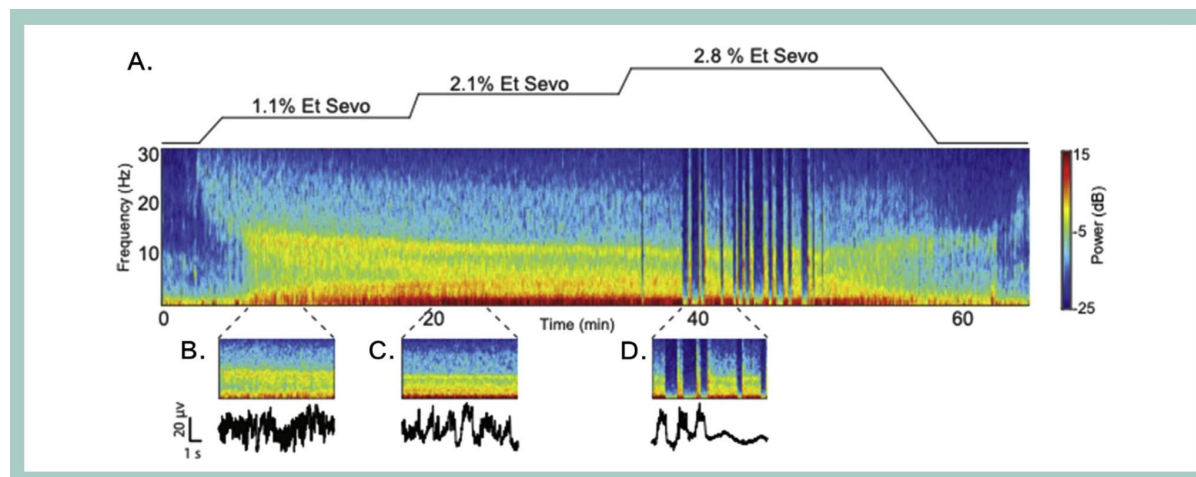
PMID: [33456946](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/33456946/)

## Role of electroencephalogram oscillations and the spectrogram in monitoring anaesthesia

[M.Cindy Kim](#),<sup>1,\*</sup> [G.L. Fricchione](#),<sup>2</sup> [E.N. Brown](#),<sup>1,3</sup> and [O. Akeju](#)<sup>1,4</sup>

▶ [Author information](#) ▶ [Article notes](#) ▶ [Copyright and License information](#) ▶ [PMC Disclaimer](#)

# Sevofluran



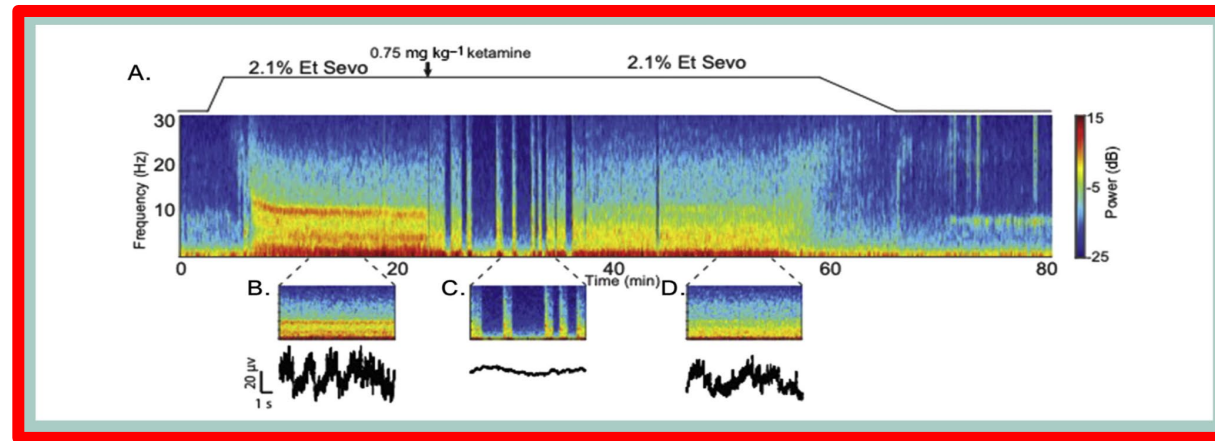
**A:** Koncentrace sevofluranu na konci dechu a odpovídající spektrogram frontálního EEG. Spektrogram ukazuje, že EEG se systematicky mění v závislosti na koncentraci anestetika. Na spektrogramu lze jasně ocenit změny EEG závislé na koncentraci léčiva.

**B:** Při koncové koncentraci sevofluranu 1,1 % vykazuje EEG **zvýšené oscilace pomalé delta (0,1-4 Hz) a beta (13-33 Hz)** (horní panel). Tato dynamika je lépe patrná na spektrogramu ve srovnání s časovou řadou EEG (spodní panel).

**C:** Při 2,1% koncentraci sevofluranu na konci dechu EEG ukazuje, že síla kmitů slow-delta se dále zvyšuje. Širokopásmové oscilace b spojené se sevofluranem 1,1 % se **úzce omezují na úzké frekvenční pásmo alfa (8-12 Hz)**. Kromě toho se zvyšuje síla oscilací théta (4-8 Hz) (horní panel). Zvýšení oscilací théta má za následek výskyt rovnoměrně rozloženého výkonu od frekvenčního pásma slow-d až po pásmo a. Tato dynamika je lépe patrná na spektrogramu ve srovnání s časovou řadou EEG (spodní panel).

**D** Další zvýšení koncentrace anestetika může vést k potlačení burstů. Tento stav je charakterizován střídáním izoelektricity a krátkých výbuchů aktivity EEG. **[7]**

# Ketamin



- (A) *Koncentrace sevofluranu na konci vydechovaného vzduchu a odpovídající spektrogram EEG v čelní oblasti. Spektrogram ukazuje, že EEG se mění systematicky v závislosti na koncentraci anestetika. Změny EEG v závislosti na koncentraci léku jsou na spektrogramu jasně patrné.*
- (B) *Při koncentraci sevofluranu na konci vydechovaného vzduchu 2,1% ukazuje EEG zvýšení výkonu pomalých (0,1–4 Hz), theta (4–8 Hz) a alfa (8–12 Hz) oscilací. Zvýšení **theta oscilací** vede k tomu, že se výkon rovnoměrně rozloží od pomalých po alfa frekvenční pásma. Tento dynamický proces je lépe patrný na spektrogramu ve srovnání s časovým průběhem EEG (dolní panel).*
- (C) *Podání dodatečné dávky ketaminu může vést k potlačení výbojů. Tento stav se vyznačuje střídáním mezi izoelectricitou a krátkými výbuchy EEG aktivity. Na spektrogramu jsou období nečinnosti znázorněna jako přerušení na spektrogramu (horní panel). Tento dynamický proces je rovněž patrný na časovém průběhu EEG (dolní panel).*
- (D) *Podání dodatečné dávky ketaminu je obvykle spojeno se snížením výkonu delta (1–4 Hz), theta a alfa oscilací (horní panel). Tento stav je rovněž spojen s širokopásmovým zvýšením výkonu beta oscilací (13–33 Hz).*

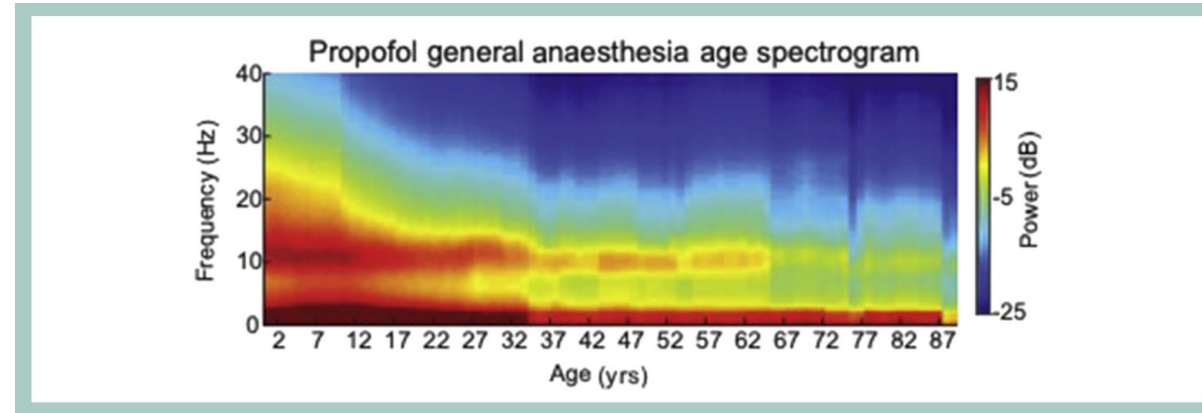
*Tyto změny mohou vysvětlit, proč **EEG-based indexy** často ukazují vysoké hodnoty u pacientů, kteří dostávají ketamin. Tento dynamický proces je lépe patrný na spektrogramu ve srovnání s časovým průběhem EEG (dolní panel). Et, koncová koncentrace vydechovaného vzduchu; sevo, sevoflurane. [7]*

# Ketamin

- **Zvýšení síly oscilací beta a gama (> 33 Hz)** během ketaminem navozených stavů anestezie může vysvětlovat, proč indexy založené na EEG často vykazují vysoké hodnoty u pacientů, kteří dostávají ketamin.
- **Během disociativního stavu:** vykazuje EEG zvýšenou sílu oscilací théta a sníženou sílu oscilací alfa:
  - tato ketaminem navozená dynamika EEG může být důsledkem toho, že ketamin blokuje excitační glutamatergní vstupy do inhibičních interneuronů
- oscilační dynamika, kterou lze využít k **monitorování analgezie ketaminu, není jednoznačná.**

[7]

# Propofol



## Spektrogram EEG během celkové anestezie propofolem u osob různého věku (2–87 let):

- Ukazuje, že i když struktura EEG vypadá kvalitativně zachována ve všech věkových skupinách (**pomalé delta a alfa oscilace**), výkon těchto oscilací se systematicky mění v závislosti na věku.
- Tyto změny mohou odrážet neurobiologické změny spojené s normálním stárnutím.
- Klinický význam EEG oscilací, které se odchyľují od věkových norem, zatím není zcela jasný. [7]

# Závěr

## □ Spektrogram:

- zobrazuje frekvenční obsah nezpracovaných časových řad EEG tak, jak se mění v čase: frekvence je vynesena na ose y, čas na ose x a výkon je vyznačen barevně.
- umožňuje interpretovat signály EEG a lépe sledovat oscilace EEG v čase

□ nezpracovanou EEG křivku a spektrogram lze použít k monitorování úrovně hloubky CA, tyto dva parametry zobrazuje většina současných DoA

□ **Vytvořit výukový zdroj, který školí anesteziologické pracovníky, jak číst nezpracované časové řady EEG a s nimi související spektrogram.**

# Závěr

- ❑ **Výhody kombinace nezpracovaného EEG a spektrogramu mimo rámec prevence AAGA** (accidental awareness under general anaesthesia ):
  - k diagnostice/ odvození mozkové dysfunkce (perioperační)
  - může odhalit dříve nepoznané souvislosti mezi komorbiditami pacienta a intraoperačními oscilacemi EEG.
- ❑ Nepodceňujeme užitečnost indexového přístupu k monitorování anestetického stavu ale aby namísto přístupu „**jeden index vyhovuje všem**“ byly indexy sestaveny tak, aby zohledňovaly :
  - věk pacientů
  - kombinace anestetik
  - a možná i kritická onemocnění.



# Závěr

- ❑ Monitorování surového EEG a spektrogramu může být principiálním přístupem ke sledování anestetického stavu, který může vést **k zásadním novým poznatkům o funkci mozku.**

# Literatura

- 1. LAFERRIÈRE-LANGLOIS, Pascal, et al. Depth of anesthesia and nociception monitoring: current state and vision for 2050. *Anesthesia & Analgesia*, 2024, 138.2: 295-307.
- 2: HORÁČEK, M., et al. Monitorování počítačem zpracovaného EEG v anestezii I. *Anesteziologie a intenzivní medicína*, 2022, 33.2: 79-89.
- 3: FAHY, Brenda G.; CHAU, Destiny F. The technology of processed electroencephalogram monitoring devices for assessment of depth of anesthesia. *Anesthesia & Analgesia*, 2018, 126.1: 111-117.
- 4: MCCULLOCH, Timothy J.; SANDERS, Robert D. Depth of anaesthesia monitoring: time to reject the index?. *British Journal of Anaesthesia*, 2023, 131.2: 196-199.
- 5: HIGHT, Darren, et al. Five commercial 'depth of anaesthesia' monitors provide discordant clinical recommendations in response to identical emergence-like EEG signals. *British journal of anaesthesia*, 2023, 130.5: 536-545.
- 6.: HORÁČEK, M., et al. Monitorování počítačem zpracovaného EEG v anestezii II. *Anesteziologie a intenzivní medicína*
- 7: KIM, M. Cindy, et al. Role of electroencephalogram oscillations and the spectrogram in monitoring anaesthesia. *BJA education*, 2020, 20.5: 166-172.

Děkuji za pozornost !