

UNIVERSITY HOSPITAL BRNO
FACULTY OF MEDICINE
MASARYK UNIVERSITY



DEPARTMENT OF **PAEDIATRIC**
ANAESTHESIOLOGY
AND INTENSIVE CARE MEDICINE

Neuromonitoring v intenzivní péči

Klučka Jozef



F FAKULTNÍ
NEMOCNICE
BRNO

M U N I
M E D

Obsah

- EBM
- Možnosti neuromonitoringu
- Zlatý standard vs. advanced metody
- Naše klinická praxe



Obsah

- EBM
- Možnosti neuromonitoringu
- Zlatý standard
- Naše klinická



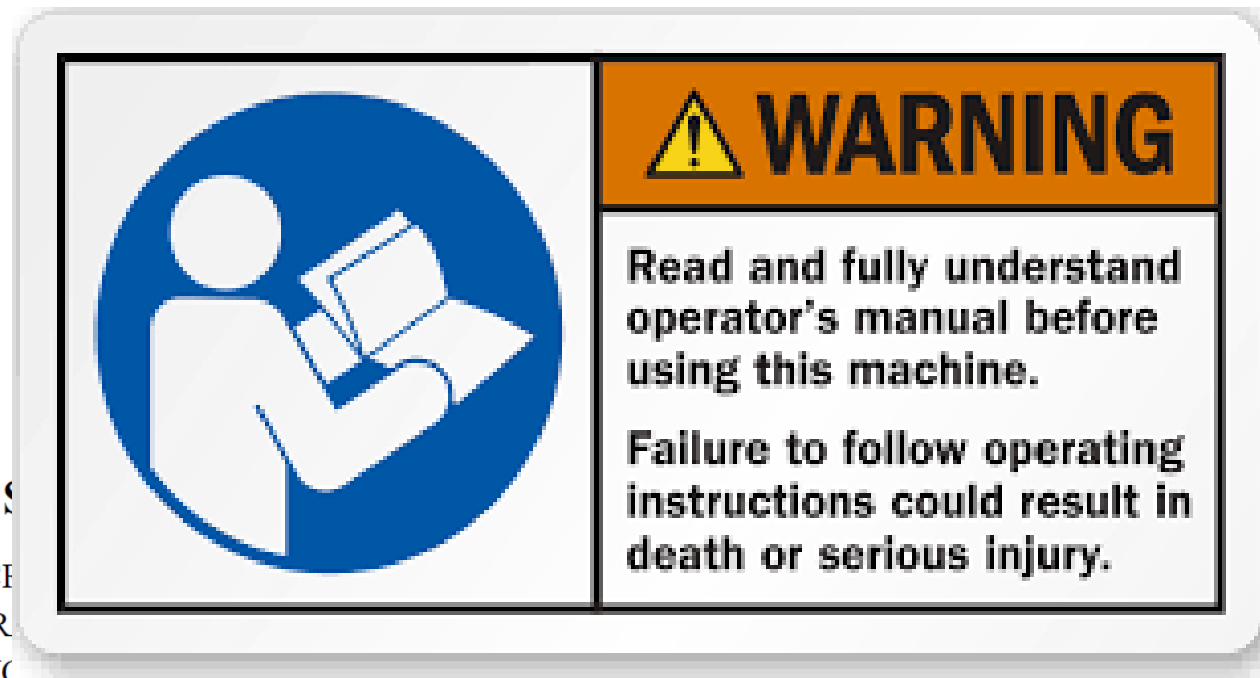
Neuromonitorace?

- Má vést k individualizaci terapie
- Cíl: minimalizace sekundárního poškození CNS (edém, hypoxie, porucha metabolismu, excitotoxicita, křečová aktivita, zánět)



Neuromonitorace

Ne monitorace samotná, ale monitorace, která vede k cílené terapii vede k pozitivnímu ovlivnění outcome



EVIDENCE S

- 12. INTRACR
- 13. CEREBR
- 14. ADVANC

MONITORING ... 130

-132
-145
-151

Neuromonitorace

Ne monitorace samotná, ale monitorace, která vede k cílené terapii vede k pozitivnímu ovlivnění outcome

Guidelines for the Management of Severe Traumatic Brain Injury 4th Edition

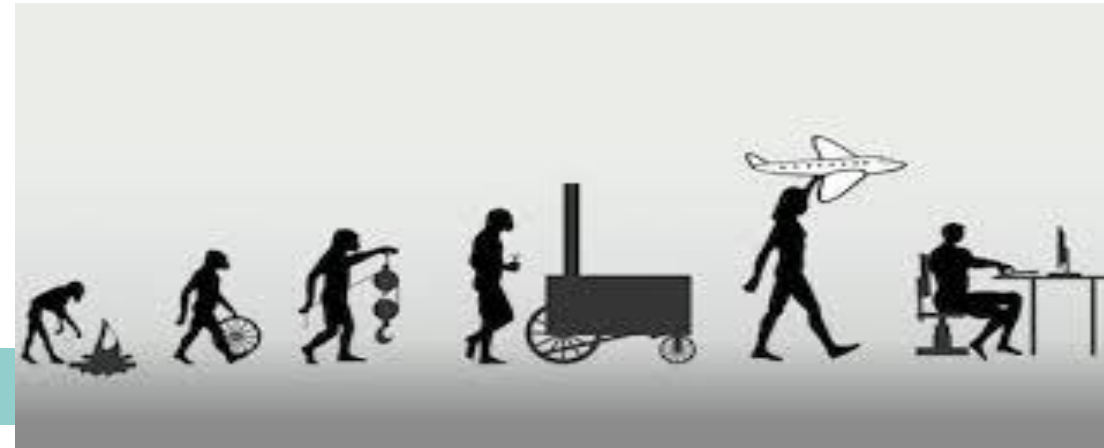
EVIDENCE SYNTHESIS AND RECOMMENDATIONS, PART II: MONITORING ... 130

- 12. INTRACRANIAL PRESSURE MONITORING.....132
- 13. CEREBRAL PERFUSION PRESSURE MONITORING145
- 14. ADVANCED CEREBRAL MONITORING151



Možnosti neuromonitorace

- Klinické vyšetření – vědomí, hybnost končetin, zornice
- **Měření intrakraniálního tlaku (ZKD, intraparenchymové čidlo)**
- Jugulární oxymetrie
- NIRS (blízká infračervená spektroskopie)
- **Tkáňová oxymetrie (Licox®)**
- Transkraniální doppler
- Mikrodialýza (laktát/pyruvát, glukóza, glutamát)
- **EEG**



Doporučení pro klinickou praxi

- Pacient s kraniotraumatem
- Vzbud' pacienta (pokud je to bezpečné), nebo monitoruj ICP (zlatý standard)
- Když jsou k dispozici další možnosti neuromonitorace použij je – cílem je tkáňová perfuze a oxygenace, absence EPI aktivity, normoventilace



- P
- V
- K
- p

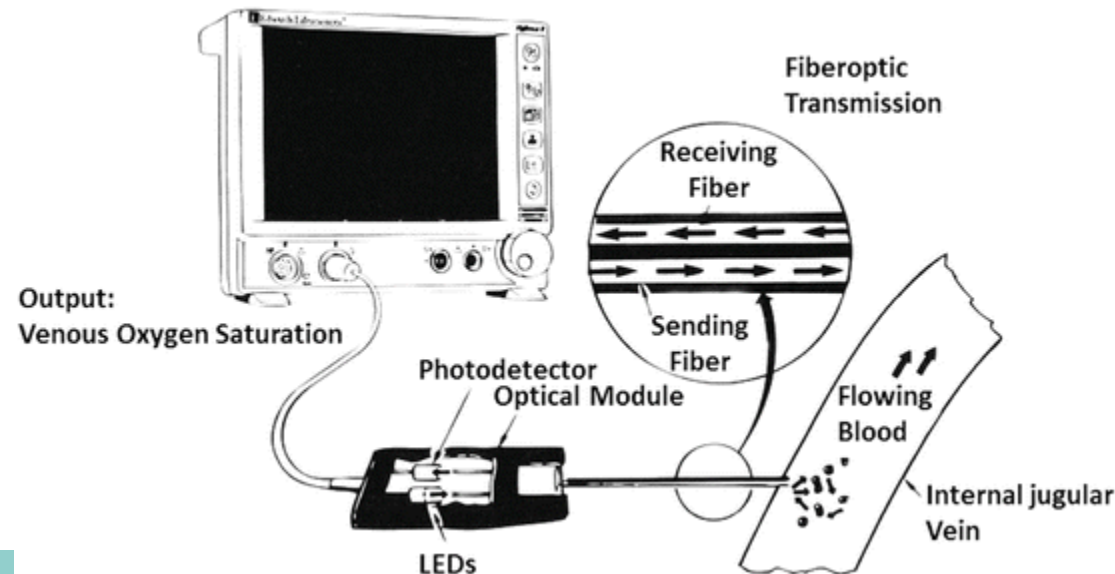


- P
- V
- K
- p



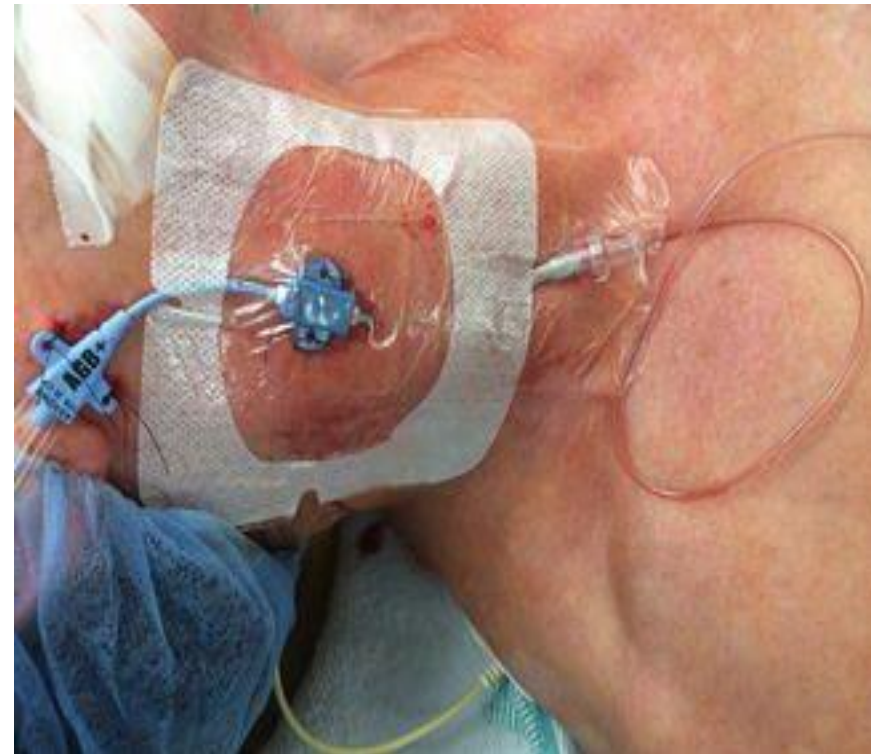
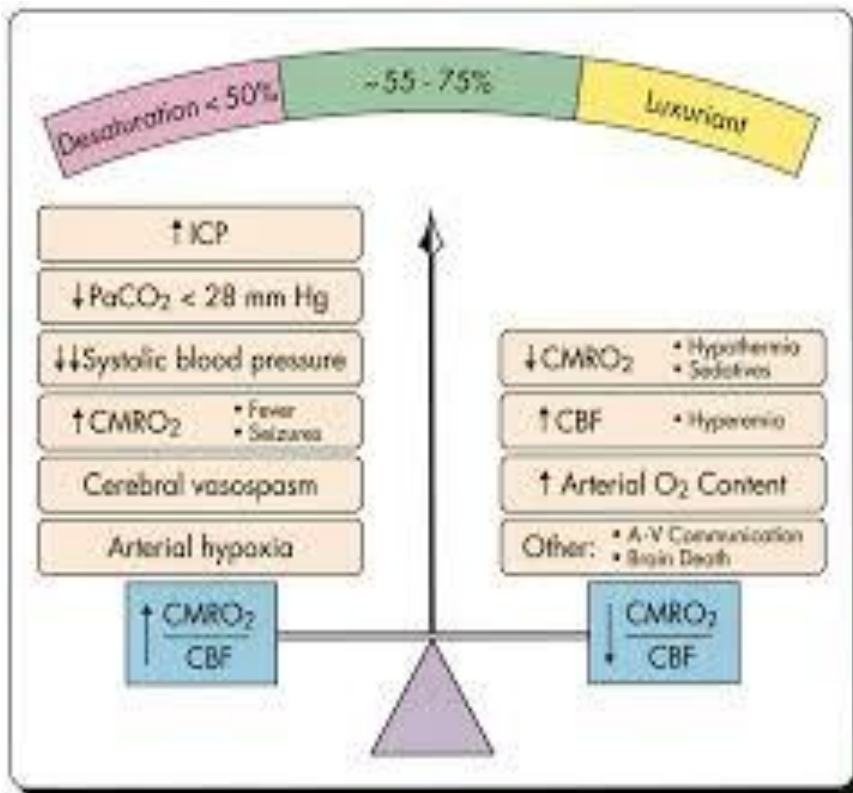
Jugulární oximetrie

- Retrográdně zavedený katetr do oblasti jugulárního bulbu
- Cíl: zhodnotit globální nabídku vs. spotřebu kyslíku mozkem (A-V rozdíl)
- **Detekuje globální stav ne regionální poruchu, která je riziková pro sekundární poškození**



Jugulární oxymetrie

- Jugulární oxymetrie – pozitivní ovlivnění outcome pacientů s TBI (3-6 měsíc), Level III doporučení



Invazivní tkáňová oximetrie

- Invazivní měření – implantace elektrody do mozkové tkáně (bílá hmota)
- Licox® - polarografická Clarkova elektroda – PbTO₂
- Neurotrend® - optická luminiscence – PbTO₂ + pH



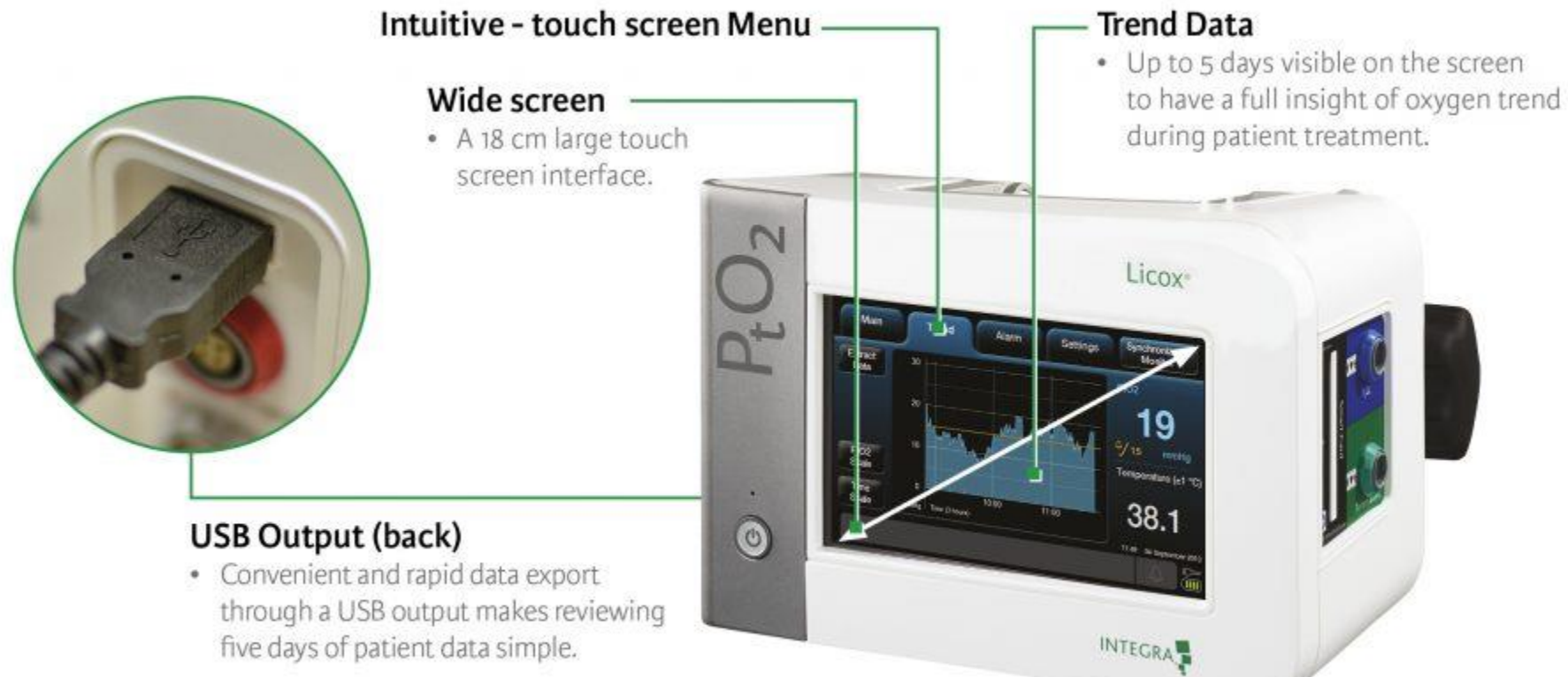
Tkáňová oxymetrie

- Hypoxie měřená je spojena s negativním outcome
- Implantace elektrody (majoritně společně s ICP čidlem)
- Měření mozkové tkáňové oxygenace (P_{brO_2})
- Umožňuje ovlivnit oxygenaci (FiO_2 , transfuze, optimalizace CPP)
- EBM data 50% benefit vs. 50% bez benefitu, Level III doporučení



Tkáňová oxymetrie

- Hypoxie měřená je spojena s negativním outcome
- Implantace elektrody (majoritně společně s ICP čidlem)

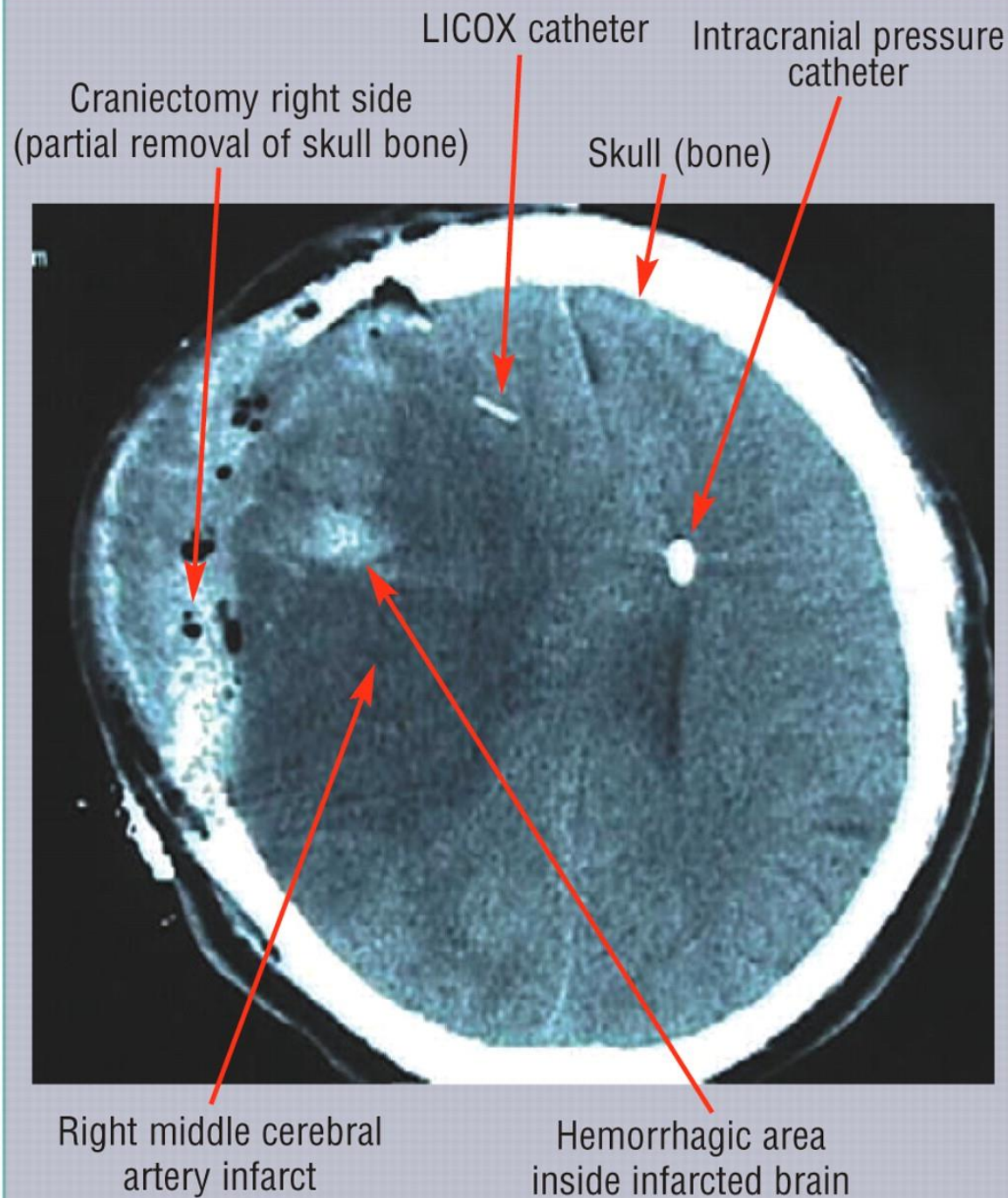


- Hypoxie měřená
- Implantace elektr



USB C

- Con
- throu
- five c



e on the screen
ht of oxygen trend
atment.



Tkáňová oxymetrie (Licox®)

- Riziko při $<15\text{mmHg}$ (PbtO_2)
- Délka trvání ($<15\text{mmHg}$ = 4 hod, $<10\text{mmHg}$ = 1 hod 45 min, $<5\text{mmHg}$ = 30 minut)
- PbtO_2 = perfuzní tlak, lokální perfuze, hemoglobin, PaO_2
- **Možno použít k optimalizaci (individualizaci) perfuzního tlaku – CPP**
- Retrospektivní data $\text{PbtO}_2 > 20\text{mmHg}$ = lepší outcome





NIRS

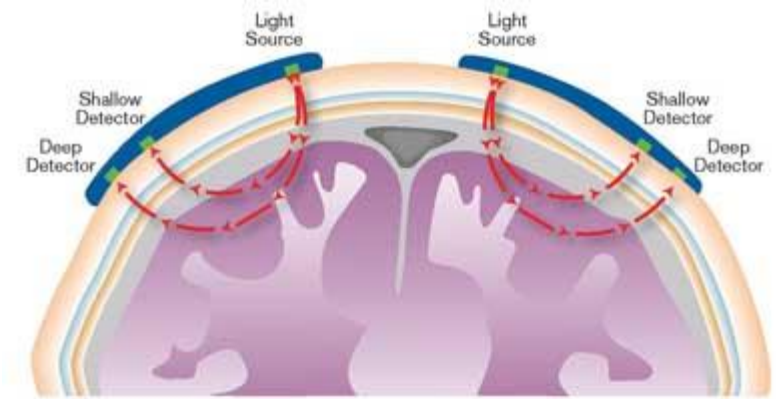
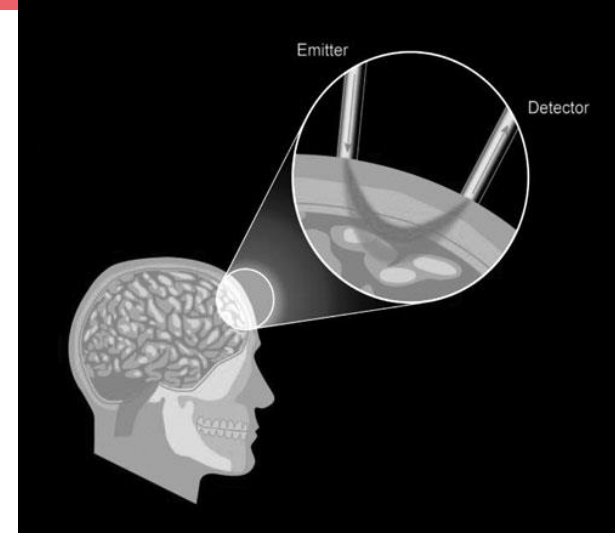


Figure 1: Diagram of cerebral oximetry illustrating a deep and shallow photo detector paired with each light source.

- Infračervené světlo 600-1000nm
- Transmise a absorpce koreluje s oxygenací (saturace hemoglobinu)
- Regionální tkáňová saturace kyslíku mozkové tkáně (číslo, nebo %)
- Chybí standardizace algoritmů výpočtu rScO2
- V klinické praxi 30 let – pořád není dostatečné rozšíření (chybí EBM data)
- Kardiochirurgie, Endarterectomie a.carotis, celková anestezie, TBI

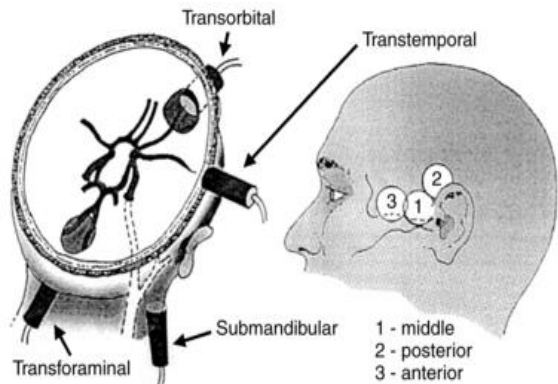


NIRS u TBI



- Chybí standardizace
- rScO₂ <60% rizikové pro těžkou hypoxii mozku (senzitivita 73%, specificita 86%)
- NIRS – nemůže nahradit standardní monitoraci (ICP), ale user-friendly, neinvazivní

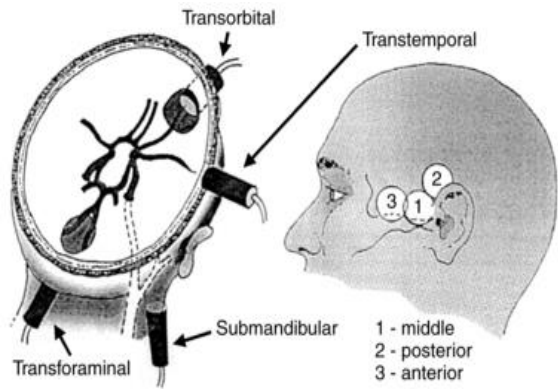
Near-Infrared Spectroscopy in the Monitoring of Adult Traumatic Brain Injury: A Review



Transkraniální doppler (TCD)

- Doporučen k **zhodnocení závažnosti TBI při příjmu** (Grade 2+, silné doporučení)
- Index pulsatility – PI (systolický, diastolický a střední průtok)
- TCD, nebo tkáňová oxymetrie může být implementována k **optimalizaci perfuze a oxygenace u pacientů s TBI**
- TCD – 88% negativní prediktivní hodnotu \uparrow ICP

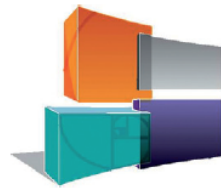




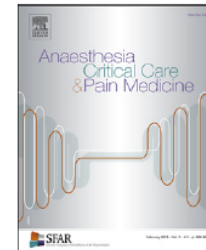
Transkraniální doppler (TCD)

- Doporučen k **zhodnocení závažnosti TBI při příjmu** (Grade 2+, silné doporučení)
- Index pulsatility – PI (systolický, diastolický a střední průtok)
- TCD. nebo tkáňová oximetrie může být implementována k **optimalizaci perfuze a**

Anaesth Crit Care Pain Med 37 (2018) 171–186



SFAR
Société Française d'Anesthésie et de Réanimation



Guidelines

Management of severe traumatic brain injury (first 24 hours)^{☆☆☆}



Transkraniální doppler (TCD)

Transcranial Doppler in the Diagnosis of Cerebral Vasospasm: An Updated Meta-Analysis

Jean-Mathieu Mastantuono, MD¹; Christophe Combescure, PhD^{2,3}; Nadia Elia, MD, MSc^{1,3,4};
Martin R. Tramèr, MD, DPhil^{1,3}; Christopher Lysakowski, MD^{1,3}

- Nejčastější využití = detekce vazospazmů (u pacientů po SAK)

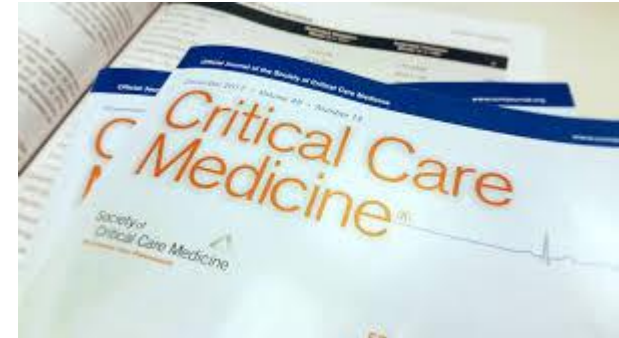


TABLE 2. Diagnostis Accuracy of Transcranial Doppler and Transcranial Color-Coded Duplex Doppler

Estimate and Number of Studies	Transcranial Doppler				Transcranial Color-Coded Duplex Doppler	
	Middle Cerebral Artery	Anterior Cerebral Artery	Basilar Cerebral Artery	All Arteries	Middle Cerebral Artery	<i>p</i> ^a
<i>n</i> studies	10	4	2	2	3	
Pooled sensitivity	66.7% (55.9–75.9)	32.7% (10.9–65.7)	62.1% (33.3–84.3)	71.2% (65.7–76.1)	81.5% (67.5–90.3)	0.138
<i>I</i> ² , %	57.8	78	66	0	0.00	
Pooled specificity	89.5% (80.3–94.7)	89.6% (48.2–98.7)	84.5% (71.1–92.3)	79.4% (43.5–95.1)	96.6% (93.2–98.3)	0.127
<i>I</i> ² , %	89	65	24	98	0.00	
Positive LR	6.86 (3.57–12.50)	5.77 (0.55–25.60)	4.05 (2.28–6.76)	4.54 (1.24–14.00)	25.0 (11.9–49.9)	
Negative LR	0.38 (0.27–0.50)	0.79 (0.41–1.33)	0.44 (0.20–0.74)	0.40 (0.27–0.69)	0.20 (0.11–0.34)	
Positive predictive value	93.7% (88.9–96.6)	87.4% (57.8–98.3)	90.0% (84.6–93.9)	88.9% (74.3–97.1)	98.2% (96.4–99.1)	
Negative predictive value	53.4% (46.7–60.9)	35.4% (24.6–50.6)	48.6% (36.5–67.6)	53.9% (38.1–61.2)	69.1% (56.1–80.9)	



TABLE 2. Diagnostis Accuracy of Transcranial Doppler and Transcranial Color-Coded Duplex Doppler

Estimate and Number of Studies	Transcranial Doppler				Transcranial Color-Coded Duplex Doppler	
	Middle Cerebral Artery	Anterior Cerebral Artery	Basilar Cerebral Artery	All Arteries	Middle Cerebral Artery	p^a
n studies	10	4	2	2	3	
Pooled sensitivity	66.7% (55.9–75.9)	32.7% (10.9–65.7)	62.1% (33.3–84.3)	71.2% (65.7–76.1)	81.5% (67.5–90.3)	0.138
I^2 , %	57.8	78	66	0	0.00	
Pooled specificity	89.5% (80.3–94.7)	89.6% (48.2–98.7)	84.5% (71.1–92.3)	79.4% (43.5–95.1)	96.6% (93.2–98.3)	0.127

Transkraniální doppler = senzitivita 66,7%, specificita 89,5%,
 Transkraniální color duplex doppler: senzitivita 81,5%,
 specificita 96,6% (ACM).
 Pozitivní prediktivní hodnota 93,7% a negativní prediktivní
 hodnota 53,4%

TABLE 2. Diagnostis Accuracy of Transcranial Doppler and Transcranial Color-Coded Duplex Doppler

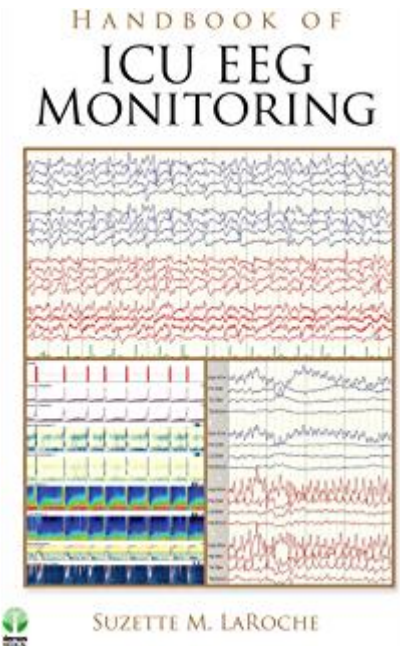
CONCLUSIONS

For the MCA, and in the context of a high prevalence of vasospasm, both conventional and color Doppler are likely to detect a vasospasm, but neither is useful to exclude one. There is no evidence that the accuracy of TCCD is any better than that of TCD; however, more studies are needed to confirm this statement. For other arteries, the use of TCD cannot yet be recommended because there is a lack of relevant and valid data.

Pozitivni prediktivni hodnota 95,7 % a negativni prediktivni
hodnota 53,4%

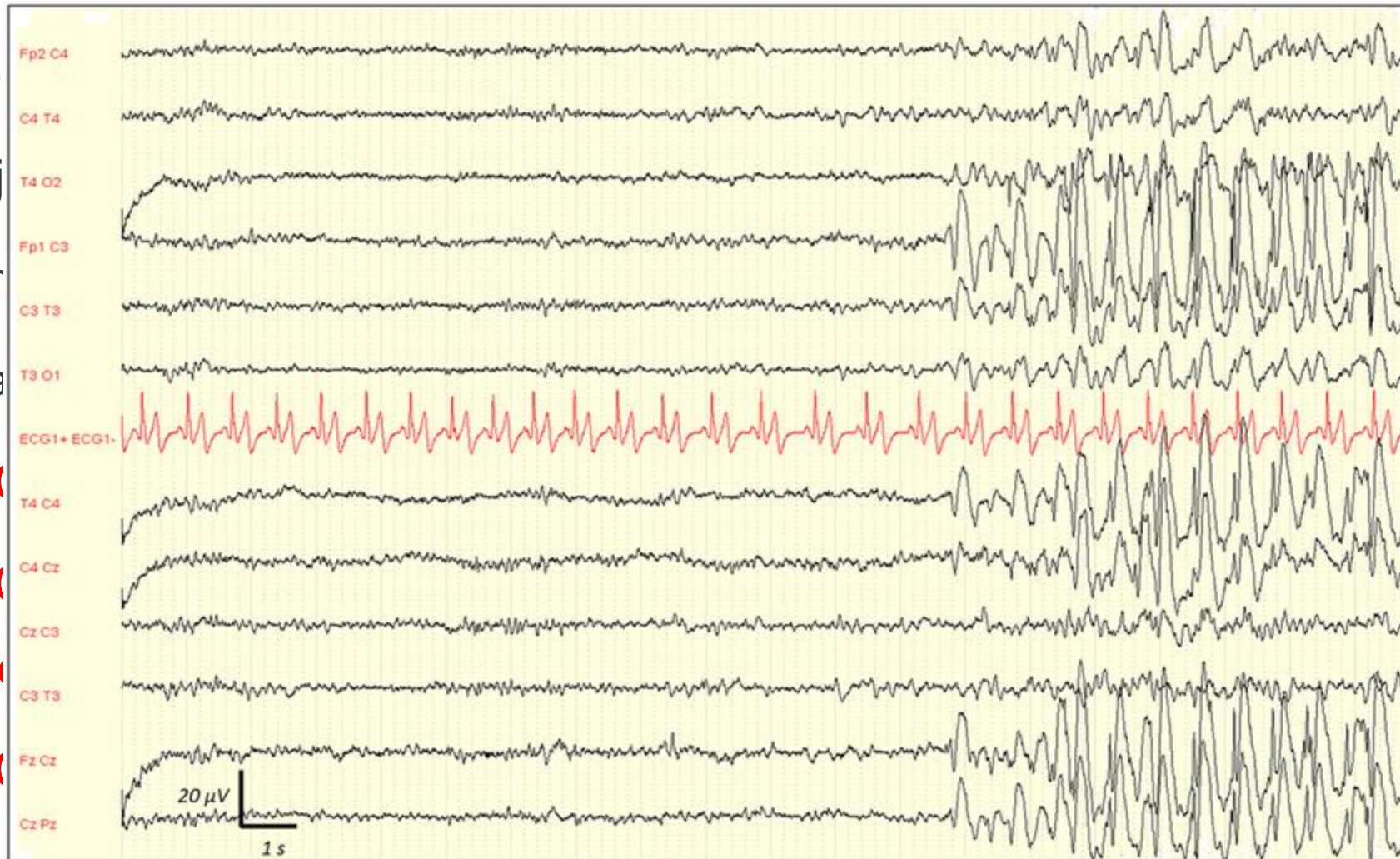
EEG

- U pacientů s TBI frekventní EPI aktivita
- Majorita non-konvulzivní
- Kontinuální EEG vs. jednorázové EEG
- Kvantitativní EEG hodnocení pro intenzivisty
- **EEG doporučeno u všech pacientů s TBI a trvající poruchou vědomí**
- **EEG doporučeno u všech pacientů s poruchou vědomí bez vysvětlujícího nálezu na zobrazovací metodě**
- **EEG doporučeno u pacientů se SAK k detekci pozdní ischemie**

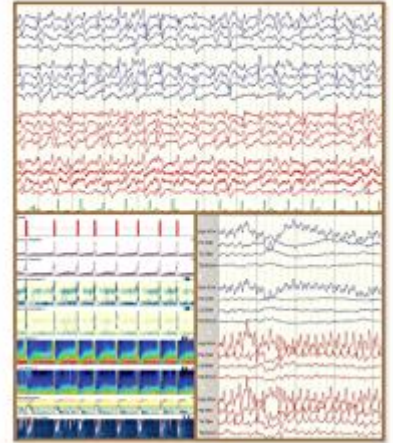


EEG

- U p
- Maj
- Kor
- Kva
- EEG
- EEG
- nále
- EEG



HANDBOOK OF ICU EEG MONITORING



SUZETTE M. LAROCHE

í
ujícího

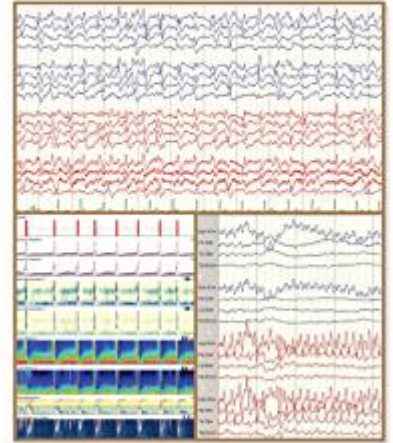


EEG

- U p
- Maj
- Kor
- Kva
- EEG
- EEG
- nále
- EEG



HANDBOOK OF ICU EEG MONITORING



SUZETTE M. LAROCHE

í
jícího



EEG pro intensivisty?

Sensitivity of quantitative EEG for seizure identification in the intensive care unit



Hiba A. Haider, MD
Rosana Esteller, PhD
Cecil D. Hahn, MD,

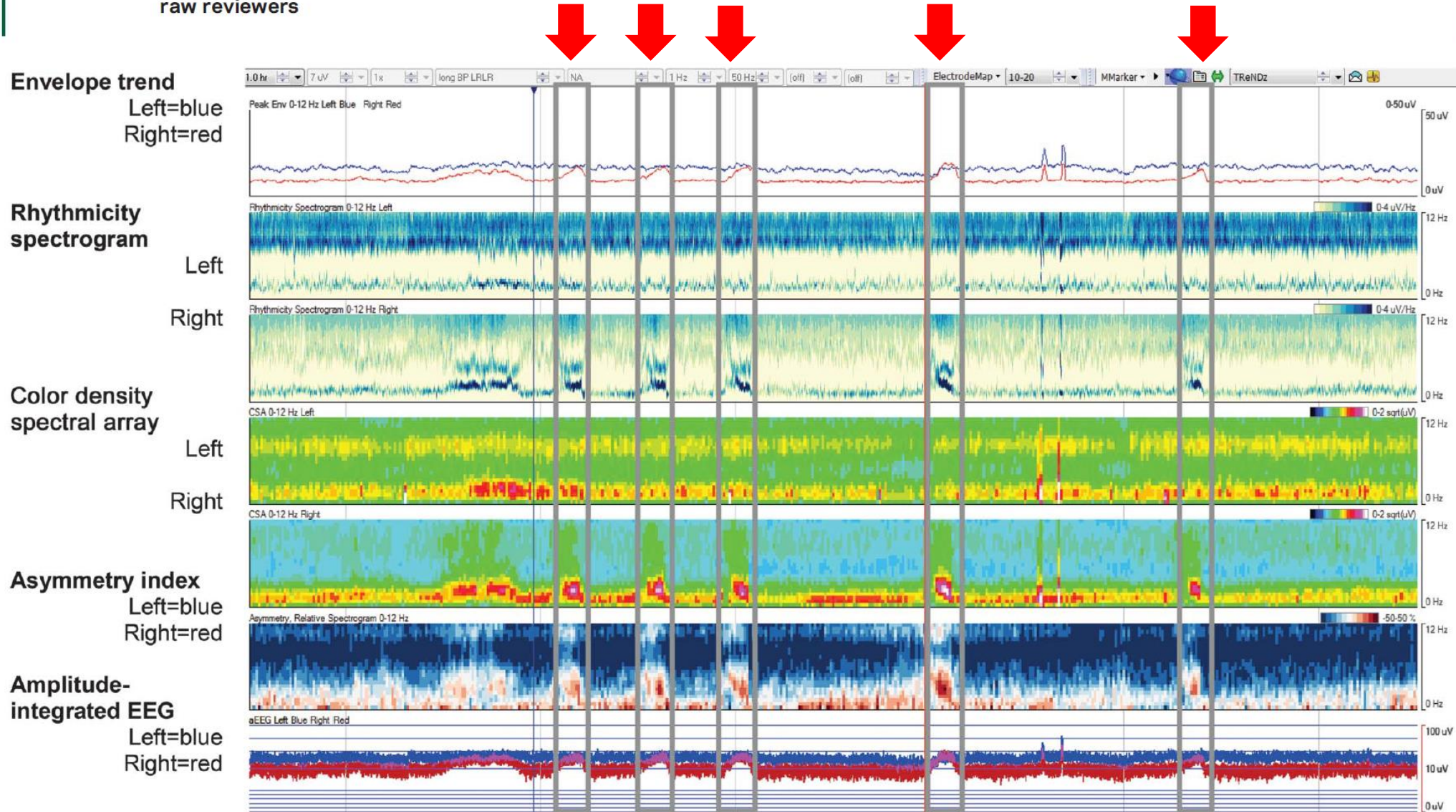
ABSTRACT

Objective: To evaluate the sensitivity of quantitative EEG (QEEG) for electrographic seizure identification in the intensive care unit (ICU).



Figure 1

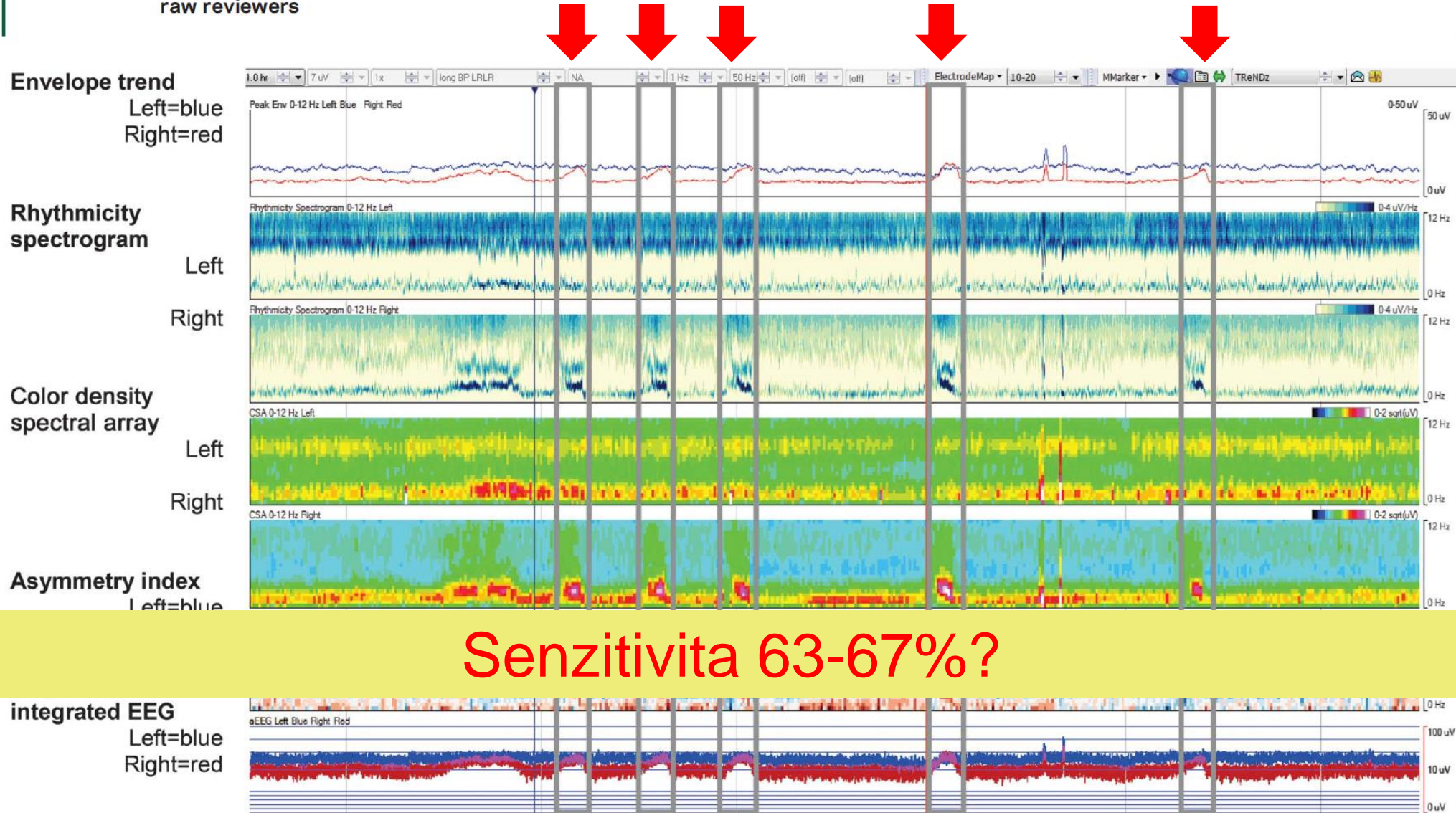
Example of a 1-hour quantitative EEG (QEEG) panel without automated seizure detection (SzD) as viewed by the QEEG and QEEG + raw reviewers



All QEEG analyses are displayed as hemispheric averages with blue representing the left hemisphere and red representing the right hemisphere. Frequency scale ranges from 0 to 12 Hz. This recording contained 5 electrographic seizures (see gray boxes).

Figure 1

Example of a 1-hour quantitative EEG (QEEG) panel without automated seizure detection (SzD) as viewed by the QEEG and QEEG + raw reviewers



Sensitivita 63-67%?

All QEEG analyses are displayed as hemispheric averages with blue representing the left hemisphere and red representing the right hemisphere. Frequency scale ranges from 0 to 12 Hz. This recording contained 5 electrographic seizures (see gray boxes).

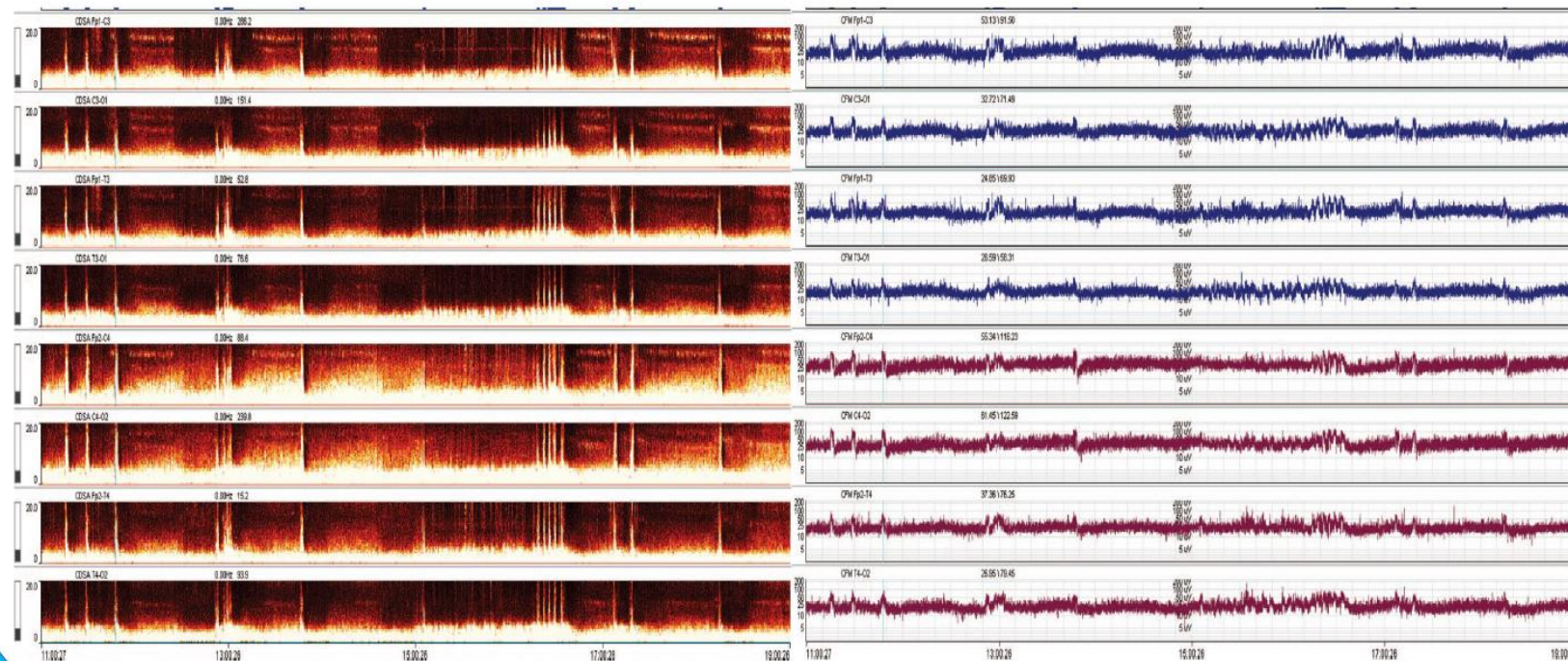
Introduction

- Non-convulsive seizures are common in the critically ill
 - Detectable only by electroencephalography (EEG)
- Continuous EEG in ICU is interpreted intermittently
 - Delays between seizure recognition & treatment
- Quantitative EEG (QEEG) can simplify interpretation
 - Color Density Spectral Array (CDSA)
 - Amplitude-integrated EEG (aEEG)
- Limited data on utility of QEEG in the hands of critical care providers in pediatric ICU



- cEEG from critically ill children aged 1 month–18 years
- **Gold standard**: Seizures confirmed by review of the raw cEEG by a board-certified neurophysiologist
- Participants underwent 2h of formal QEEG training
- Performed supervised review of 27 cEEG recordings with only CDSA and aEEG displays visible (Figure 1)

Figure 1: Representative CDSA and aEEG displays



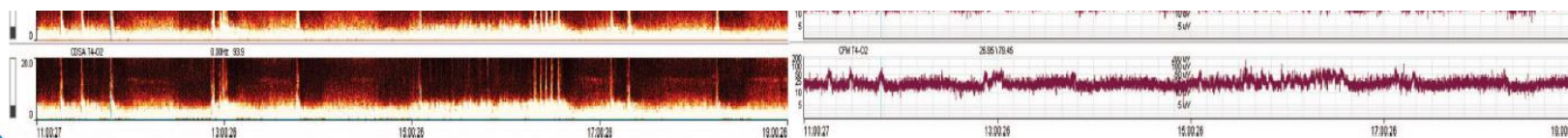
Stewart et al., Neurology 2010.



- cEEG from critically ill children aged 1 month–18 years
- Gold standard: Seizures confirmed by review of the raw cEEG by a board-certified neurophysiologist

Results

1. Critical care providers performed as well as neurophysiologists at seizure identification using both CDSA and aEEG (Table 1, Figure 2)
2. ICU Fellows and ICU nurses had similar performance:
 - i. Median sensitivity ranged from 82.4%–88.2% for CDSA and 73.1%–83.8% for aEEG



Stewart et al., Neurology 2010.



Mikrodialýza

- Katétr do nepostižené mozkové tkáně
 - Analýza po 30-60 minutových
 - glukóza, laktát, pyruvát (laktát/pyruvát ratio), glutamát, glycerol, Na⁺, K⁺
 - detekce sekundárního postižení
-
- Nízká CMD glukóza (0,46-1,39mmol/l) → negativní outcome
 - Glutamát > 20μmol/l → negativní outcome
 - Glycerol > 83μmol/l → negativní outcome
 - ↑laktát/pyruvát > 25 → negativní outcome



Mikrodialýza

Acta Neurochir (2017) 159:2245–2273
DOI 10.1007/s00701-017-3338-2



REVIEW ARTICLE - BRAIN INJURY

A systematic review of cerebral microdialysis and outcomes in TBI: relationships to patient functional outcome, neurophysiologic measures, and tissue outcome

Frederick A. Zeiler^{1,2,3} • Eric Peter Thelin^{4,5} • Adel Helmy⁴ • Marek Czosnyka^{4,6} • Peter J. A. Hutchinson⁴ • David K. Menon^{3,7,8,9}

- Glycerol > 83μmol/l → negativní outcome
- ↑laktát/pyruvát > 25 → negativní outcome



Table 5

Physiology

ICP/CPP

•

•
SjvO₂

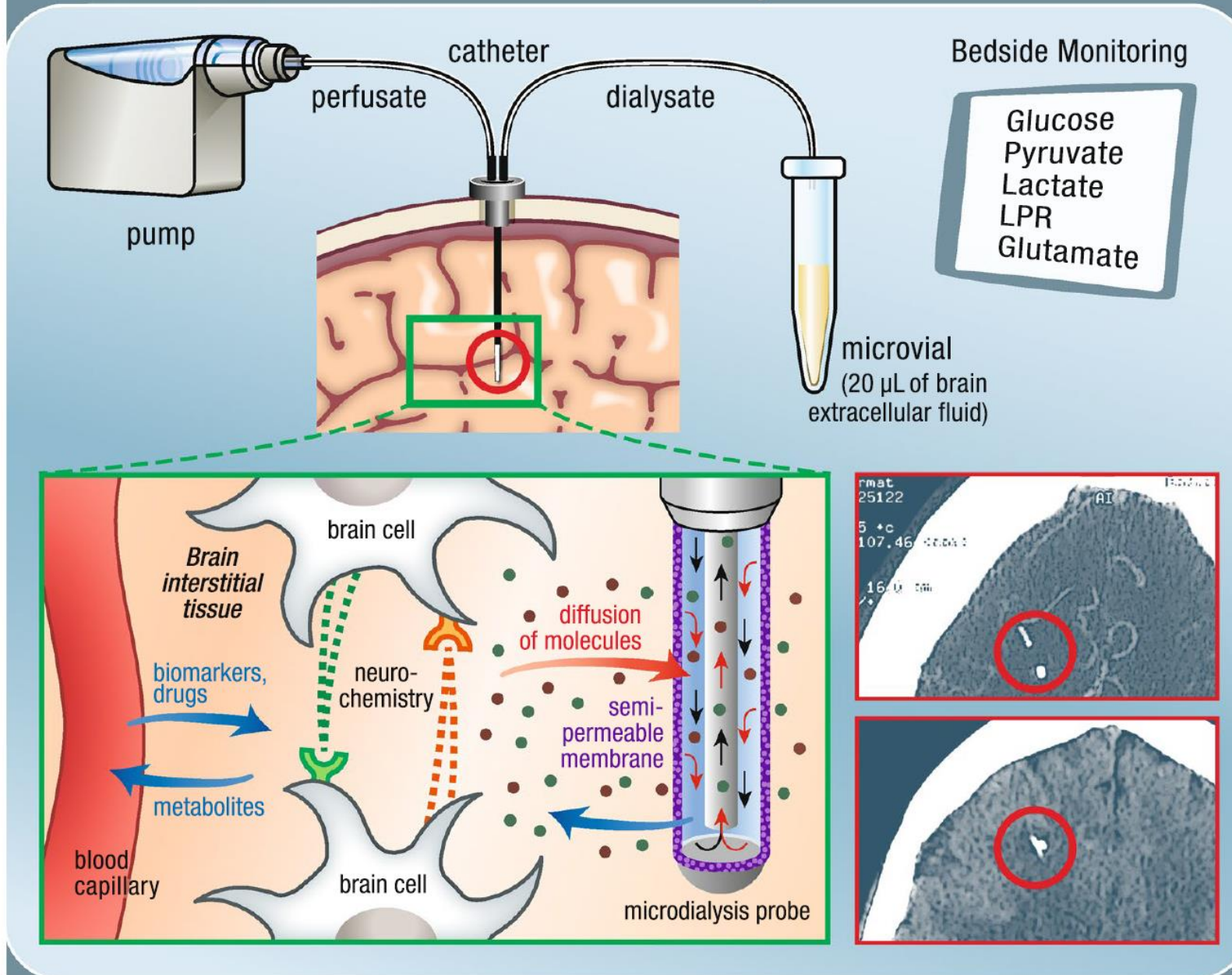
•
PbtO₂

Autoregulation
(PRx & wavelet)
Imaging

•

ICP intra brain tissue

Cerebral microdialysis



at numbers
lations but

evere limitations

with

tations

All significantly
in this area.

Bias high.

xtremely scarce,
n publication bias,
nappropriate to assign
a at this time

on monitoring, PbtO₂



Závěr

- U pacienta s kraniotraumatem je nutný neuromonitoring
- V případě, že je to možné (bezpečné), vzbudit pacienta po kontrolním CT vyšetření (po 4 hodinách) – neuromonitoring = klinické vyšetření, vědomí atd.
- V případě, že ne nutný neuromonitoring
- Zlatý standard ICP čidlo (intraparenchymové/intraventrikulární)
- Pokud možno použij další možnosti – LiCOX, EEG, TCD, mikrodialýza, NIRS
- Neléčí metoda, ale metoda může vést k cílenému managementu = pozitivně ovlivnit outcome



Závěr

- U pacienta s kra
- V případě, že je (po 4 hodinách)
- V případě, že ne
- Zlatý standard IC
- Pokud možno pc
- Neléčící metoda, ε outcome

Fig. 2



Experimental setup. A butternut squash is being studied. The oximetry probes are applied transversely at the widest level. The optical sensors are affixed side to side with the light emitting diodes positioned laterally. A portion of the subject was obscured to ensure anonymity.

trolním CT vyšetření
atd.

odialýza, NIRS

tu = pozitivně ovlivnit



Děkuji za pozornost

