



Klinika anesteziologie,
resuscitace a intenzivní medicíny
Fakultní nemocnice Brno
Lékařská fakulta Masarykovy univerzity

Novinky v neuromonitoraci

Roman Gál

KARIM FN Brno



Význam kraniocerebrálních poranění

- nejčastější příčina smrti mladých dospělých jedinců
- - častá příčina celoživotní invalidity
- 69 000 000 ročně



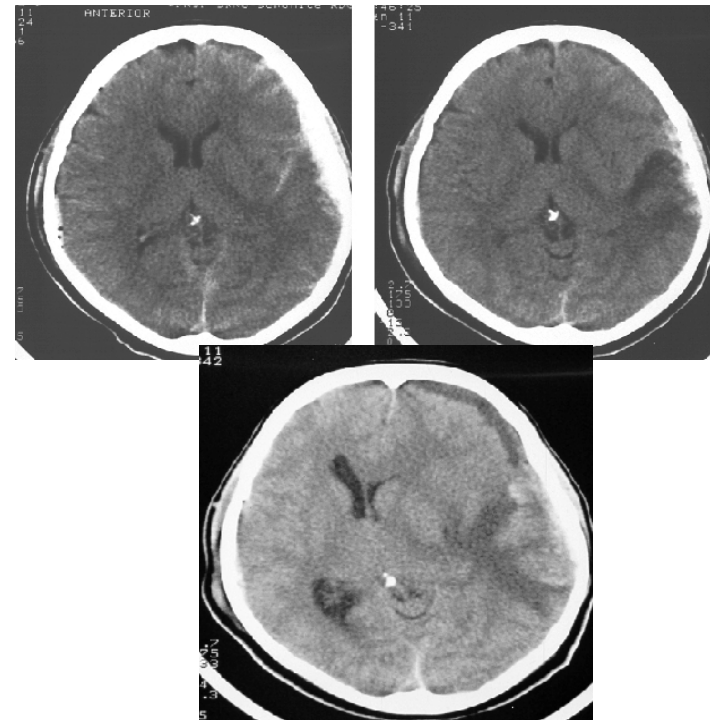
Těžká KCP

- Definována hloubkou bezvědomí GCS 3-8
- **Mortalita 14 – 30/100 000 obyvatel /rok**
- 1/3 všech náhlých úmrtí ve věku do 45 let
- Nejčastější příčina smrti u dětí
- Nejvíce trvalých následků ze všech traumat

Patofyziologie poranění mozku

• Primární poranění

- fraktury lebečních kostí
- extracerebrální hematom
 - epidurální
 - subdurální
- intracerebrální hematom
- SAK
- kontuze mozku
- difúzní axonální poranění
-



Sekundární poranění mozku - ischemie

- CBF
 - neuronální dysfunkce
 - strukturální poškození neuronů

- celková
- fokální
- různá příčina
- patofyziologie
- lokalizace



Patofyziologie poranění mozku

• Sekundární poranění

- vlivy systémové
 - hypotenze
 - hypoxie
 -
- vlivy nitrolební
 - nitrolební hypertenze
 - edém mozku

Principy léčby KCP

- urgentní operace (evakuace hematomu, dekompresivní kraniektomie, komorová drenáž)
- **multimodální monitorace** (ICP, CPP, *tkáňová oxymetrie, mikrodialýza, SvjO₂...*)
- léčba podle zásad udržení CPP nad 60 mmHg
- CT monitoring, reakce na vývoj klinického stavu a CT nálezu

SIBICC

A management algorithm for patients with intracranial pressure monitoring: the Seattle International Severe Traumatic Brain Injury Consensus Conference (SIBICC)

Gregory W. J. Hawryluk, Sergio Aguilera, Andras Buki, Eileen Bulger, Giuseppe Citerio, D. Jamie Cooper, Ramon Diaz Arrastia, Michael Diringer, Anthony Figaji, Guoyi Gao, Romergryko Geocadin, Jamshid Ghajar, Odette Harris, Alan Hoffer, Peter Hutchinson, Mathew Joseph, Ryan Kitagawa, Geoffrey Manley, Stephan Mayer, David K. Menon, Geert Meyfroidt, Daniel B. Michael, Mauro Oddo, David Okonkwo, Mayur Patel, Claudia Robertson, Jeffrey V. Rosenfeld, Andres M. Rubiano, Juan Sahuquillo, Franco Servadei, Lori Shutter, Deborah Stein, Nino Stocchetti, Fabio Silvio Taccone, Shelly Timmons, Eve Tsai, Jamie S. Ullman, Paul Vespa, Walter Videtta, David W. Wright, Christopher Zammit and Randall M. Chesnut

Intensive Care Med (2019) 45:1783–1794

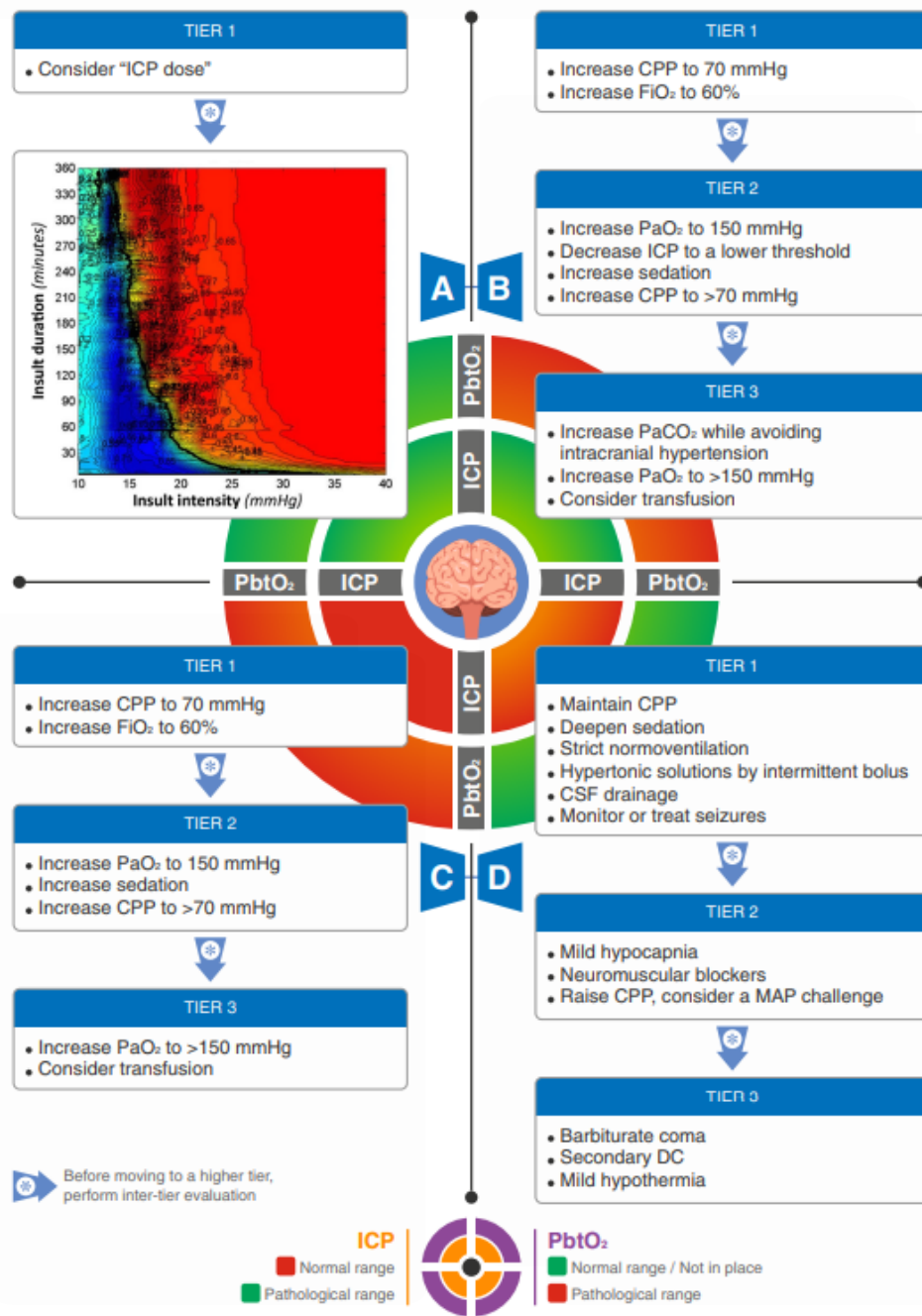


Fig. 1 (See legend on previous page.)

Management of moderate to severe traumatic brain injury: an update for the intensivist

Geert Meyfroidt, Pierre Bouzat, Michael P. Casaer , Randall Chesnut , Sophie Rym Hamada, Raimund Helbok , Peter Hutchinson, Andrew I. R. Maas, Geoffrey Manley, David K. Menon, Virginia F. J. Newcombe , Mauro Oddo, Chiara Robba, Lori Shutter, Martin Smith, Ewout W. Steyerberg, Nino Stocchetti, Fabio Silvio Taccone, Lindsay Wilson, Elisa R. Zanier and Giuseppe Citerio.

Intensive Care Med (2022) 48:649–666

Základní cíle úvodní resuscitace

Blood pressure MAP > 80 mmHg
SBP > 100 or 110 mmHg

Preserving CBF

SpO₂ > 90%

Avoiding brain hypoxia

EtCO₂ 30–35 mmHg

Preserving CBF

Hb > 7 g/dl

Avoiding brain hypoxia

Anticoagulant Reversal

Limiting blood loss and
expansion of hemorrhagic
contusions

Optimizing the balance between substrate delivery and consumption is the main therapeutic goal, a strategy which may be challenging as a continuous exercise, even in highly specialized centers.

The management of traumatic brain injury (TBI) has changed over the past decade, from a dogmatic approach where intracranial pressure control in isolation was confused with TBI management, to a multimodal approach, in which pathophysiological derangements are detected and treated accordingly.

ICP monitoring

In the latest edition of the Brain Trauma Foundation (BTF) Guidelines 2016

“Management of severe TBI patients using information from ICP monitoring is recommended to reduce in-hospital and 2-week post-injury mortality”

(Level IIB evidence). As for ICP thresholds, the same guidelines indicate 22 mmHg.

Synapse ICU

Intracranial pressure monitoring in patients with acute brain injury in the intensive care unit (SYNAPSE-ICU): an international, prospective observational cohort study

Chiara Robba, Francesca Graziano*, Paola Rebori*, Francesca Elli, Carlo Giussani, Mauro Oddo, Geert Meyfroidt, Raimund Helbok, Fabio S Taccone, Lara Prisco, Jean-Louis Vincent, Jose I Suarez, Nino Stocchetti, Giuseppe Citerio, for the SYNAPSE-ICU Investigators†*

***Lancet Neurol* 2021; 20: 548–58**

Synapse ICU

We did a prospective, observational cohort study at **146 intensive care units (ICUs) in 42 countries.**

18 years or older who were admitted to the ICU with either acute brain injury due to primary haemorrhagic stroke (including intracranial haemorrhage or subarachnoid haemorrhage) or traumatic brain injury

- **4776 patients were assessed for eligibility**
- **2395 patients were included in the study**
- **including 1287 (54%) with traumatic brain injury**

Synapse ICU – 128 z ČR

Czech Republic (National Coordinator, Spatenkova Vera)

St Anne's University Hospital, Brno, Czech Republic (10, FencI Marek)

University Hospital Brno, Brno, Czech Republic (47, Gal Roman, Hrdy Ondrej, Vrbica Kamil)

Masaryk Hospital in Usti Nad Labem, Usti Nad Labem, Czech Republic (33, Skola Josef, Provaznikova Eva)

University Hospital Plzen, Plzen, Czech Republic (38, Kletecka Jakub, Lavicka Pavel) 26

Regional Hospital Czech Republic, Liberec, Czech Republic (12, Spatenkova Vera)

Synapse ICU - výsledky

6 month mortality was lower in patients who had ICP monitoring (441/1318 [34%]) than in those who were not monitored (517/1049 [49%]; $p < 0.0001$).

ICP monitoring was associated with significantly lower 6 month mortality in patients with at least one unreactive pupil (hazard ratio [HR] 0.35, 95% CI 0.26–0.47; $p < 0.0001$), and **better neurological outcome at 6 months** (odds ratio 0.38, 95% CI 0.26–0.56; $p = 0.0025$)

The use of ICP monitoring might be associated with a more intensive therapeutic approach and with lower 6-month mortality in more severe cases and better long term clinical results.

Indikace k ICP monitoringu

- 1. $GCS \leq 8$ + abnormální CT nález (hematom, kontuze mozku, edém mozku, komprese basálních cisteren)**
- 2. $GCS \leq 8$ + normální CT nález při přítomnosti
aspoň 2 z těchto podmínek: věk > 40 let
porucha hybnosti
TKsyst < 90 mmHg.**
- 3. Není doporučení pro rutinní monitoring u pacientů s $GCS > 8$**

Léčebný práh pro hodnotu nitrolebního tlaku

- léčba nitrolební hypertenze by měla být zahájena při hodnotě nitrolebního tlaku **22** mmHg.
- hodnoty nitrolebního tlaku a léčba nitrolební hypertenze by měla být interpretována v korelaci s údaji o CPP a klinickém nálezem.

Multimodální monitoring

- velká variabilita u dalších modalit
- není jednoznačná evidence z klinických studií
- monitorace zaměřena na
 - příčiny $\hat{I}CP$ – ischemie, edém, hyperémie
 - následky $\hat{I}CP$ – hypoperfúze, herniace

MMM – oxygenace mozku

- neinvazivní metody nejsou doporučeny
- Boost II trial
 - kombinace ICP a PbtO₂ Meyfroid, ICM 2022
- SvjO₂ – globální stav
- PbtO₂ – lokální stav mozkové tkáně

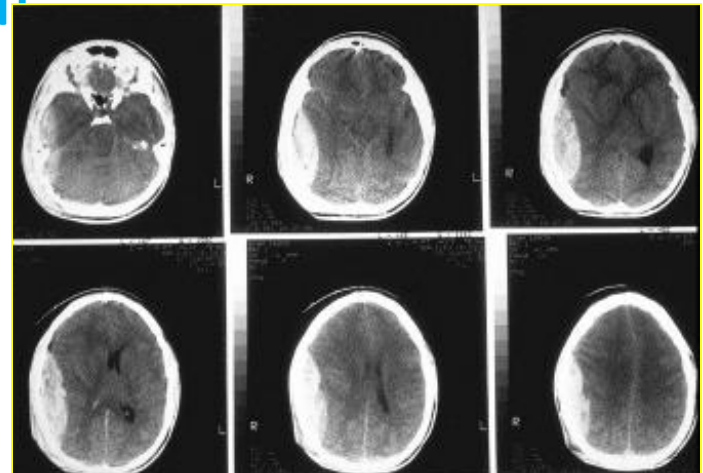


Normální hodnoty $P_{ti}O_2$

- 20- 45 mmHg
- - ischemický práh 5-10 mmHg
- (Valadka)
- obecně – nízká hodnota koresponduje s hypoxií
- cílem je hodnota $P_{bt}O_2$ nad 15 mmHg
- short periods of reduced $P_{bt}O_2$ can lead to secondary brain injury and ischemia even in the absence of an observed increase in ICP

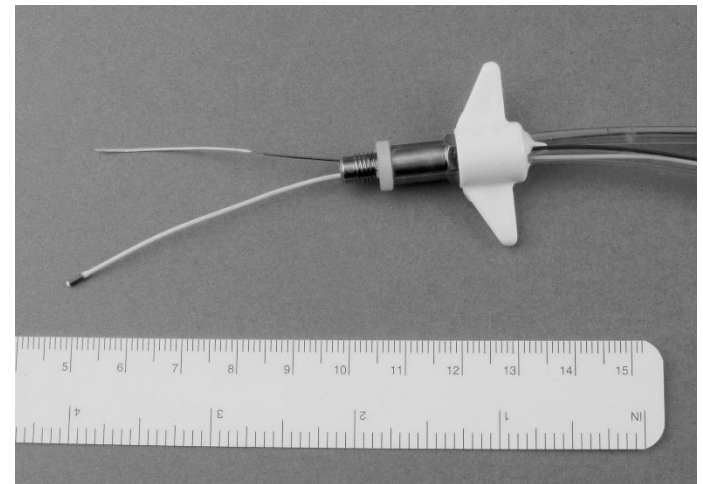
Klinické použití

- monitorace následků ischemického poškození mozkové tkáně (sekundárního poranění)
 - kraniocerebrální poranění
 - indikace shodná s měřením ICP
 - subarachnoidální krvácení



Způsob zavedení čidla

- - současná aplikaci ICP čidla do jednoho trepanačního otvoru
- měří lokální teplotu mozku
- optimálně oblast penumbry
- jedna nebo obě hemisféry



Interpretace naměřených hodnot

- Co měříme?
- pO_2 – hodnoty parciálního tlaku ve tkáni
- nejasný vztah mezi intra a extrabuněčnou hodnotou
- dále mezi hodnotou pO_2 na venózním a arteriálním konci kapiláry
- předpokládá se, že měřené hodnoty jsou adekvátní pO_2 na konci kapiláry
- pO_2 je indikátorem poměru mezi dodávkou kyslíku a metabolismem

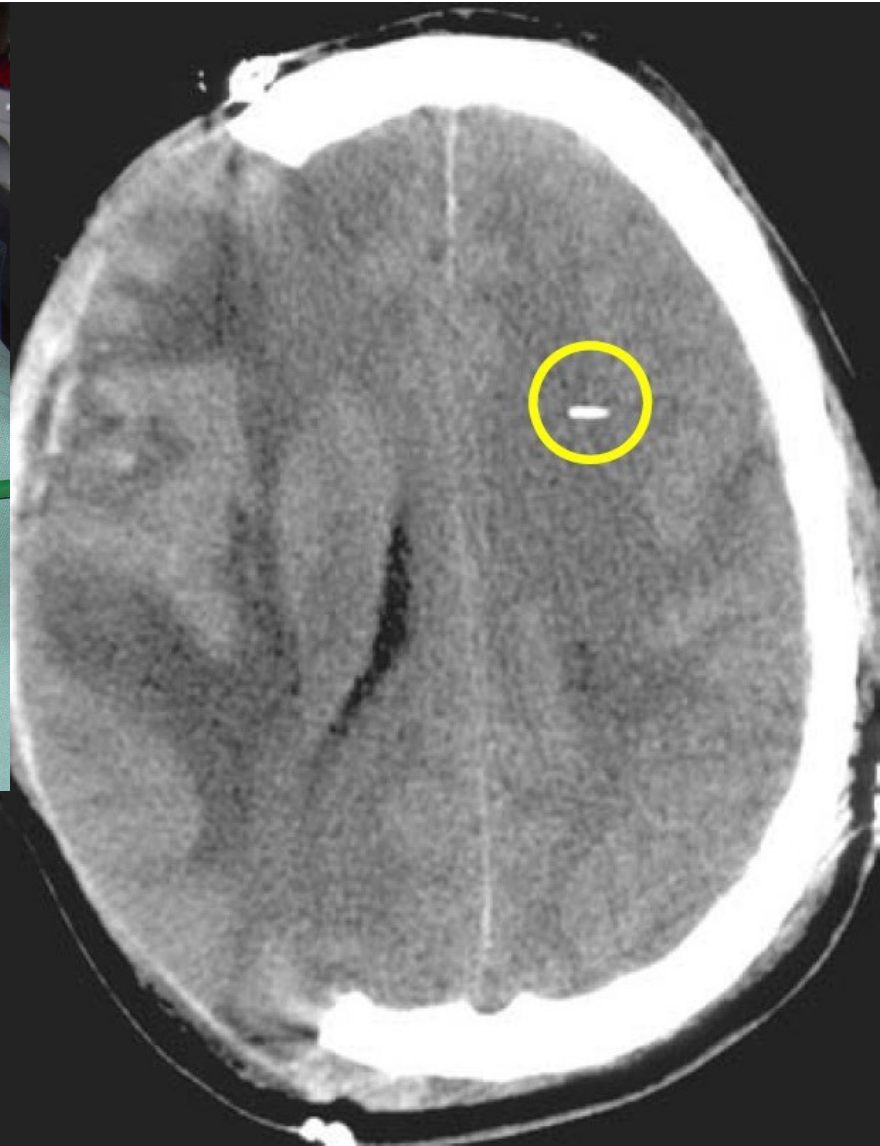
Nízké hodnoty $P_{ti}O_2$ (pod 20 mmHg)

- ***zvýšená spotřeba kyslíku***
- zvýšený nitrolební tlak (manitol, komorová drenáž, sedace, dekomprese)
- bolest (analgetika)
- třes (meperidine, chlorpromazin, relaxace)
- neklid (sedativa)
- křeče (benzodiazepiny, antikonvulsiva)
- teplota (acetaminophen, nesteroidní antiflogistika, fyzikální chlazení)

Nízké hodnoty $P_{ti}O_2$ (pod 20 mmHg)

- *nízká dodávka kyslíku*
- hypotenze (volumoterapie, noradrenalin)
- hypovolemie (volumoterapie)
- anemie (transfúze erytrocytárních koncentrátů)
- hypoxie (zvýšení FiO_2 , zvýšení hodnoty PEEP)

KARIM – monitotace P_{btO_2} + teplota mozku



PbtO₂

- Léčebný protokol řídicí se měřenými hodnotami tkáňové oxymetrie v mozku zlepšil v některých studiích výsledky léčby u KCP. Ve studii Stiefela a kol. bylo zaznamenáno **snížení mortality o 19 %** při monitoraci PbtO₂ ve srovnání s kontrolní skupinou pacientů bez monitorace mozkové oxygenace (Stiefel, 2005).
- Obdobné výsledky publikoval ve své studii Narotam (Narotam, 2009). Ve srovnání s kontrolní skupinou bez monitorace PbrO₂ zde byl při měření PbtO₂ pozorován **pokles mortality o 37%**.
- **Po optimalizaci hodnoty PbrO₂ bylo také zaznamenáno statisticky významné snížení hodnoty ICP a následně také zvýšení CPP.**
- BOOST III – 1050 pacientů, výsledky 2023?

Naše studie PbtO₂ Licox

- 77 pacientů s těžkým KCP GCS < 8

-

monitorace	ICP	x	ICP + PbtO2	
pacientů	40		37	
ICP	12		11	
GOS 1 m	3		3	
GOS 6 m	3		4	p 0,013
GOS 4+5	40%		65%	p 0,029

Jugulární oxymetrie – SvjO₂

- Měří saturaci kyslíkem ve venózní krvi odtékající z mozku jako indikátor extrakce kyslíku mozkovou tkání

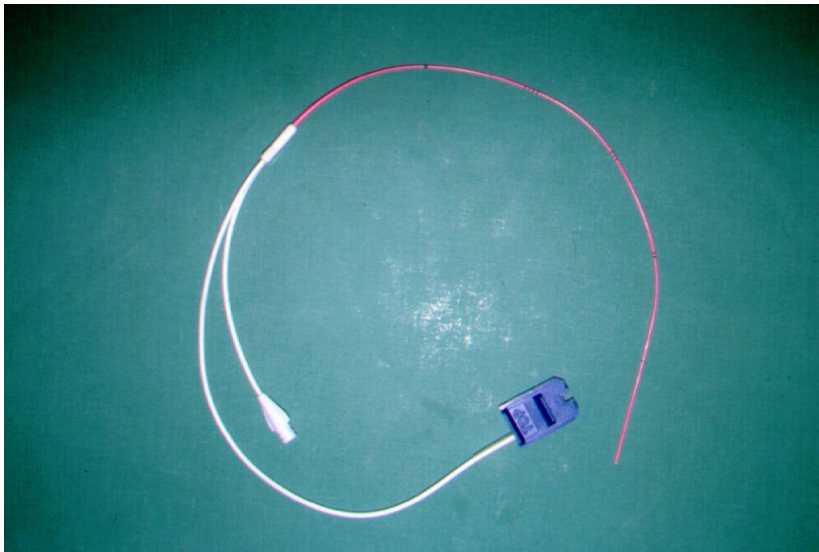


Fickova rovnice

- $CMRO_2 = D_{a-j}O_2 \times CBF$
- $SvjO_2 \dots CBF / CMRO_2$
- **norma** $SvjO_2 \dots 55 - 75\%$
 - ischémie $SvjO_2 \dots < 55\%$
 - hyperémie $SvjO_2 \dots > 75\%$
- obě hodnoty jsou spojeny s vyšší mortalitou a horším neurologickým výsledkem léčby u pacientů s těžkým KCP

Kanylace jugulárního bulbu

- - - pravostranná
- jugulární vena
- - úroveň C1/2
- katétr s fibrooptickým vláknem



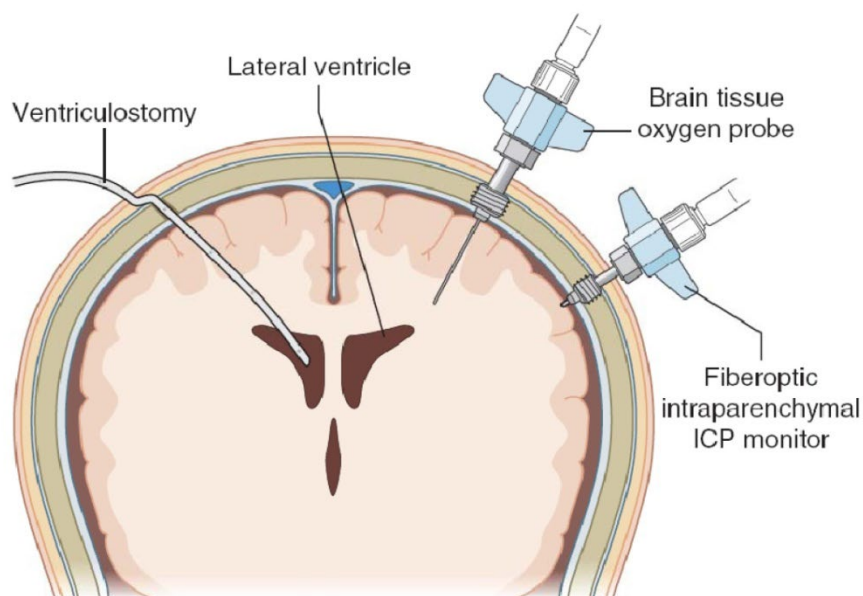
Cílové hodnoty

	Normal	Desirable	Critical
ICP	10	< 18–22	> 25 mmHg
CPP	50–60	60- (80)	< 50 mmHg
PbtO ₂	30	20–25	< 15 mmHg
Lactate/Pyruvate Ratio	< 25	< 25	> 40
Brain Glucose	> 1 mmol/l	> 0.8 mmol/l	< 0.5 mmol/l
Brain temperature	36.5 °C	36.5–37 °C	> 37.5 °C

Měření teploty

- Mozek-lokalizace shodná s monitorací ICP
 - epidurálně
 - intraventrikulárně
 - intraparenchymálně

rozdíly uvnitř mozku



Noninvasive Measurements of Human Brain Temperature Using Volume-Localized Proton Magnetic Resonance Spectroscopy

Ron Corbett, Abbot Laptok and Paul Weatherall

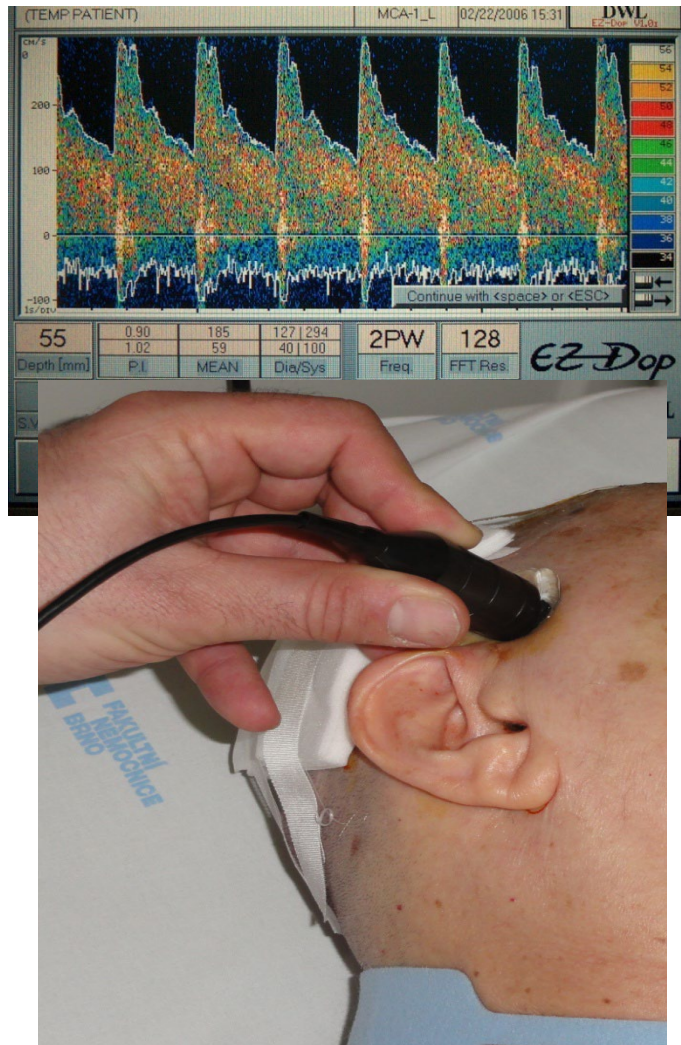
Parameter	Age (yrs)	Wt (kg)	T _{forehead} (°C)	T _{oral} (°C)	T _{brain-FL} (°C)	T _{brain-TH} (°C)
Mean	38	70	34.0	36.5	37.2	37.7
±SD	4	15	1.1	0.6	0.6	0.6
Range	11	45	3.4	1.9	1.8	1.7

Table 1. Physiological data and temperatures for human subjects

Další modality

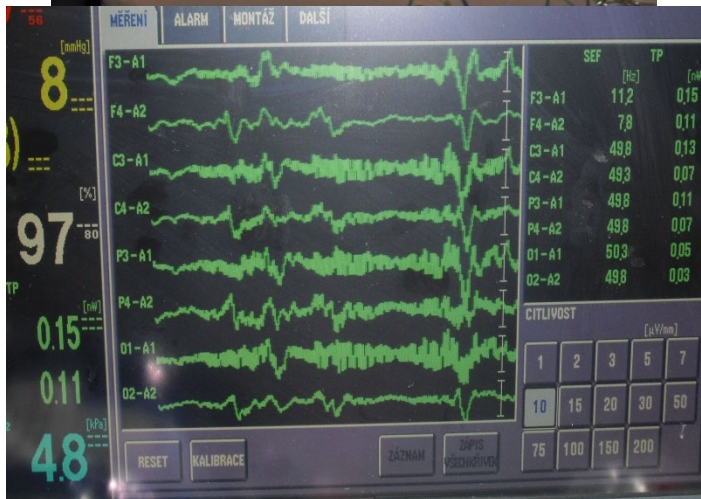
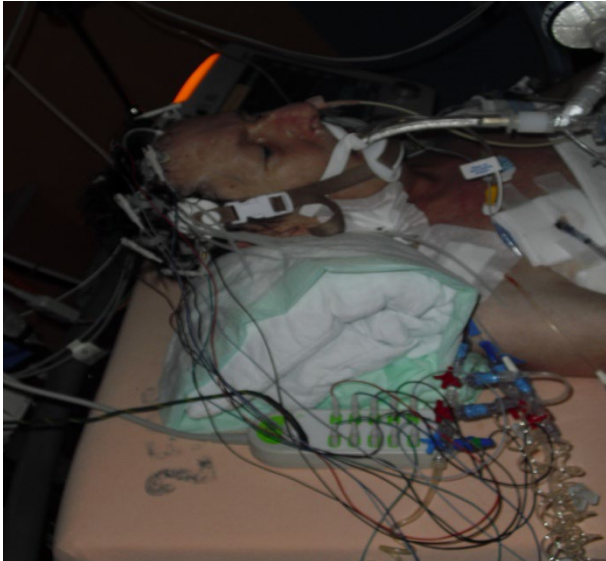
- mikrodialýza
- pupilometrie
- TCD
- EEG

MMM- průtok, TCD (FV 55 +/- 12 cm/s)



- detekce vazospazmů
- stanovení vazoreaktivity mozkových cév
- diagnostika intrakraniální hypertenze
- diagnostika smrti mozku

kontinuální digitální EEG



- detekce non konvulzivní Epi aktivity
- funkční stav kůry při odtlumování
- kvantitativní analýza k detekci depolarizačních vln spojených s poklesem perfúze



Děkuji za pozornost...

