

Kraniocerebrálne poranenia

Judita Capková

I. KAIM UPJŠ LF a UNLP Košice





Kraniocerebrálne poranenia (KCP)

- Patofyziológia – sekundárne poškodenie
- Multimodálny neuromonitoring
- Liečba

Fyziológia

- **CBF (prietok krvi mozgom)** : 50ml-60ml/100g/min, 700-900ml/min , 15% MOS
- ischemický prah: 20ml/100g/min

- **spotreba kyslíka (CMRO₂)** : 3 –3,5ml/100g/min
- mozog nemá rezervné zdroje energetických substrátov (hlavne glukózy)

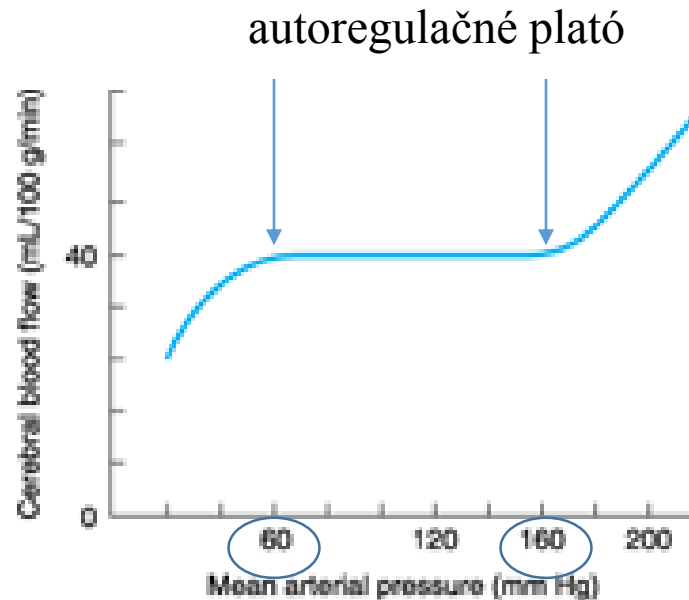
- **CPP = MAP – ICP**

- **CPP (mozgový perfúzny tlak)** - ako indikátor CBF,
- zachovanej al. ľahko poškodenej autoregulácii CPP nekoreluje s CBF, lebo limitujúcim f. prietoku je CVR (**cerebrálna vaskulárna rezistencia**):

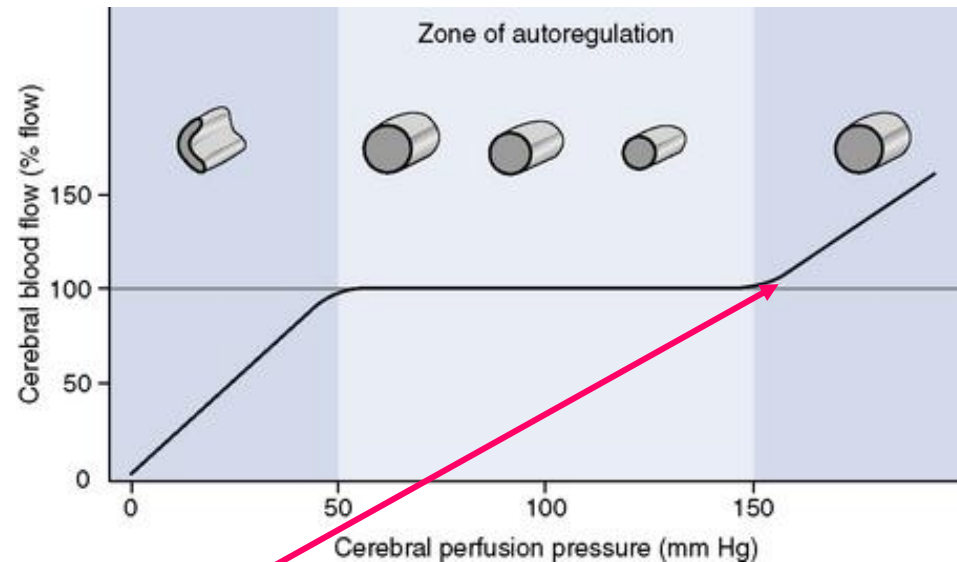
$$\text{CBF} = \text{CPP} / \text{CVR}$$

1. Autoregulácia (myogénna) CBF

- Je schopnosť udržiavať **konštantný prietok krvi mozgom** pri zmenách systémového krvného tlaku, v rozmedzí MAP **60-150 mmHg**
- **vrodená vlastnosť hladkých svalov ciev (artérií a arteriol) reagovať na zmeny intravaskulárneho tlaku**



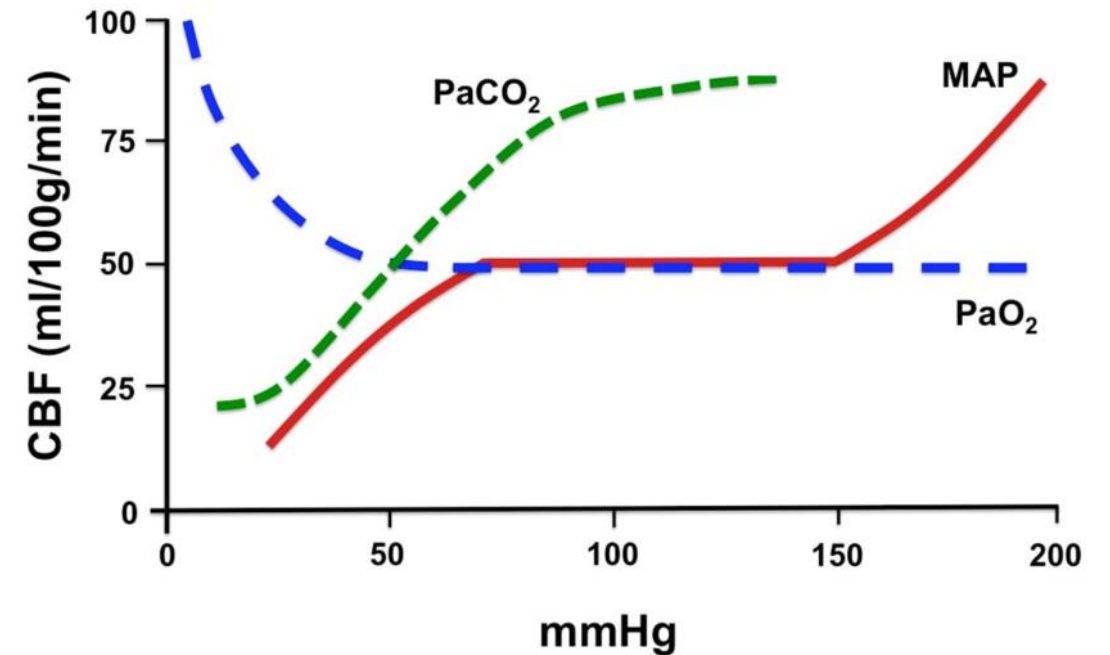
1. Autoregulácia (myogénna) CBF



- CPP >150 mmHg stúpa prietok (hyperémia) a hydrostatický tlak v kapilárach, pri poruche HEB- vazogénny edém mozgu

2. Chemická regulácia:

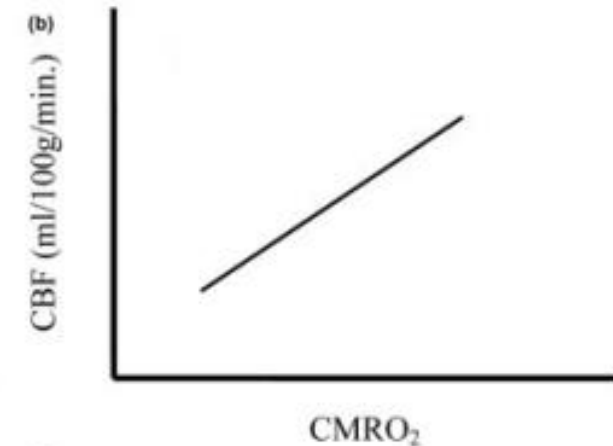
- PaCO_2 je významné
 - hyperkapnia – vazodilatácia
 - hypokapnia – vazokonstrikcia



- PaO_2
 - pokles pod 50 mmHg (6,6kPa) – vazodilatácii

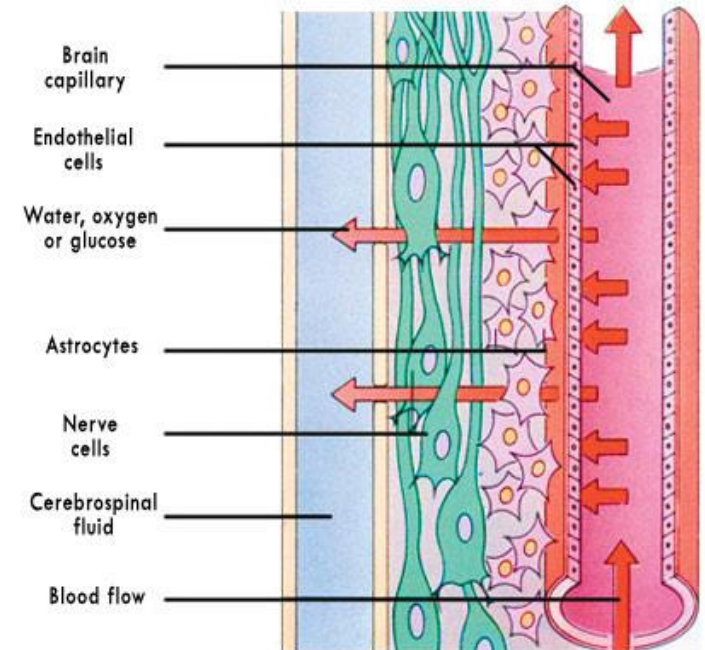
3. Metabolická regulácia:

- **CMRO₂** (metabolická spotreba kyslíka mozgom):
 $CMRO_2 = CBF \times AVDO_2$
- K zvýšeniu CMRO₂ vedú napr. kŕče, horúčka, stimulácia
- **Znížiť CMRO₂ liečbou:**
sedácia, hypotermia,
antipyretiká,
antiepileptiká,
barbiturátová kóma



Objem mozgu

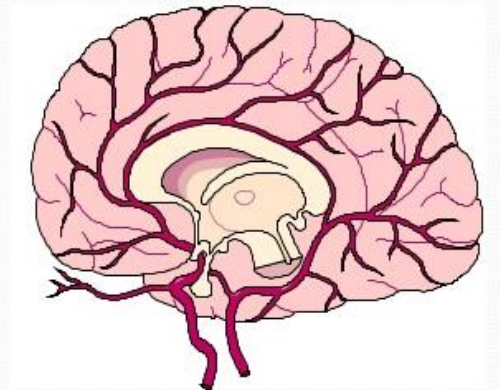
- **90%** intrakraniálneho priestoru
- **75-80% je voda:** ICT+ ECT
- Sivá mozgová hmota : bb s obmedzenou compliance
Biela hmota : voľnejšia sieť, kt. môže zvýšiť obsah vody o 10% a viac
- HEB dovoľuje len minimálnu zmenu objemu mozgu



CBV (cerebral blood volume)

- **10%** intrakraniálneho objemu
- CBV sa podiela na intrakraniálnom V a P
CBF (cerebral blood flow) primárne neovplyvňuje ICP
- **Zvýšenie CBV a tým ICP vedie k zníženiu CBF**

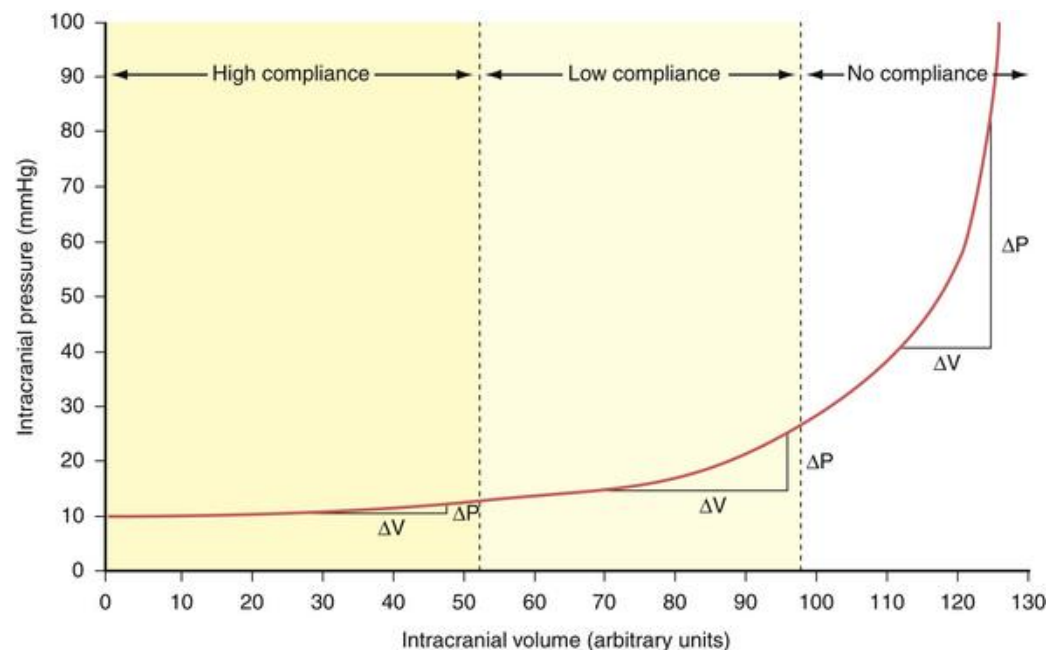
- 80%
Brain Matter
- 10%
Blood
- 10%
CSF



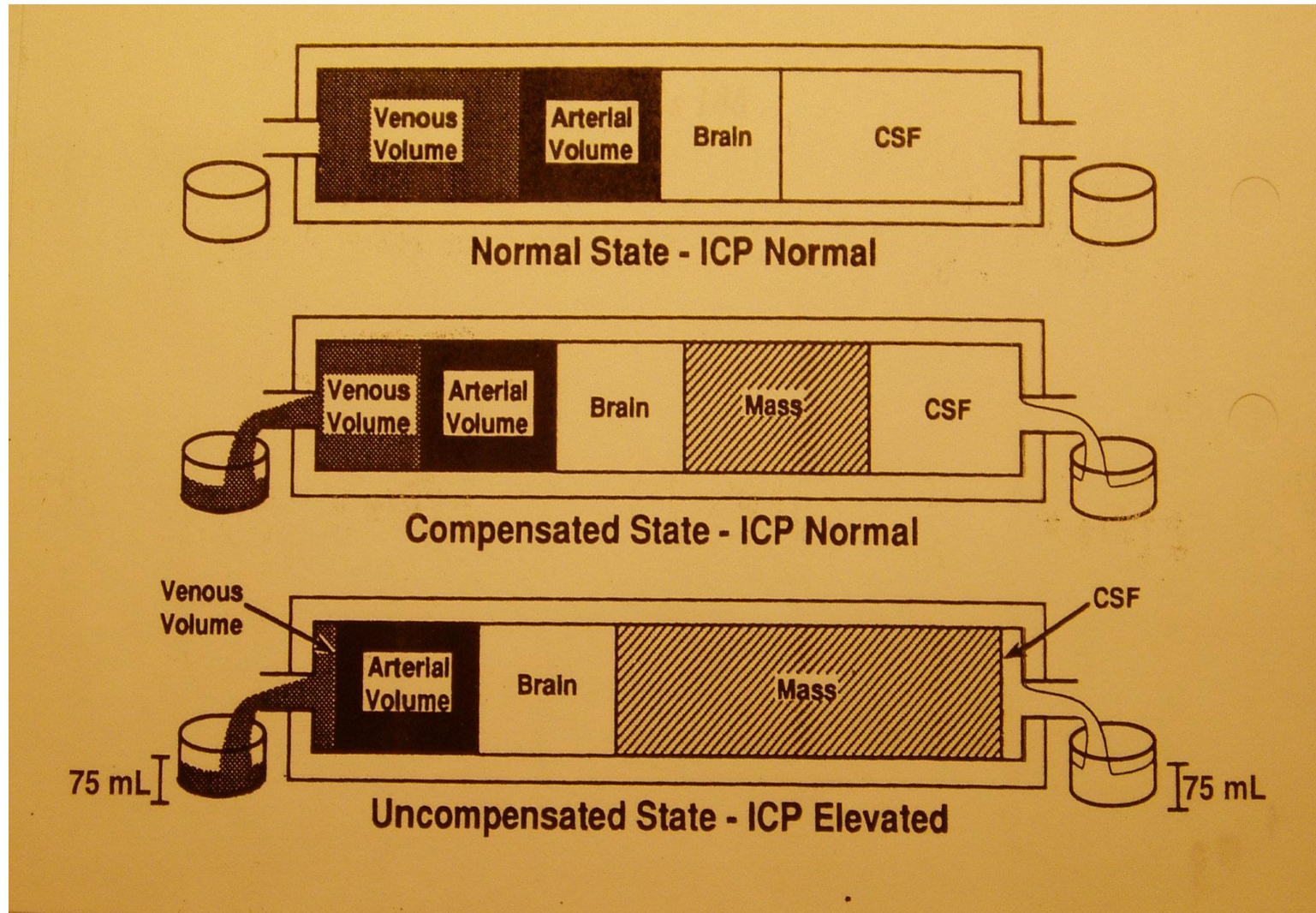
Intrakraniálny tlak ICP

- <10mmHg - v polohe na chrbte
- < 20mmHg – za patologických situácií považujeme za normálne
- nad 20mmHg – treba liečiť

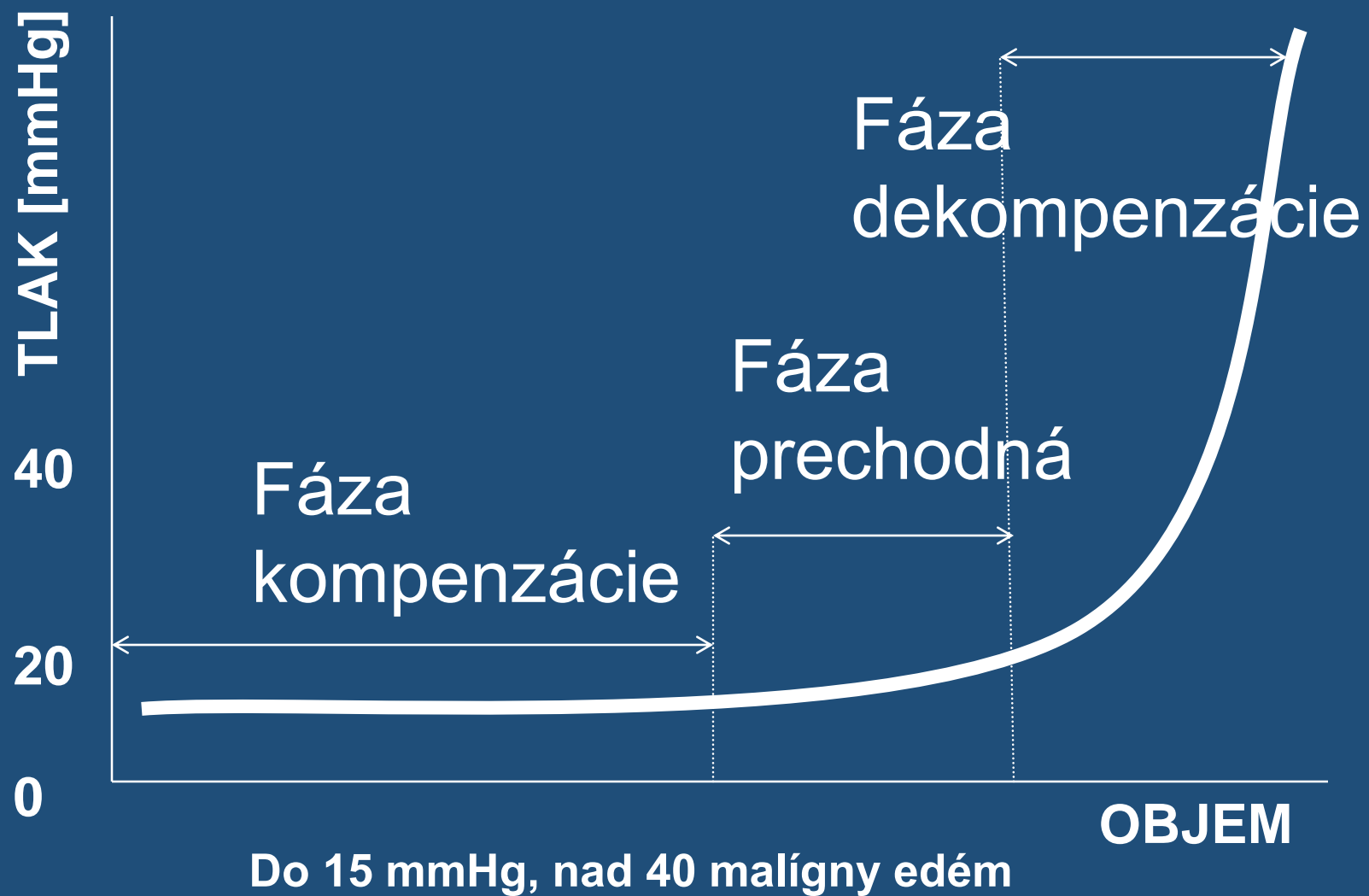
ICP je daná súhrnom tlaku
CSF + krv+ mozog +
ev. patologická zložka



Intrakraniálne kompenzačné mechanizmy



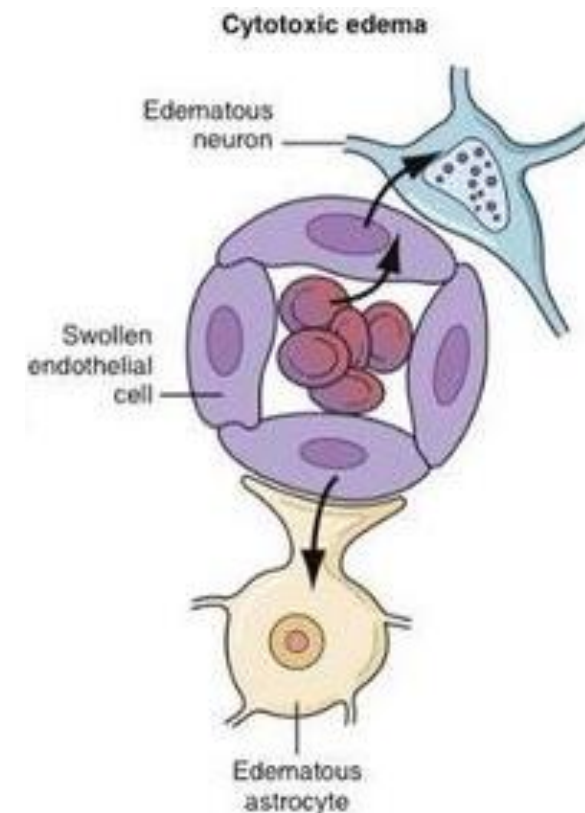
INTRAKRANIÁLNY TLAK (ICP)



Cytotoxický edém mozgu

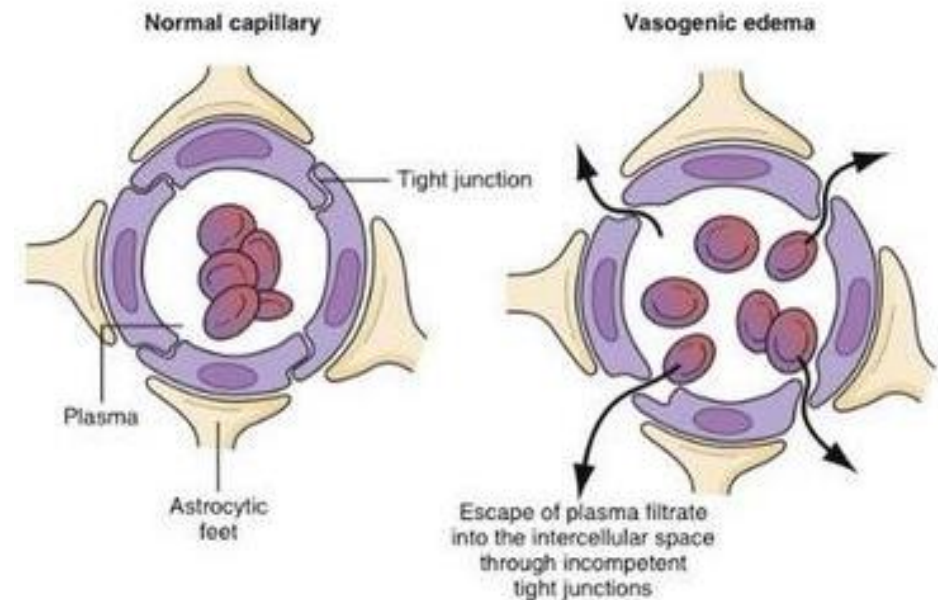
- **Ischemický**
(porucha metabolismu bunky so zlyhaním Na-K pumpy)
- Presun vody z EC do IC priestoru
(intracelulárna hyperosmolarita a extracelulárna hypotonicita)
- Hlavne astroglia
- HEB intaktná

- Sprevádza : včasnú fázu mozgové ischemie, hypoxie, hyponatrémieu
- Na CT málo viditeľný (strata kontrastu medzi sivou a bielou hmotou)



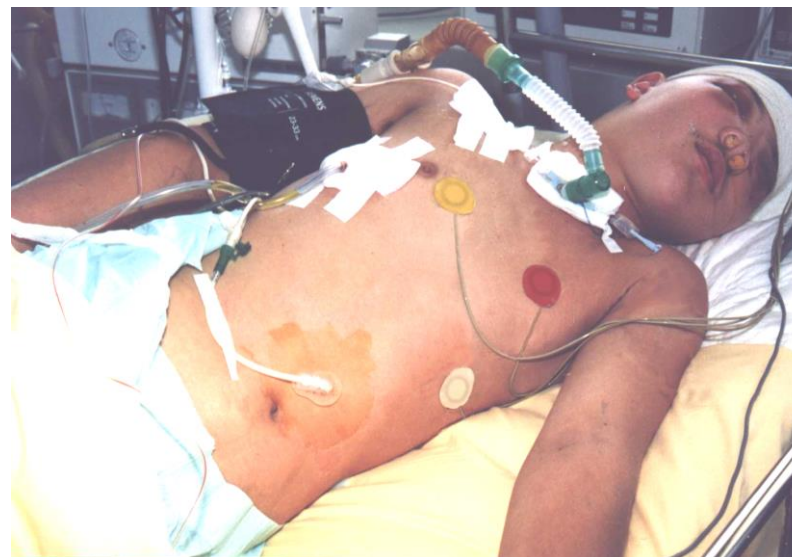
Vazogénny edém mozgu

- **porucha HEB**
(tesného spojenia endoteliálnych buniek)
- Príčina : mechanická napr. kontúzia, hypertenzia
chemická: zápal, infekcia, tumor
- Extravácia exudátu z plazmy (bohatý na bielkoviny)
v dôsledku hydrostatických síl
- Postihuje hlavne EC priestor, bielu mozgovú hmotu
- Na CT obraz tvaru prstov



KCP je „ silent global epidemic“

- Výskyt nejvyšší:
 - mezi 20-30 ročními, muži:ženy 2-2,8:1,
 - po 70 ke, muži:ženy 1:1
- Příčiny:
 1. dopravné úrazy
 2. pády
 3. šport,..

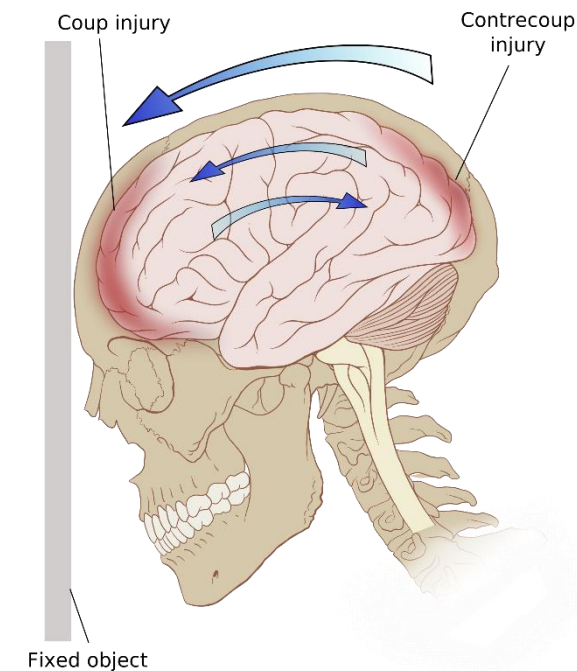


KCP je heterogénny patofyziologický proces

A.primárne poškodenie:

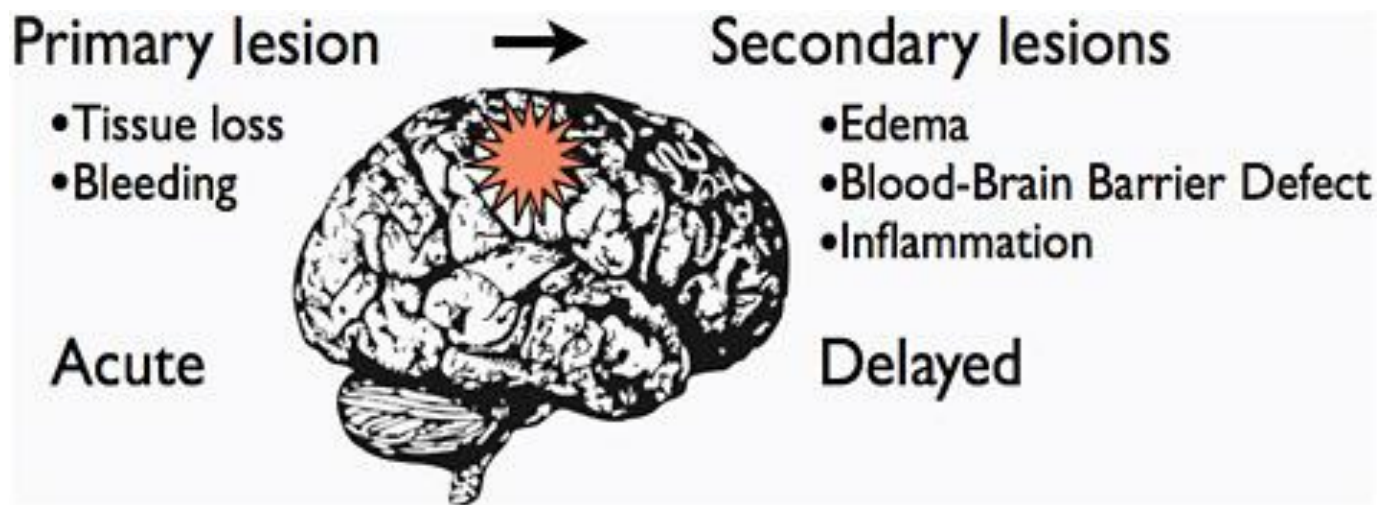
- kontaktné -priamym mechanickým nárazom na lebku
- inerciálne –akcelerácia a decelerácia
- penetrujúce - ..

- zahŕňa fraktúry lebky a poškodenie intrakraniálnych štruktúr:
 - difúzne:** difúzne axonálne poškodenie, komócia
 - ložiskové:** kontúzia mozgu, hematóm epidurálny, subdurálny, intracerebrálny, traumatický SAK



B. Sekundárne poškodenie :

Znížená dostupnosť a využítie substrátov pre mozog (kyslík, glukóza,..)



B. Sekundárne poškodenie :

- Kaskáda **patofyziolog. a biochem. dejov** spustených primárnym inzultom a potencovaných systémovými inzultmi - **smrť buniek**

Systemové:

- Hypoxémia
- Hypotenzia
- Hyperkapnia
- Ťažká hypokapnia ($\text{PaCO}_2 < 30 \text{ mmHg}, 4 \text{ kPa}$)
- Hypertermia
- Hypoglykémia, hyperglykémia
- Hyponatrémia, *hypernatrémia*
- Infekcia

Intrakraniálne:

- edém mozgu:
vazogénny a cytotoxický
- Hematomy (oneskorené-intracerebrálny, subarachnoidálny)
- Hydrocephalus
- Krčče
- Vazospazmy
- Neuroinfekcia
- Turgescencia mozgu

**Intrakraniálna
hypertenzia**

Hypotenzia ($Tk_{sys} < 90$ mmHg)

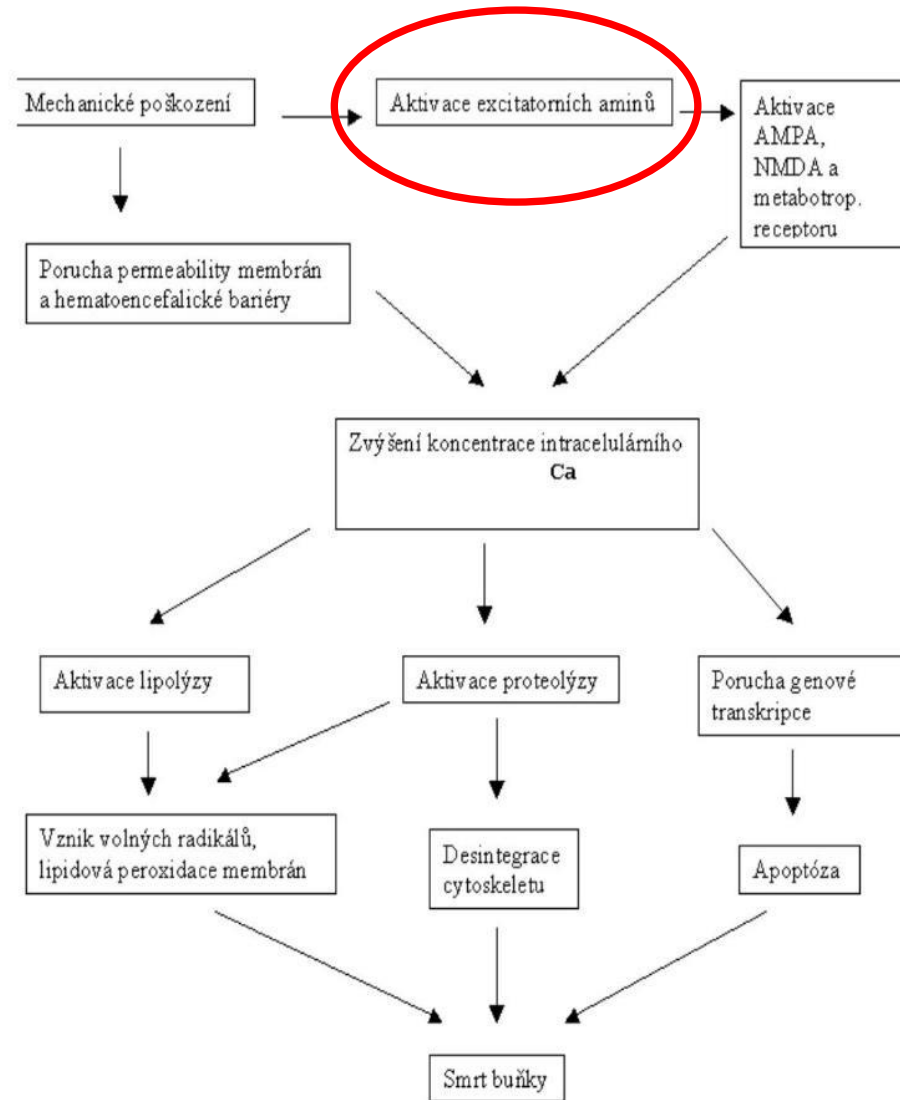
Jedna epizóda hypotenzie zdvojnásobuje mortalitu

Secondary Insults	Number of Patients	% Total Patients	Outcome Percent		
			Good or Moderate	Severe or Vegetative	Dead
Total cases	699	100.0	42.9	20.5	36.6
Neither	456	65.2	51.1	21.9	27.0
Hypoxia	78	11.2	44.9	21.8	33.3
Hypotension	113	16.2	25.7	14.1	60.2
Both	52	7.4	5.8	19.2	75.0

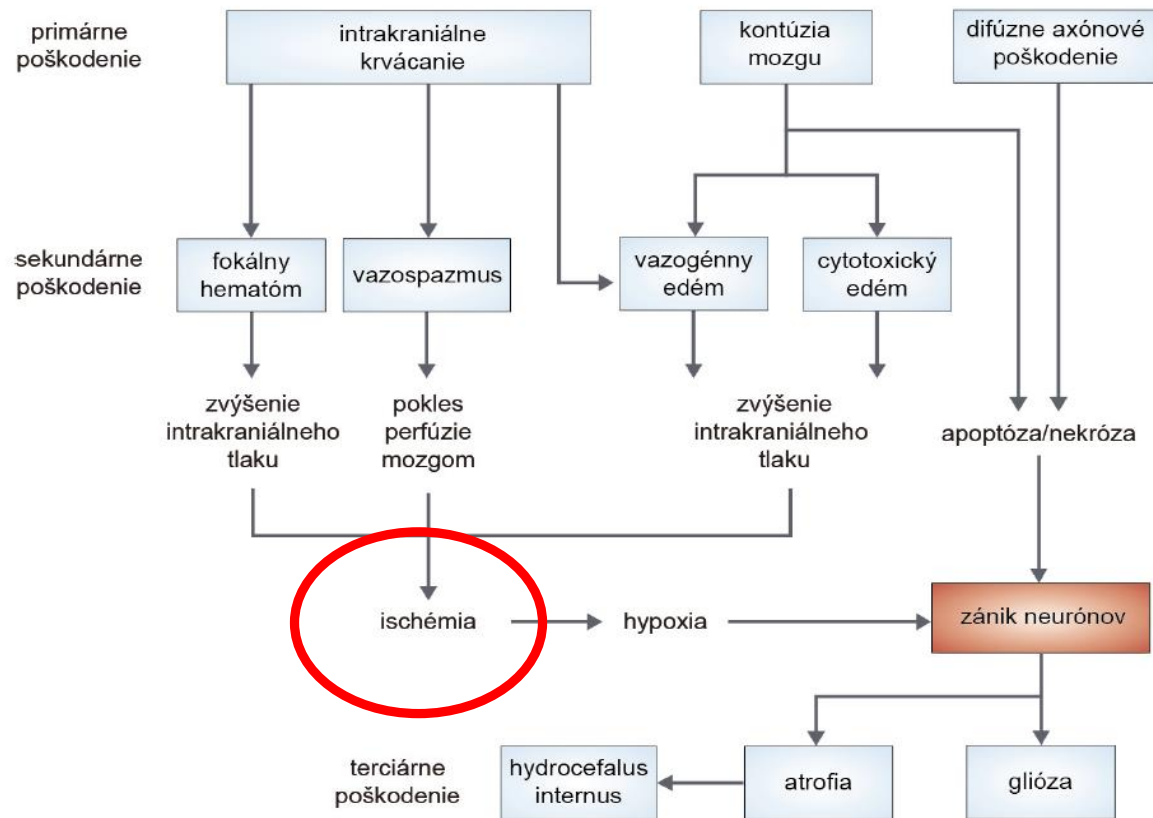
Hypoxia = $Pao_2 < 60$ mm Hg; hypotension = $SBP < 90$ mm Hg. Reprinted with permission from Chesnut et al.¹⁰

Chesnut et al J.Trauma 1993

Sekundárne poškodenie

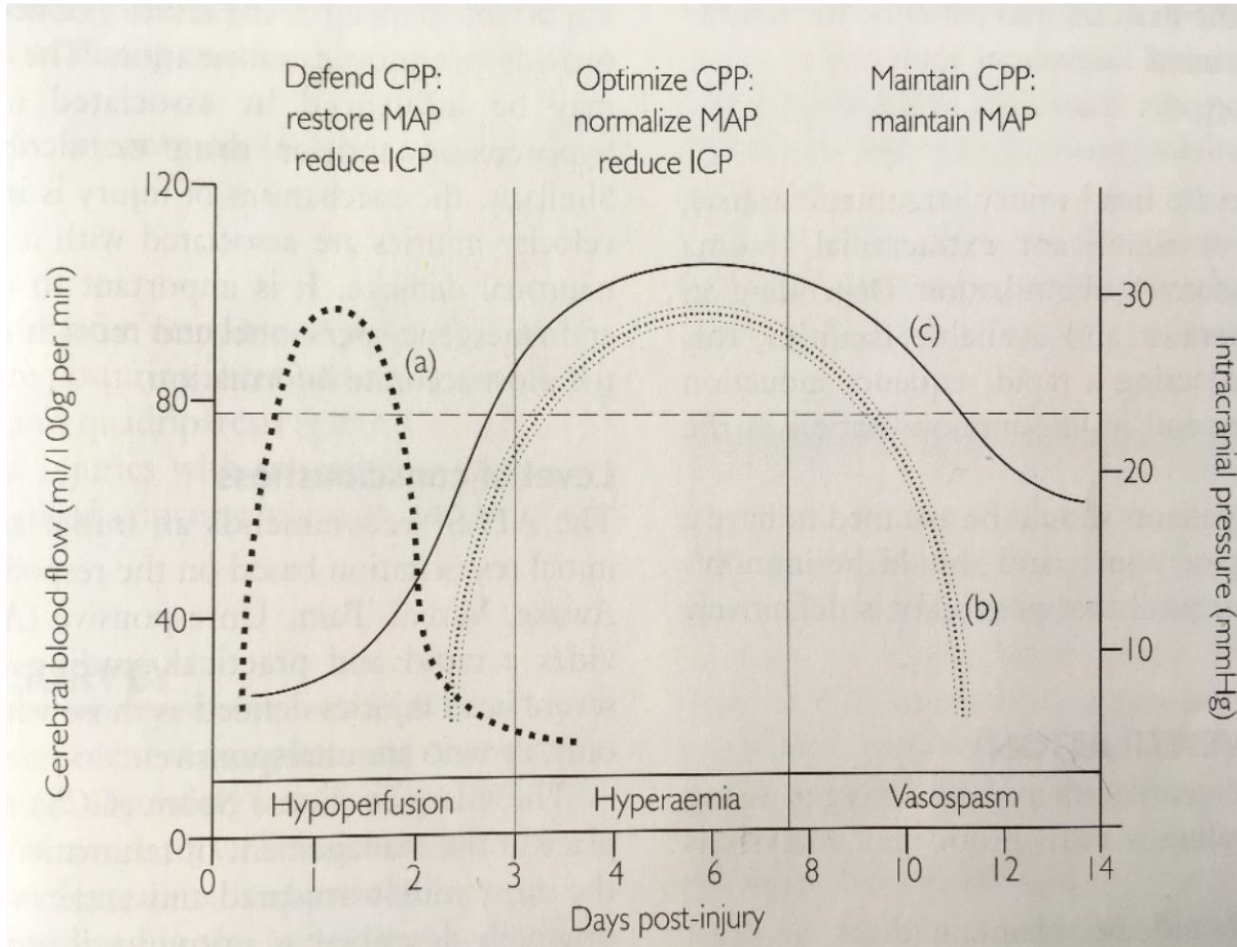


Sekundárne poškodenie



- „**Cerebrálna excitácia**“ s vysokými nárokmi na kyslík
- **Akútna zápalová odpoveď** v m. parenchýme (~ SIRS) : cytokíny, expresia adhezívnych molekúl a akumulácia leukocytov
- **Poškodenie HEB:** vazogénny e.
- **Poškodenie autoregulácie prietoku krvi:** deregulácii CBF vzhľadom k intenzite metabolizmu (CMR02) a CPP

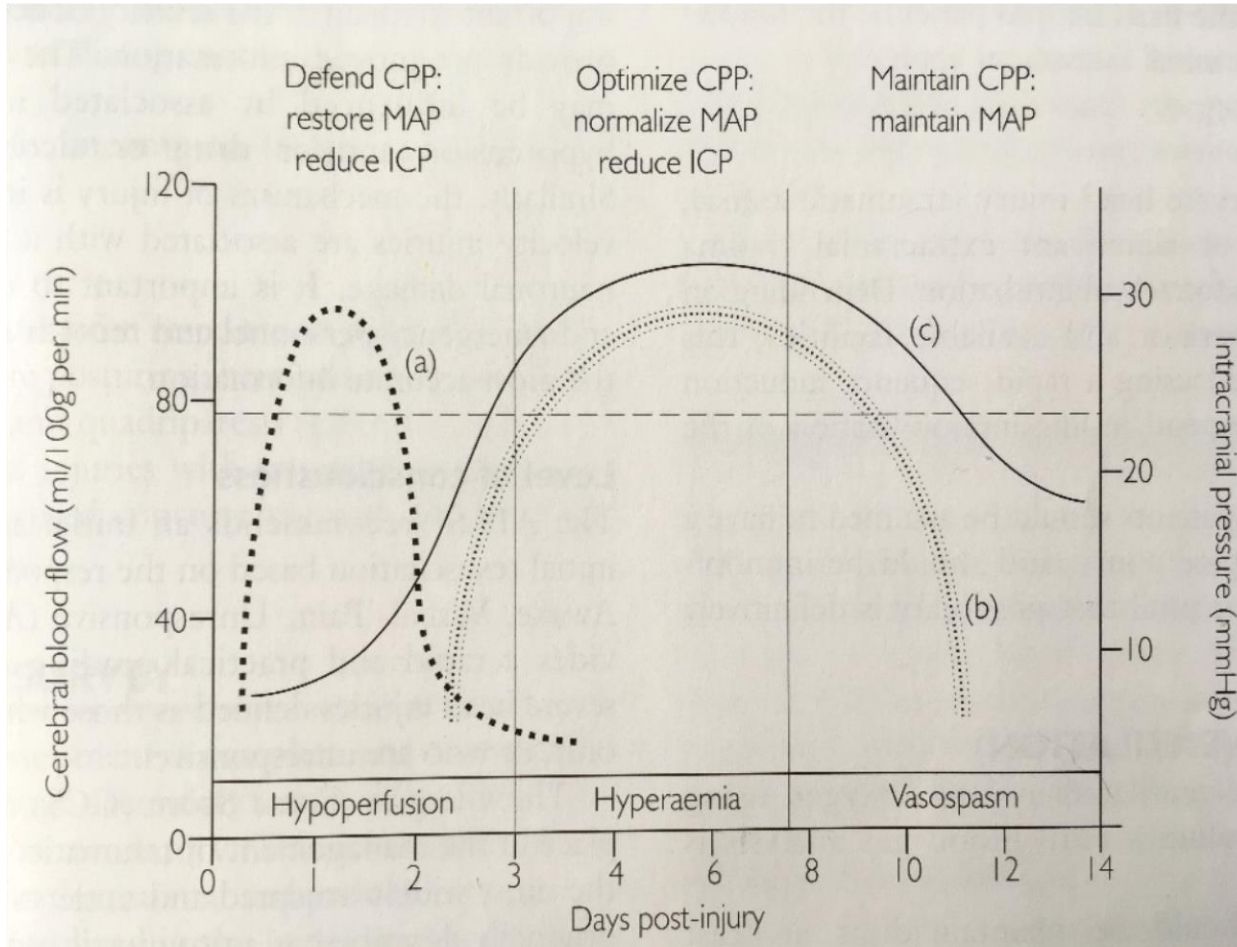
1. Hypoperfúzna fáza



- Prvých **72 h.**
- Autoregulácia myogénna je poškodená → CBF je závislé od MAP
- Region. a globálna **ischémia** → „**cytotoxickému**“ edému m. a zvýšenému ICP
- MAP treba udržiavať tak, aby $CPP \geq 70$ mmHg

a) cytotoxický edém b) vazogénny edém c) CBF prietok krvi mozgom
CPP perfúzny tlak mozgu, MAP stredný arteriálny tlak, ICP intrakraniálny tlak

2. Hyperemická fáza



- CBF ↑ pre poruchu autoregulácie tlakovej a metabolickej a podieľa sa na ↑ ICP

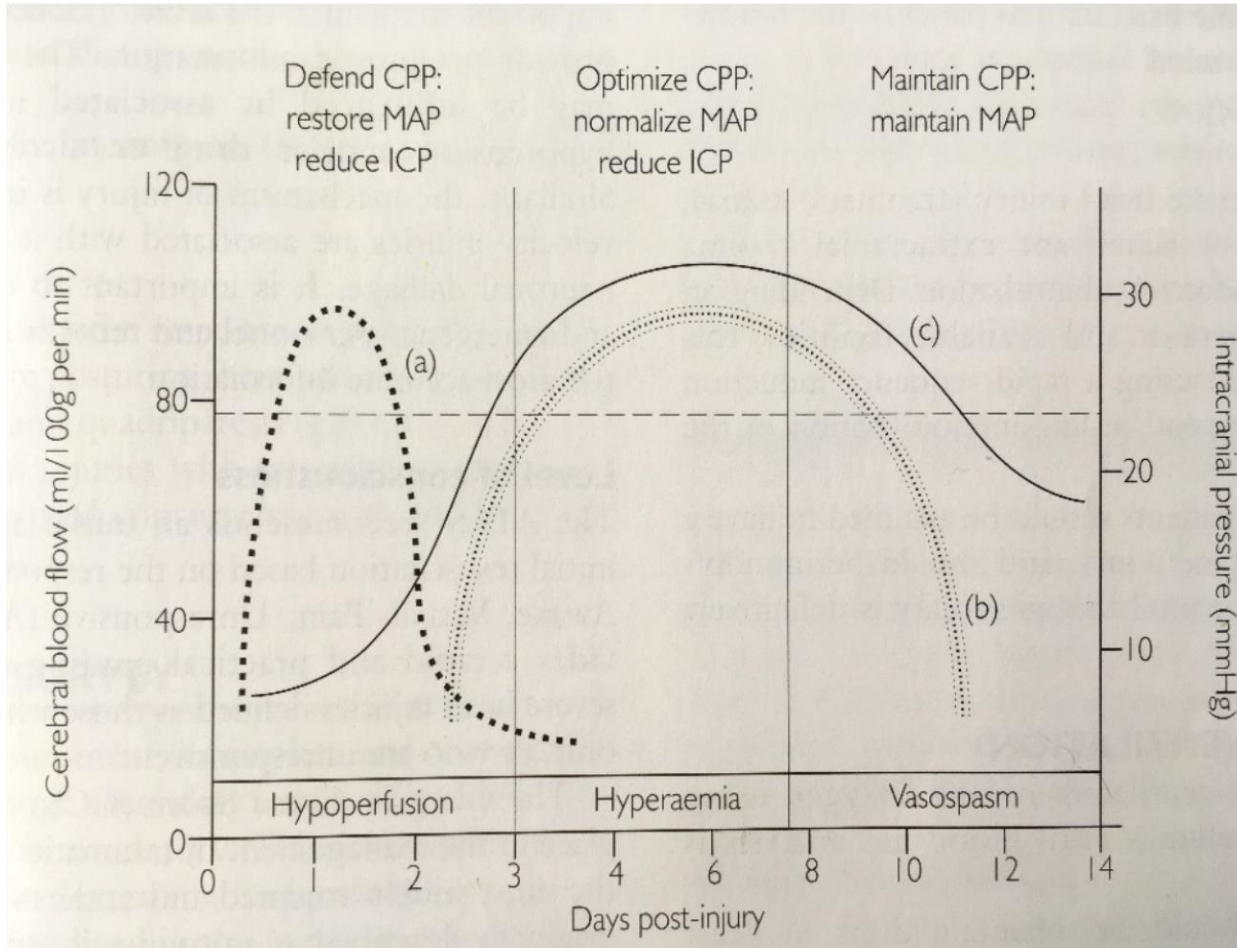
- Môže pretrvávať až 7-10 dní
- Vyskytuje sa u 25-40% p.
- Hyperémia + zápal + porucha HEB



vazogénny edém

a) cytotoxický edém b) vazogénny edém c) CBF prietok krvi mozgom
CPP perfúzný tlak mozgu, MAP stredný arteriálny tlak, ICP intrakraniálny tlak

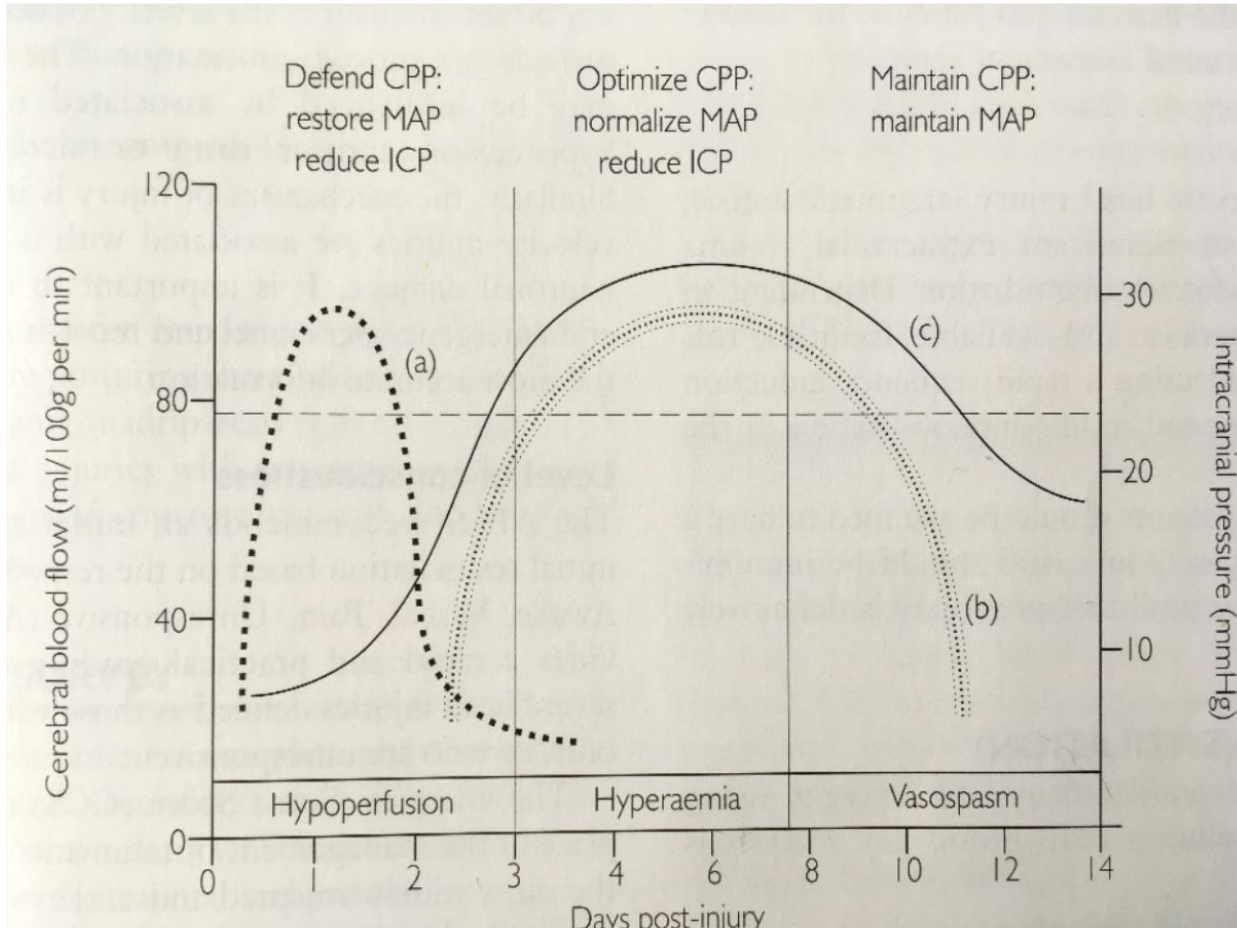
2. Hyperemická fáza



1. **bez intrakraniálnej hypertenzie (ICH)** pri hypermetabolizme \uparrow CBF (reaguje na liečbu)
2. **s ICH a priaznivým** výsledkom býva zachovaná vazoreaktivita (reaguje na hyperventiláciu a barbituráty)
3. **s ICH a nepriaznivým** výsledkom pri vazoparalýze (terapia? hyperventilácia?)

a) cytotoxický edém b) vazogénny edém c) CBF prietok krvi mozgom
CPP perfúzný tlak mozgu, MAP stredný arteriálny tlak, ICP intrakraniálny tlak

3. Vazospastická fáza



- U **20-35%** p. : s ťažkým poškodením (bez SAK) al. rozsiahlym traumatickým SAK
- V dôsledku vazospazmov m. hypoperfúzia a **ischémia** + postraumat. hypometabolizmus + porucha autoregulácie
- Kratšie trvanie ako po SAK

a) cytotoxický edém b) vazogénny edém c) CBF prietok krvi mozgom

CPP perfúzny tlak mozgu, MAP stredný arteriálny tlak, ICP intrakraniálny tlak

Neuromonitoring:

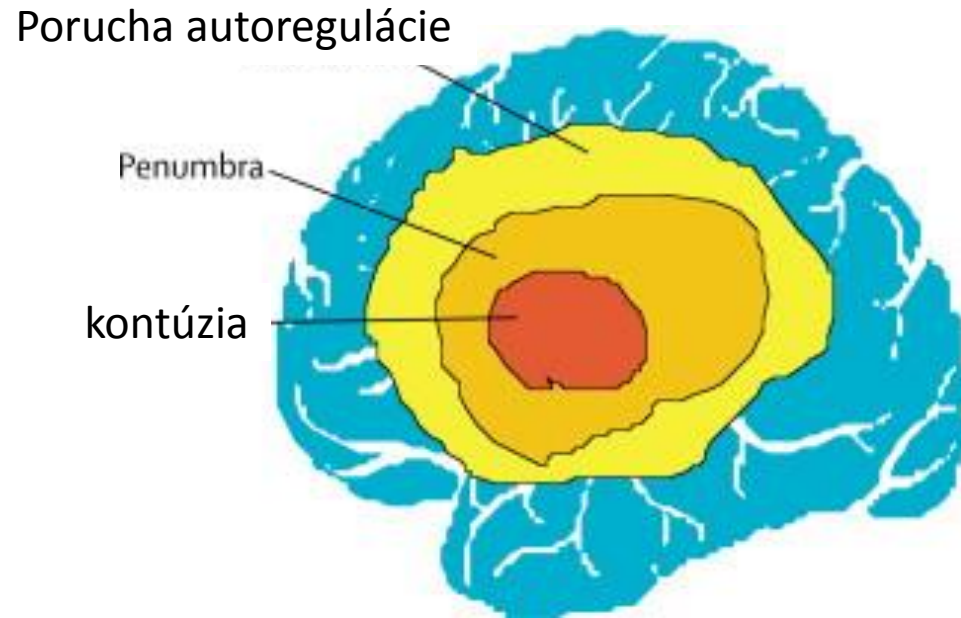
- Včas diagnostikovať rýchle sa rozvíjajúce komplikácie (narastajúci hematóm)
- Rozoznať pomaly sa rozvíjajúce komplikácie (edém)
- **Získať objektívne parametre na vedenie individuálnej liečby**
- Obsiahnúť mozgovú hemodynamiku, oxygenáciu , metabolizmus

CT : - vhodný na hematómy
- opakované vyšetrenia: riziká transportu, žiarenie

Na rôzne aspekty mozgovej patofyziológie - nestačí 1 monitorovaný parameter

Len ak čidlo je v oblasti penumbry:
porucha autoregulácie,
mikrospazmy, mikrovazoparalýza,
hyperglykogenolýza, ischémia...

Vzdialenejšie oblasti:
žiadne al. menšie patofyziolog. zmeny

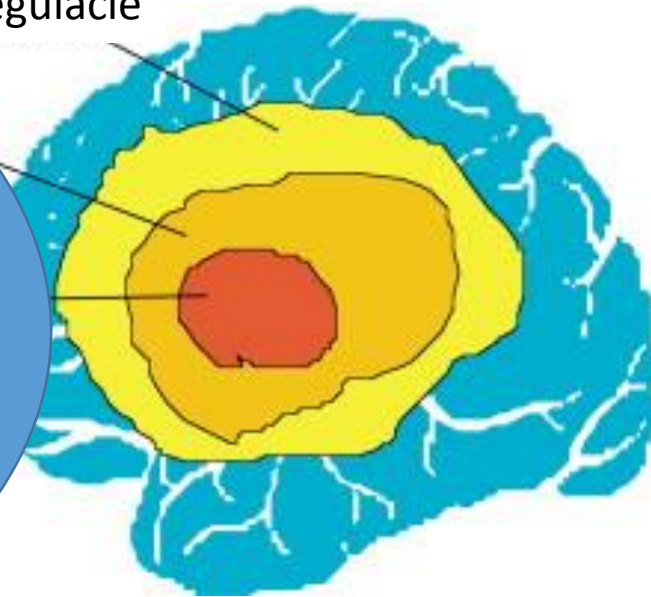


Na rôzne aspekty mozgovej patofyziológie - nestačí 1 monitorovaný parameter

Len ak čidl
poru

cha autoregulácie

Ak liečba je zameraná len na jeden patofyziologický mechanizmus sekundárneho poškodenia potom výsledky sú neuspokojivé



Neuromonitoring:

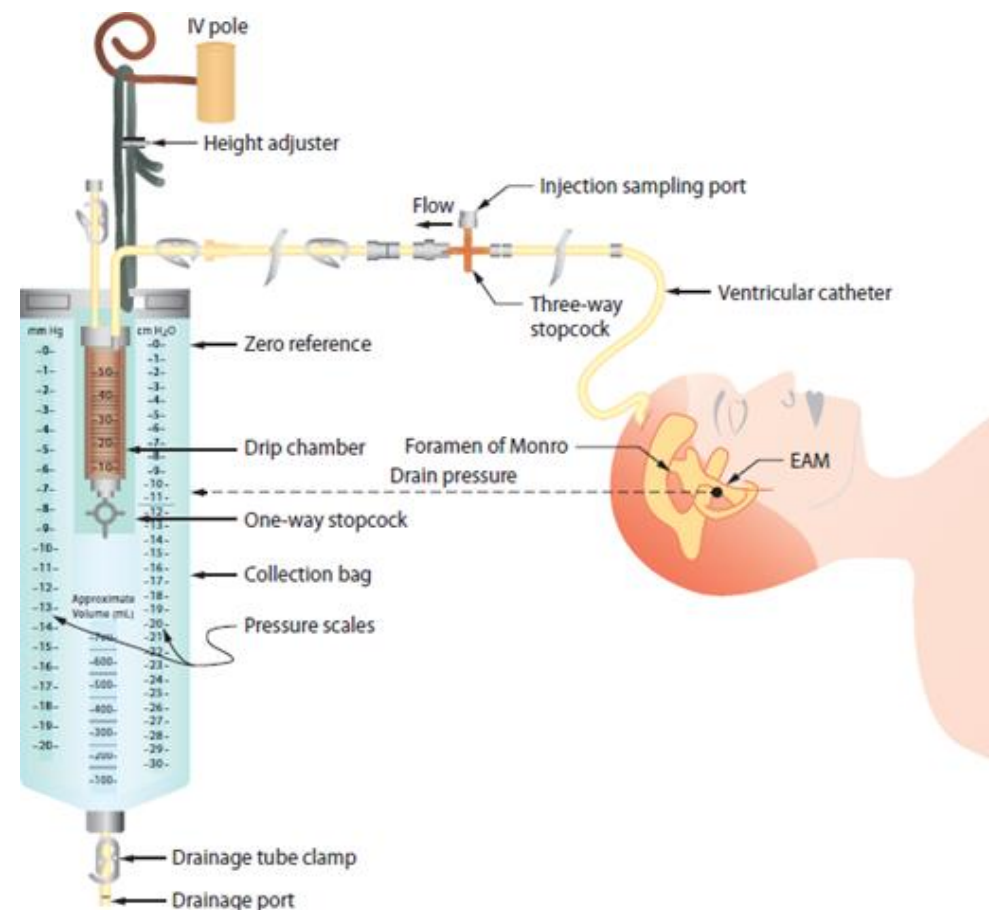
- meranie intrakraniálneho tlaku (ICP), mozgového perfúzneho tlaku (CPP)
- oxymetria : jugulárna ($S_{vj}O_2$), tkanivová ($PtiO_2$), *cerebrálna (NIRS)*
- cerebrálna mikrodialýza (laktát, glukóza, pyruvát)
- *transkraniálna dopplerovská ultrasonografia (CBF-prietok krvi mozgom)*
- intracerebrálna teplota
- *elektrofyziológia (EEG)*

meranie intrakraniálneho tlaku (ICP)

$$\text{CPP} = \text{MAP} - \text{ICP}$$

Intraventrikulárny katéter:

- Drenáž likvoru
- In vivo kalibráciu
- Ťažšie sa zavádza
- Riziko bakteriálnej ventrikulitídy

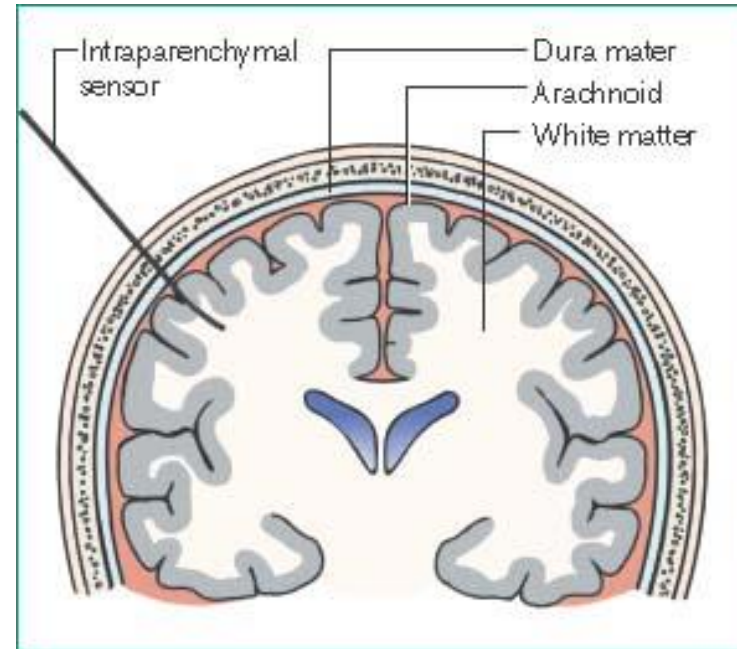


Source: Jesse B. Hall, Gregory A. Schmidt, John P. Kress: *Principles of Critical Care*, 4th Edition: www.accessmedicine.com
Copyright © McGraw-Hill Education. All rights reserved.

meranie ICP

Intraparenchýmový snímač:

- Pri dlhšom zavedení malé nepresnosti
- Nemôže sa in vivo kalibrovať
- „zdravá hemisféra“



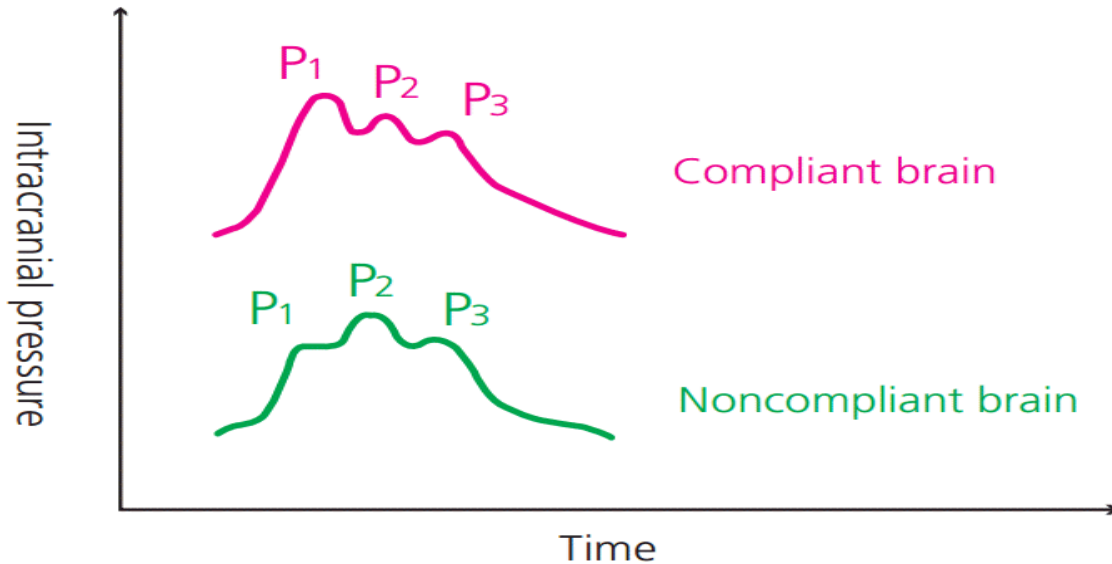
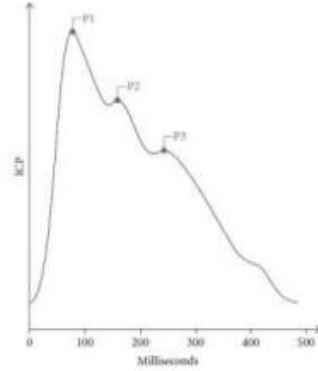
ICP Waveform

- Normal ICP waveform:

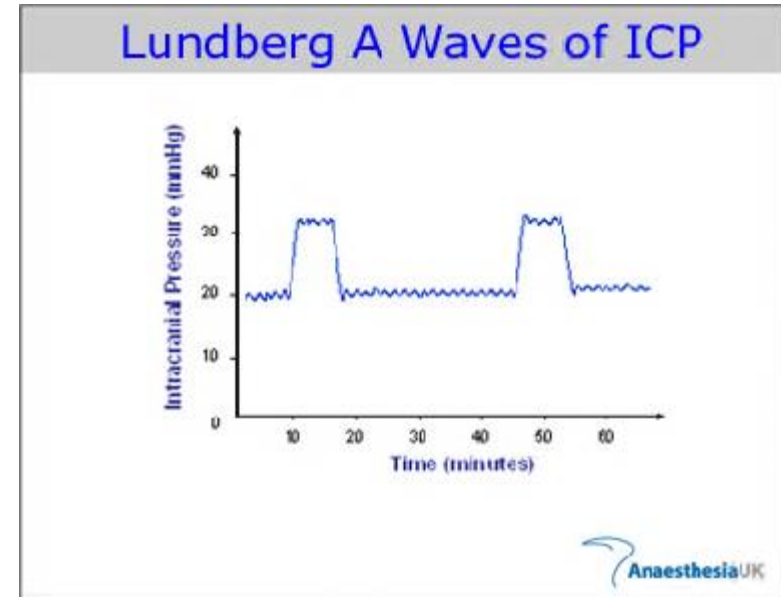
P1 = (Percussion wave) represents arterial pulsation

P2 = (Tidal wave) represents intracranial compliance

P3 = (Dicrotic wave) represents aortic valve closure



vždy patologické, predchádzajú herniácii



Monitorovanie ICP

- IIB
Menežment p. s ťažkým KCP pomocou informácií z ICP monitorovania je odporúčané na zníženie mortality v nemocnici a mortality po 2 týždňoch od úrazu

*ICP by malo byť monitorované u všetkých zachrániteľných p. s KCP (**GCS 3-8b po resuscitácii**) a **abnormálnym nálezom na CT**. Abnormálny nález na CT odhaľuje hematómy, kontúzie, opuch, herniáciu al stlačené bazálne cisterny*

ICP by malo byť indikované u p. s ťažkým KCP s normálnym nálezom na CT ak ≥ 2 z nasledujúcich príznakov sú prítomné pri prijatí:

- vek >40 r.,
- jednostranné al. obojstranné motorické postihnutie,
- al. $\text{sysTK} \leq 90\text{mmHg}$

Intrakraniálny tlak

- IIB

Liečba ICP > 22 mmHg je odporúčaná pretože hodnoty nad touto úrovňou sú spojené so zvýšenou mortalitou

III

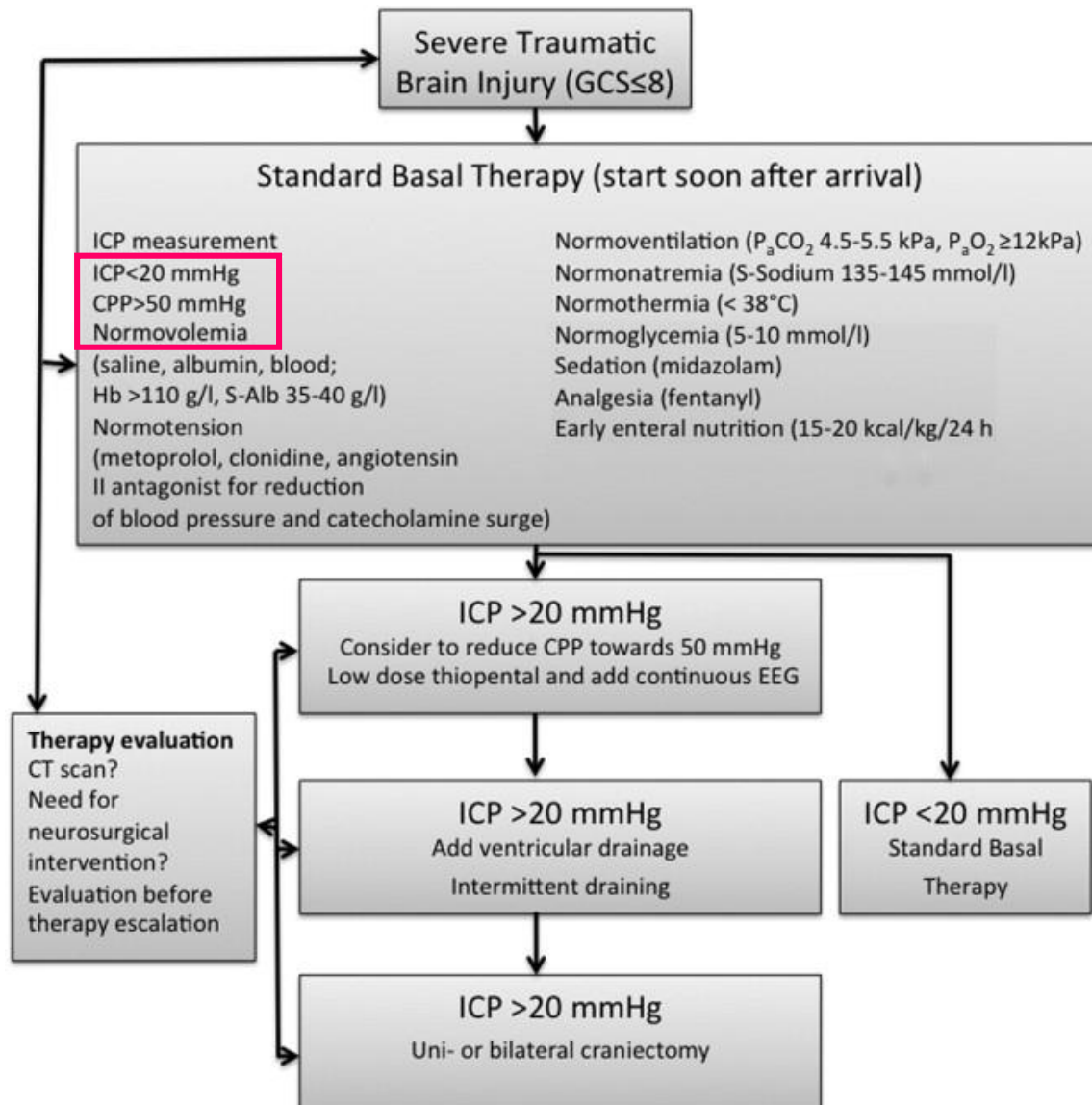
Kombinovanie hodnôt ICP, klinického a CT nálezu sa môže použiť na rozhodovanie pri menežovaní.

„ menežovanie podľa ICP“ : $CPP = MAP - ICP$
znižovať ICP ? zvyšovať MAP ?

- Holandsko 46% (2012), Rakúsko 57% (2008) p. s KCP ma ICP snímač



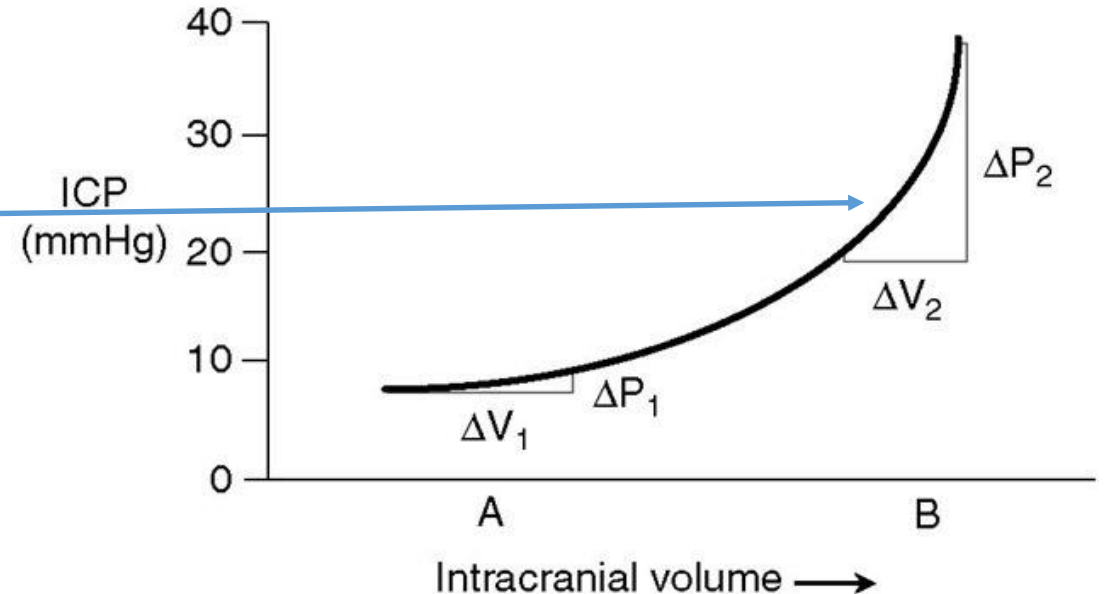
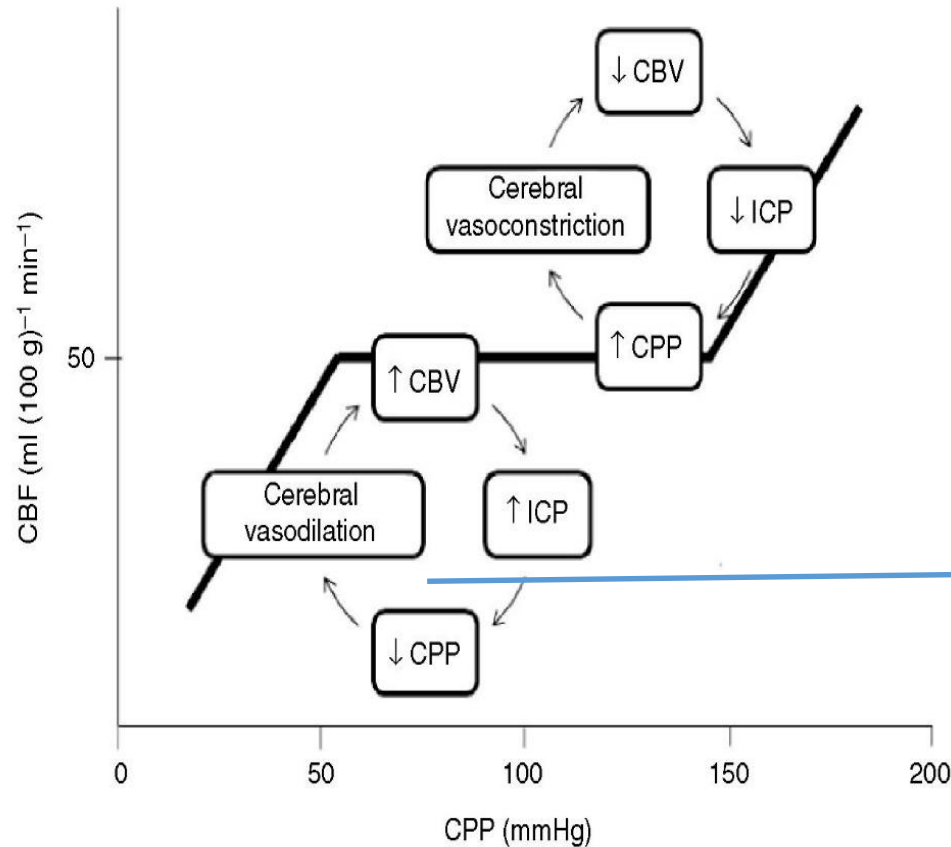
Lundský koncept: ↓ICP



- Znižovať hydrostatický tlak v kapilárach
- Udržiavať koloidne osmotický tlak a udržiavať vyrovnanú tek.bilanciu
- Vyhnúť sa hypovolémii, stresovej reakcii, vazopresorom

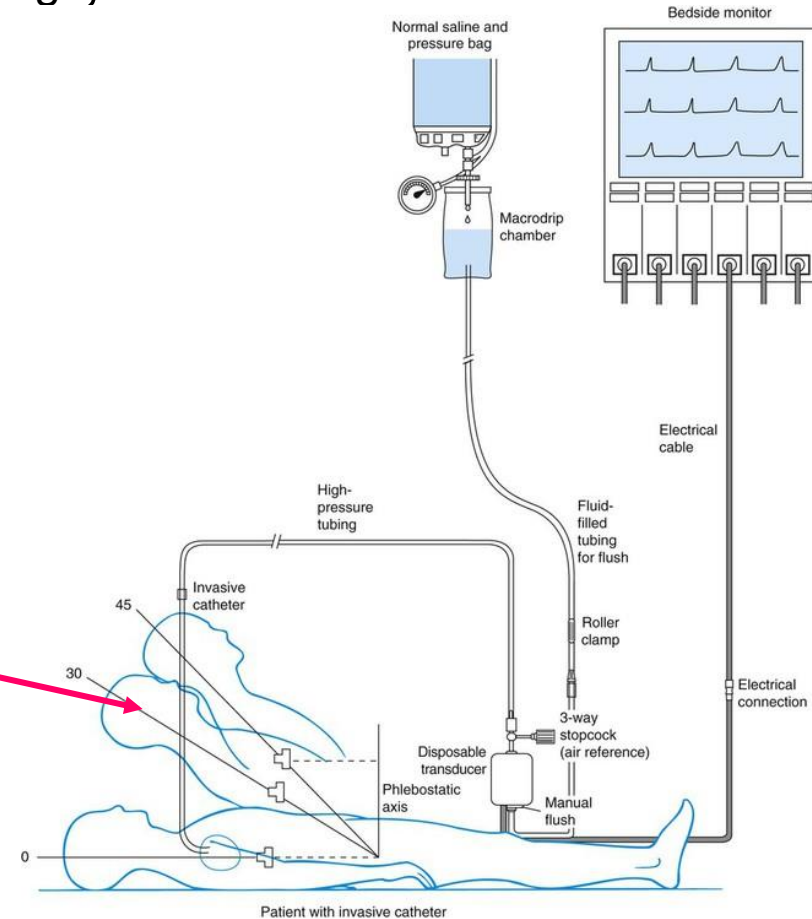
CPP koncept: **prioritné je CPP 50-70mmHg**

- pri zachovanej autoregulácii zmena MAP/CPP by mala vyvolať inverznú zmenu CBV (ICP)



Novšie štúdie spochybnili „menežovanie podľa ICP a CPP“

- **bez rozdielu** vo výslednom neurolog. náleze ak ICP < 20 mmHg a CPP > 70 mmHg vs len MAP > 90 mmHg , bez ICP
- ↓ ICP po hyperventilácii - ↓ CBF – zlý nález
- poloha prevodníka pri hodnotení MAP a CPP - ak je na úrovni srdca, tak CPP je o 20mmHg väčšia ako, ak je na úrovni f. Monroi
- MAP? $AP_d + \frac{1}{3} (AP_s - AP_d)$
 $\frac{1}{3} AP_d + \frac{2}{3} AP_s$



$$\text{CPP} = \text{MAP} - \text{ICP}$$

Parameter	BTF	EBIC	AAGBI
Respiratory	AVOID SpO ₂ <90% PaO ₂ <8 kPa PaCO ₂ <3.3 kPa	TARGET SpO ₂ >95% PaO ₂ >10 kPa PaCO ₂ 4.0-4.5 kPa	TARGET PaO ₂ >13 kPa PaCO ₂ 4.5-5.0 kPa
Cardiovascular	AVOID SBP <90mmHg	TARGET MAP >90 mmHg SBP >120 mmHg	TARGET MAP >80 mmHg
Neurological	ICP <20 CPP 50-70 (probably 60)	ICP <20-25 CPP 60-70	ICP <20-25 CPP 60-70

$$CPP = MAP - ICP$$

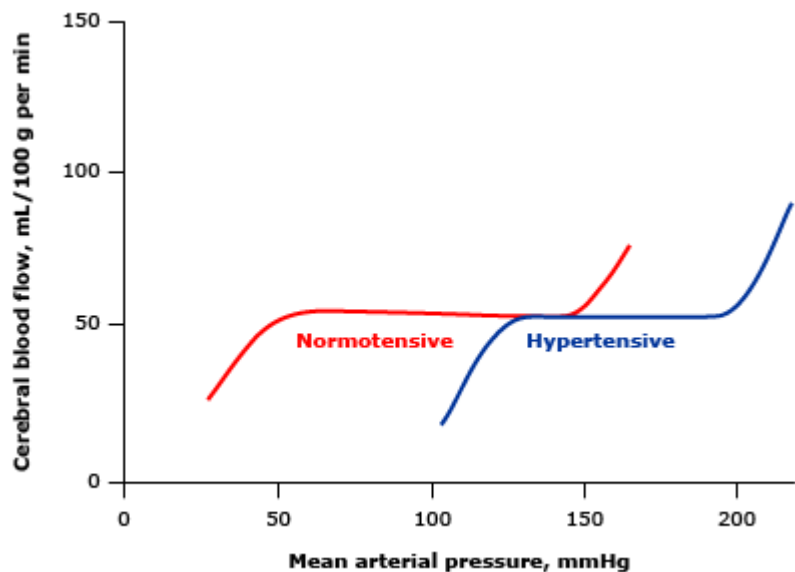
- IIB

Odporúčaná cieľová hodnota CPP pre prežitie a priaznivý výsledok je medzi **60-70 mmHg**. Či 60-70mmHg je minimálna optimálna hodnota CPP nie je jasné a môže závisieť na stave autoregulácie p.

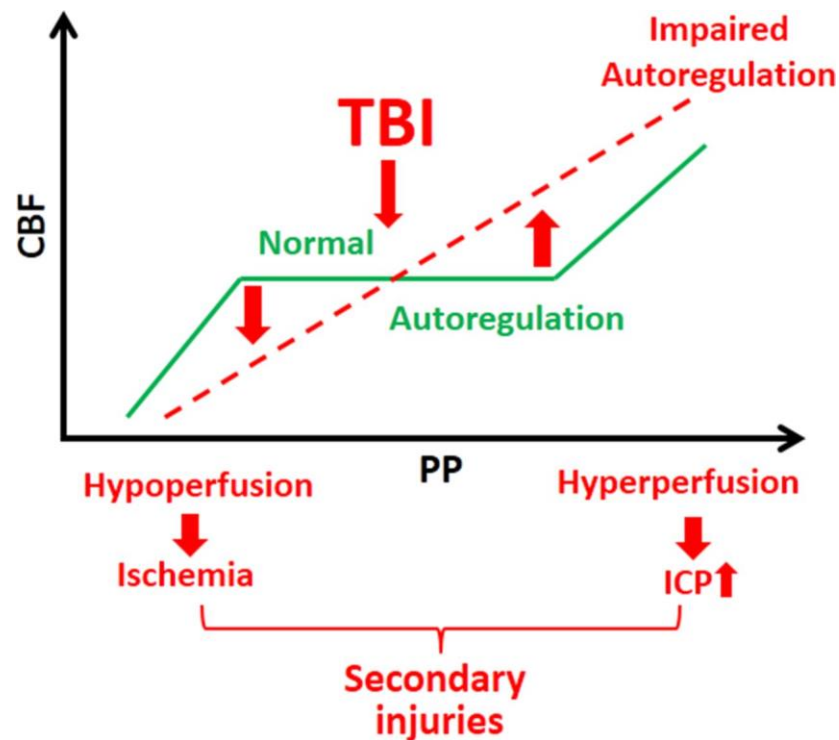
III

*Kvôli riziku respiračného zlyhania sa môže zvažiť **vyhnutie** agresívnym pokusom udržať **CPP > 70 mmHg** pomocou tekutín a vazopresorov*

Optimálny individuálny CPP, ktorý sa mení v čase ?



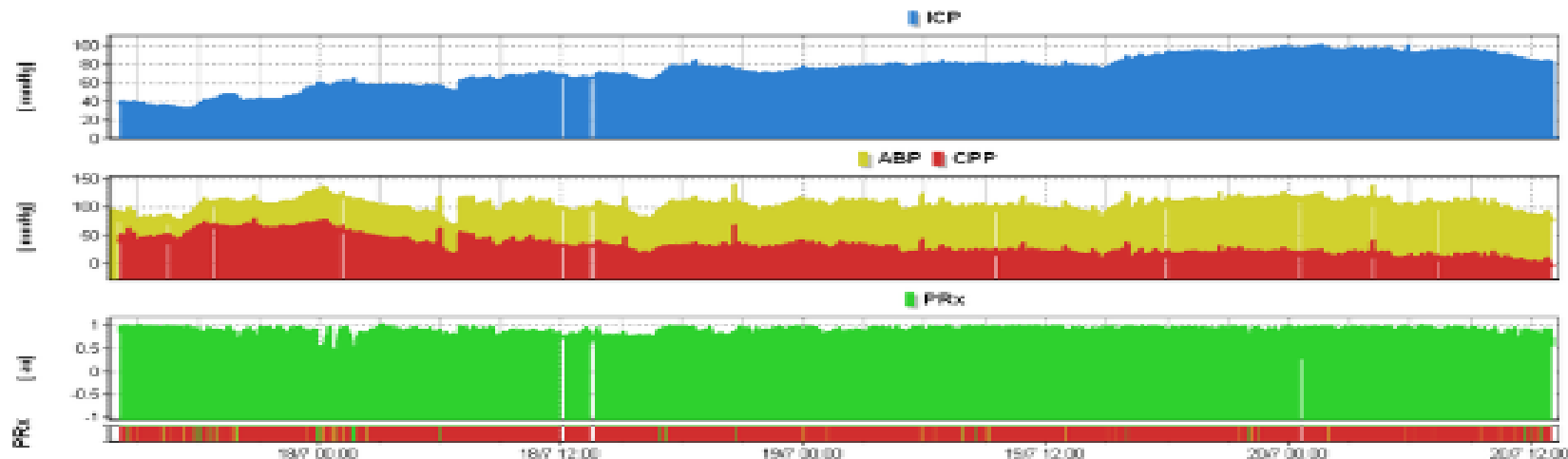
Vek, hypertenzná choroba ovplyvňujú CPP



CPP-orientovaná terapia môže ↑ ICH pri poruche tlakovej autoregulácie - mozgová hyperémie

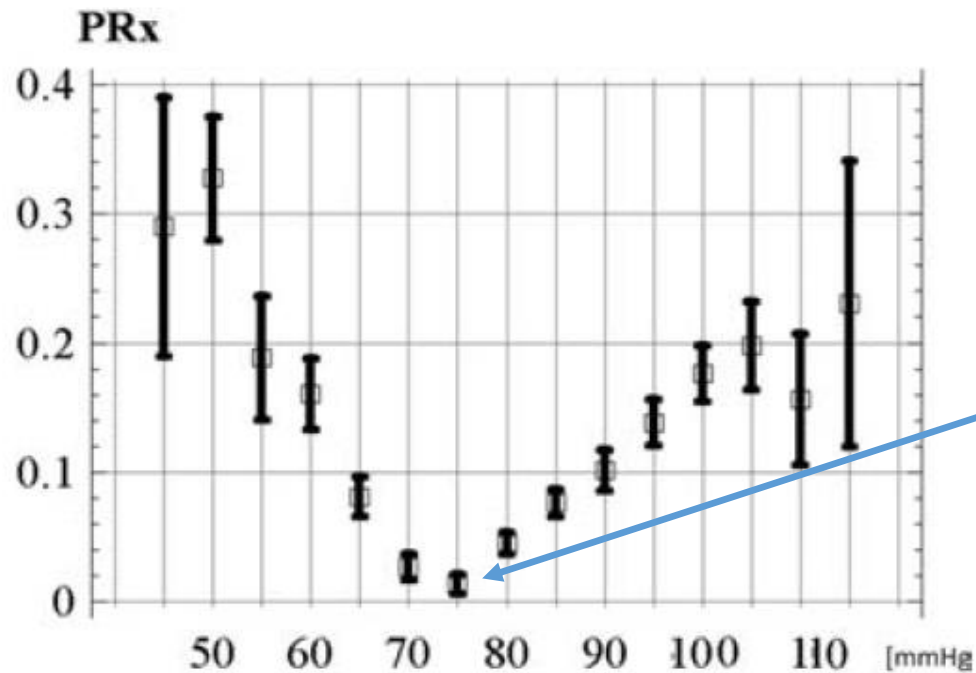
PRx pressure-reactivity index

- Korelačný koeficient medzi **ICP** (pomalé vlny) a **MAP**
- Ukazuje na stav schopnosti **autoregulácie** mozgových ciev
- On line kalkulovaný (špeciálny softvér)
- **Pozitívne** PRx (pasívne zvyšovanie ICP pri zvýšení MAP/CPP) :
porucha autoregulácia



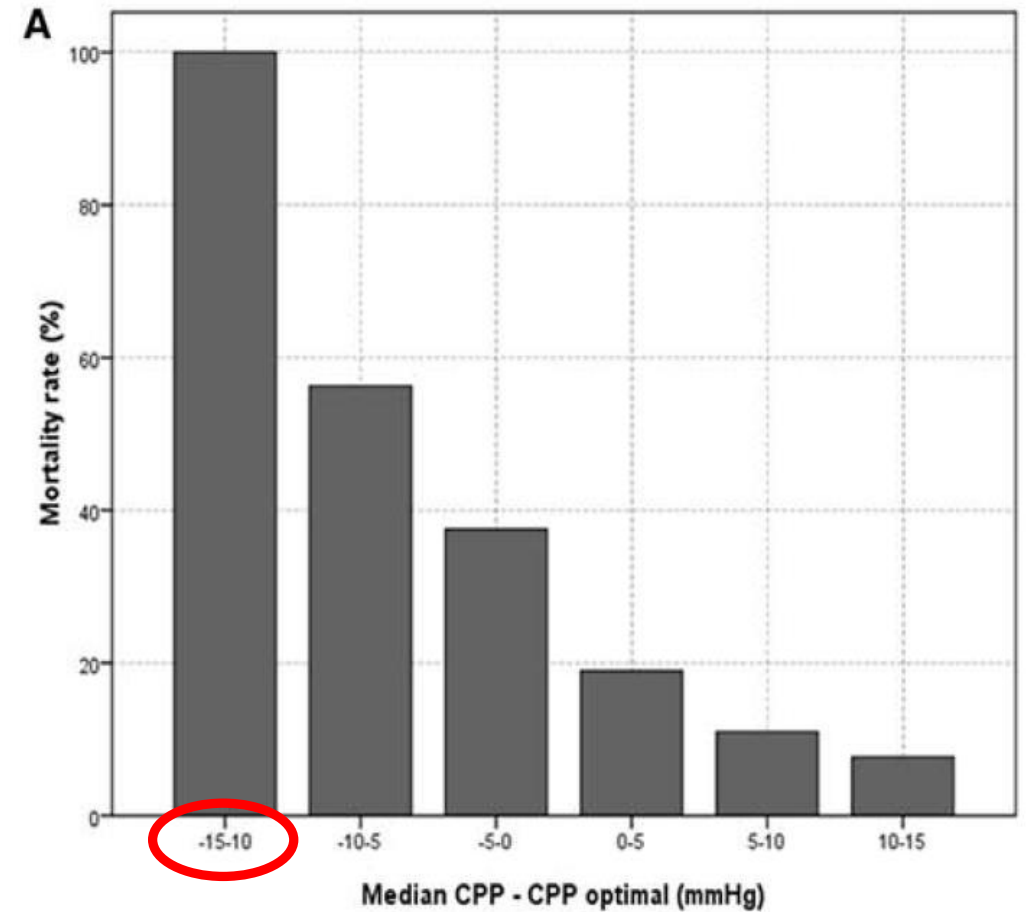
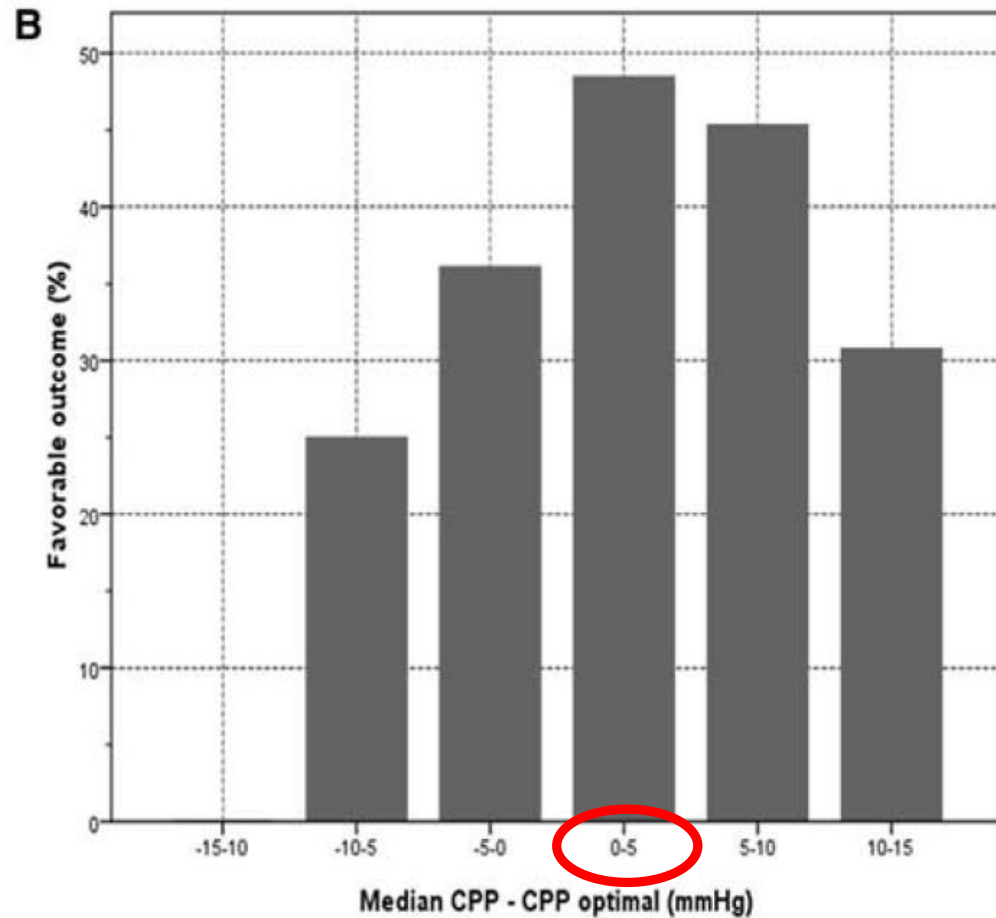
PRx pressure-reactivity index

- **Negatívne PRx** (pokles ICP pri zvyšovaní MAP/CPP): **nepoškodená** autoregulácia
- Pri najnižšej hodnote PRx je **CPP optimálne** (najefektívnejšia autoregulácia)



- CPP optimálne - 75 mmHg pre tohto p.

- 299 pacientov, retrospektívna št.
- merané ICP,MAP (CPP = MAP – ICP) , kalkul.: **CPPoptimal** a PRx (Aries, 2012)



**Consensus summary statement
of the International Multidisciplinary
Consensus Conference on Multimodality
Monitoring in Neurocritical Care**

Intensive Care Med (2014) 40:1189–1209

- PRx, CPP optimal sú odporúčané ako súčasť rozhodovacieho procesu („weak recommendation, moderate quality of evidence“)
- Ak $CPP < CPP_{optimal}$, potom ↓ CPP bol spojený s ↓ $P_{bt}O_2$ (Jaeger 2010)

Jugulárna oxymetria (SjO_2 60-75%)

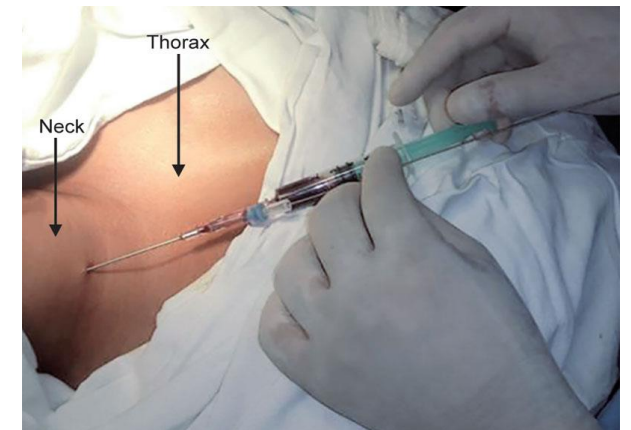
- „len“ o stupni adekvátnosti perfúzie (cerebral oxygen delivery - DO_2)
vo vzťahu k metabolickým požiadavkám m. (cerebral oxygen consumption - $CMRO_2$)
v danom okamihu

-retrográdne fibrooptický katéter do jugulárneho bulbu-kontinuálne meranie

-intermitentné laboratórne monitorovanie (vzorky)



Minimálne horný
okraj C2

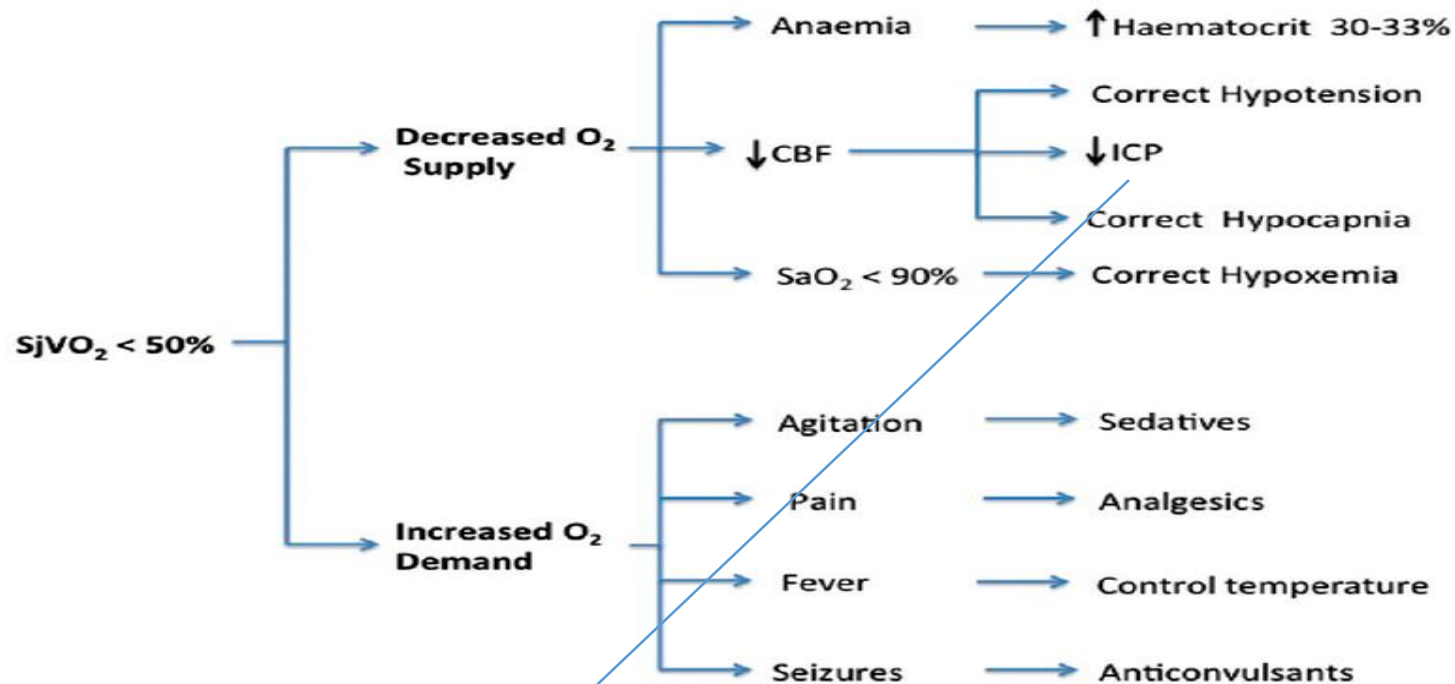


Jugulárna oxymetria (SjO₂)

- CEO₂ (extrakcia O₂ mozgom) = A_{jv}DO₂ :
= (CaO₂ - C_{jv}O₂)

1. Nadmerná perfúzia (zvýšenie CBF- hyperémia, DO₂) v pomere k CMRO₂

- **SjO₂ > 75-80%**
- CEO₂ je znížené
- Liečba: **optimalizovaná hyperventilácia**, kt. nepovedie k zníženiu SjO₂ pod normálnu hodnotu



2. Hypoperfúzia (zníženie CBF) v pomere k CMRO₂

- Desaturácia $SjO_2 < 50\%$
- CEO_2 je zvýšená
- výskyt hlavne **v hypoperfúznej f. (pred vývojom ICH)**
- je spojené s nepriaznivým výsledným nálezom
- Liečba : podať **manitol**, pri neznalosti ICP nikdy nehyperventilovať „naslepo“ - ale podľa SjO_2 , ak S osmolalita > 315 potom zvažiť barbituráty.

Prínos SjO₂ hlavne prvých 24-48h:

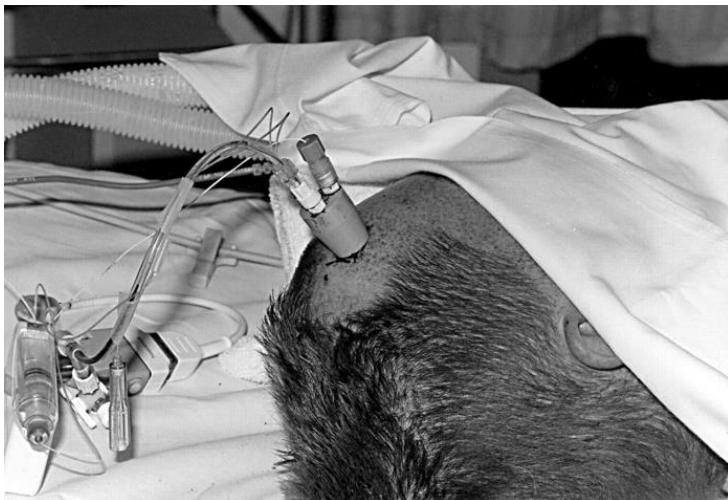
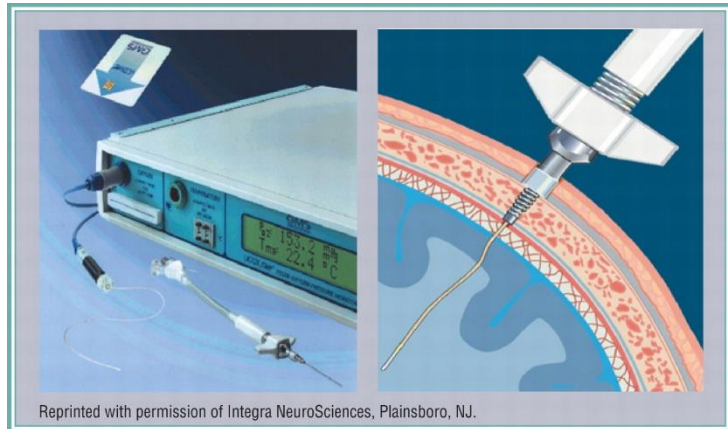
- Nízka SjO₂ + vzostup arteriovenózneho rozdielu laktátu – spoľahlivý **indikátor globálnej mozgovej ischemie**
- **Regionálna ischemia pri normálnom** SjO₂ a CEO₂ sa môže vyskytnúť
- Zamedzí **hyperventilácii**, kt. povedie k hypoperfúzii
- SjO₂ neposudzovať izolovane

Rozšírené monitorovanie mozgu

- III

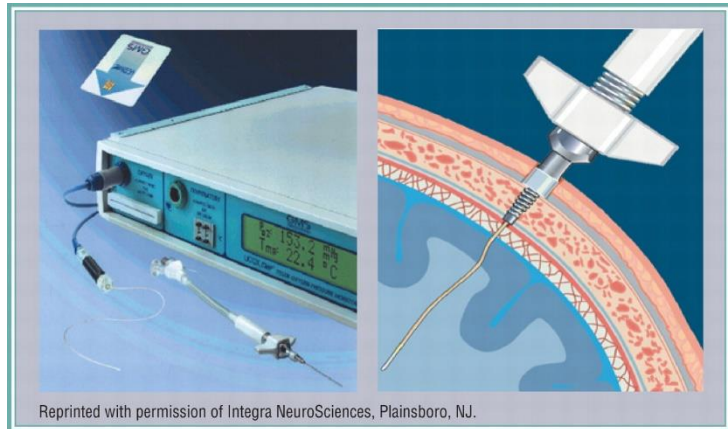
Jugulárna oxymetria, ako zdroj informácií pre rozhodovanie pri menežovaní, sa môže zväžiť na zníženie mortality a zlepšenie výsledného nálezu 3. a 6. mesiac po poranení

tkanivová oxymetria : parciálny tlak kyslíka v mozgovom tkanive P_{tiO_2} (v niekoľko mm³),



- Licox: $P_{tiO_2}^R$, teplotu
- Neurotrend™ : P_{tiO_2} , teplotu, pH, pCO_2
- odráža vzťah medzi dodávkou a spotrebou kyslíka
- vypovedajú len o malom okrsku mozgu

tkanivová oxymetria : parciálny tlak v mozgovom tkanive P_{tiO_2} (v niekoľko mm^3),



- Licox: $P_{tiO_2}^R$, teplotu
- Neurotrend TM : P_{tiO_2} , teplotu, pH, pCO_2
- odráža vzťah medzi dodávkou a spotrebou kyslíka
- vypovedajú len o malom okrsku mozgu

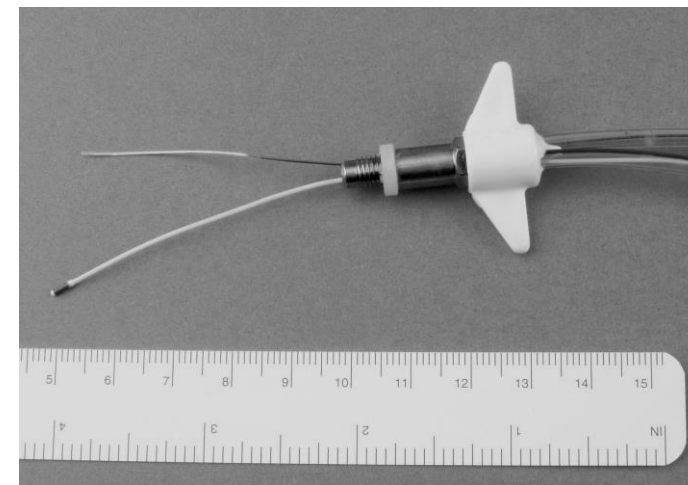
**poklesy P_{tiO_2} až u 50 % pacientů
s KCP
v prvých 12–24 hodinách**

Indikácie merania PtiO₂:

1. Porozumění patofyziologickým změnám u TBI
2. Časná diagnostika počínající ischemie
3. Časná korekce hypoxických epizod
4. Cílená terapie vedoucí ke zlepšení tkáňové oxygenace
5. Sledování stavu autoregulace cév
6. Predikce prognózy

Cílové hodnoty:

ICP	≤ 20 mm Hg
CPP	≥ 60 mm Hg
PtiO ₂	≥ 20 mm Hg
PtiCO ₂	≤ 60 mm Hg
pH	≥ 7,0
FV	55 ± 12 cm/s
SvjO ₂	60–80 %



Cerebrálna mikrodialýza

V ECT:

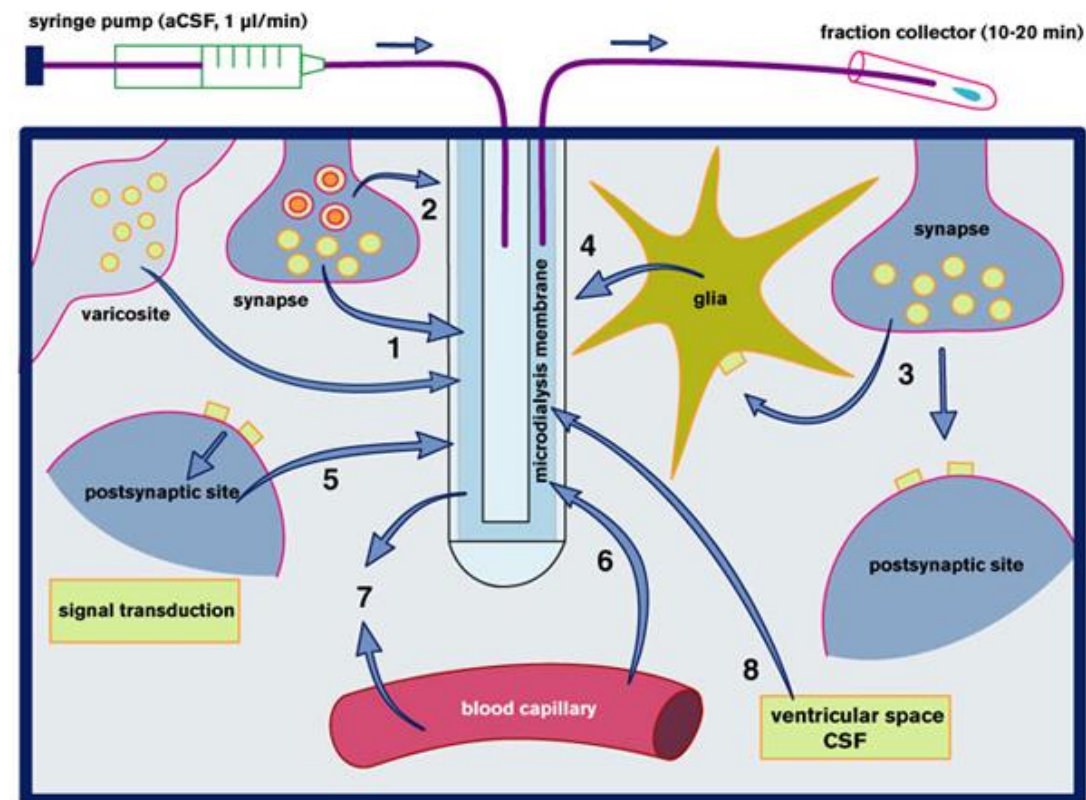
glukóza, laktát, pyruvát

-parametre energetického metabolizmu

glutamát, aspartát – neurotransmitery

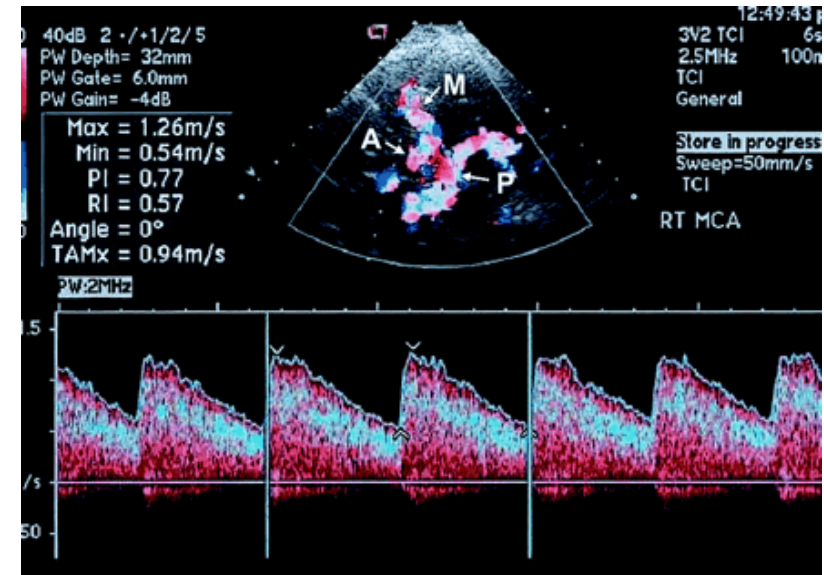
glycerol - marker poškodenia b.membrány

-neodráža zmeny v iných oblastiach mozgu



Transkraniálna dopplerovská ultrasonografia

- Lineárna korelácia medzi strednou **prietokovou rýchlosťou** (mfv) bazálnych **mozgových artérií** a zmenami prietoku krvi mozgom- **CBF**
- Hyperémiu, vazospazmy, edém
- Neinvazívna



Monitorovanie EEG kontinuálne

- Epileptogénna aktivita je **prítomná až u 20%** p. po KCP
- Väčšinou sú nekonvulzívne záchvaty
- EEG interferuje s elektrickou aktivitou monitorov a ventilátorov
- BIS sa nemôže odporúčať na titrovanie liečby
- **Je odporúčané EEG** u p. s KCP s nevysvetliteľnou a pretrvávajúcou poruchou vedomia
(strong recommendation, low quality of evidence)

**Consensus summary statement
of the International Multidisciplinary
Consensus Conference on Multimodality
Monitoring in Neurocritical Care**
Intensive Care Med (2014) 40:1189–1209

Multimodálny neuromonitoring (MMM)

- Kombinuje metódy kontinuálne a nekontinuálne, invazívne a neinvazívne, globálne a regionálne
- Umožňuje **včas zistiť sekundárne zmeny pred klinickými príznakmi a liečiť ich**
- Viacparametrové čidlá
napr. ICP+ PtiO₂ +teplotu mozgu
- Namerané parametre sú spracované analyzované počítačom



Menežment pacienta s ťažkou kraniotraumou

- Pacienti by mali byť ošetrení v traumacentre (24 h dostupný neurochirurg a intenzivista)

- Rýchla dostupnosť

- „Veľké rezervy“

Prvá línia	Druhá línia	Tretia línia
Zvýšená poloha hlavy	Osmotická terapia	Dekompresívna kraniotómia
Maximálny venózný odtok	Diuretiká	Barbiturátová kóma
Kontrola ventilácie	Likvorová drenáž	
Sedácia a analgézia	Svalová relaxácia	

Menežment na JIS:

- **The Brain Trauma Foundation** of the American Association of Neurosurgical Surgeons (Journal of Neurotrauma, May 2016) - BTF
- **European Brain Injury Consortium**
- EBIC (1999)
- *„Lund concept“*

Zabrániť sekundárnemu poškodeniu - edému mozgu:

- Optimalizovať prietok krvi mozgom - dodávku kyslíka
- Znížiť mozgový metabolizmus
- Komplexná podporná liečba

1. CPP optimálne

- Zistiť hranicu MAP, CPP, pri ktorých je **CBF dostatočný pre metabolické nároky m.** a zároveň nezvyšuje sa riziko intrakraniálnej hyperémie (vazogénneho edému).
- Hodnoty **CPP krit-** klesá CBF pod prah ischemie
hodnoty **CPP opt** – CBF je optimálne
- Pomocou MMM

60-70 mmHg ??

Tlak krvi

- III
Udržiavnaie **sysTK \geq 100** mmHg pre p. 50 - 69r. al
 \geq 110 mmHg pre p. 15 - 49r, >70r.
sa môže zväžiť na zníženie mortality a zlepšenie výsledného
nálezu

Hemodynamický menežment:

- **Normovolémia** (! krvácanie, analgosedácia, diuretiká)
- **Kryštaloidy (NIE hyponatrémia)**
- Koloidy ? Kontroverzné výsledky štúdií

!vazogénny edém m.: udržiavať onkotický tlak (plazma , albumín) –LC

colloids (5% albumín, 10%HAES) does **not** seem to be fluid of choice for resuscitation in patients with TBI [J Anaesthesiol Clin Pharmacol](#), 2013, Vol 29,3 , 299-302

- Hematokrit 0,30, Hgb $\geq 10\text{g/l}$

Hemodynamický menežment:

- **Neurogénna hypertenzia: centrálného pôvodu** (po 5 dňoch)
liečba: betablokátory, centrálne účinkujúce I.: klonidín,
vazodilatačné I. nie
- Inotropiká: noradrenalín, adrenalín (hyperlaktatémia,
hyperglykémia), dopamín
(! nepriaznivo regionálny prietok v poškodených oblastiach)
- **Pri polytraume s krvácaním** – agresívne liečená aby sa dosiahla
cirkulačná stabilita, „**permisívna hypotenzia**“ pri KCP nemá miesto

Ventilácia - normoventilácia

- UPV:
vždy ak GCS < 8
- pCO₂ 4,8-5,3kPa, pO₂ 11-13,3 kPa
- PEEP 5-10 cm H₂O (>15cm H₂O nie)- prevencia atelektáz
P mean (stredný tlak v DC)!, ak je > ICP môže znížiť drenáž venóznej krvi
- Aspiračná pneumónia zhoršuje prognózu
- ! Hypoxémia pri odsávaní

Hyperventilácia

- IIB

*prolongovaná **profylaktická hyperventilácia** s $PCO_2 \leq 25$ mmHg (3,3kPa) **nie** je odporúčané*

Hyperventilácia je odporúčané ako prechodné opatrenie na zníženie zvýšeného ICP

*Hyperventilácii sa treba **vyhnúť počas prvých 24 h** po poranení keď CBF je často kriticky znížené*

*Ak sa použije **hyperventilácia**, potom **SjO₂ al. PtiO₂** meranie je odporúčané na monitorovanie dodávky kyslíka.*

Osmoterapia

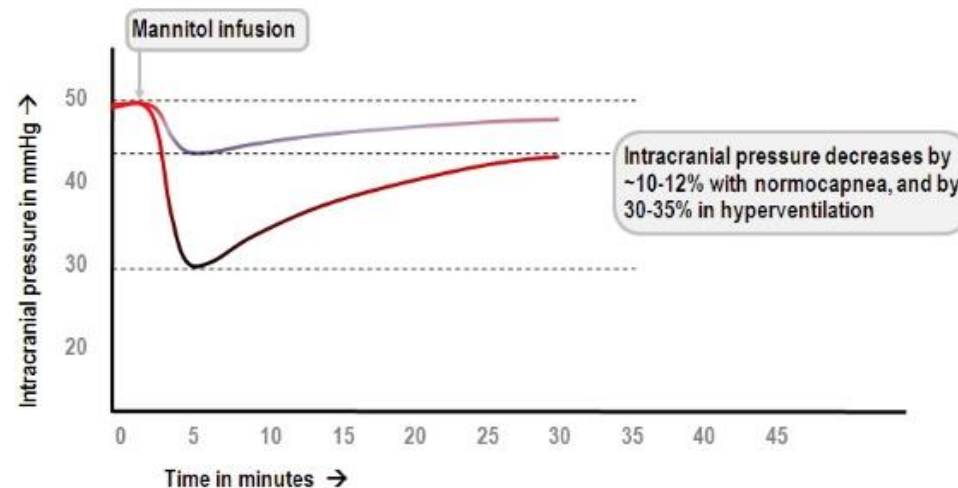
- Nedochádza **k redukcii** objemu patologického ložiska, ale obsahu **vody v zdravom tkanive** priamo úmerne osmolalite séra
- Účinky:
 - reologické
 - hemodynamické
 - osmotické: znižuje objem buniek endotelu
znižuje objem vody hlavne v intersticiu
otvára mikrocirkuláciu
 - diuretické
 - imunomodulačné

Manitol

- Znižuje viskozitu krvi, vyvolá prechodné zvýšenie CBV, CBF a ICP.

Pri neporušenej autoregulácii dôjde k **vazokonstrikcii**, CBF zostáva konštantné a **ICP klesá v dôsledku zníženia CBV**. Pri poruche autoregulácie je účinok menší.

- Pri CPP > 70mmHg je efekt menší pre maximálnu vazokonstrikciu ako pri CPP < 70mmHg



Manitol

- Znižuje viskozitu krvi, vyvolá prechodné zvýšenie CBV, CBF a ICP.

Pri neporušenej autoregulácii dôjde k **vazokonstrikcii**, CBF zostáva konštantné a **ICP klesá v dôsledku zníženia CBV**. Pri poruche autoregulácie je účinok menší.

- Pri porušenej HEB – zvyšuje osmolalitu mozgu a edém mozgu
- riziko prieniku do hematómu a násled. expanzii (NIE pri akútnom krvácaní: epid., subdur., intracereb. hematóme)

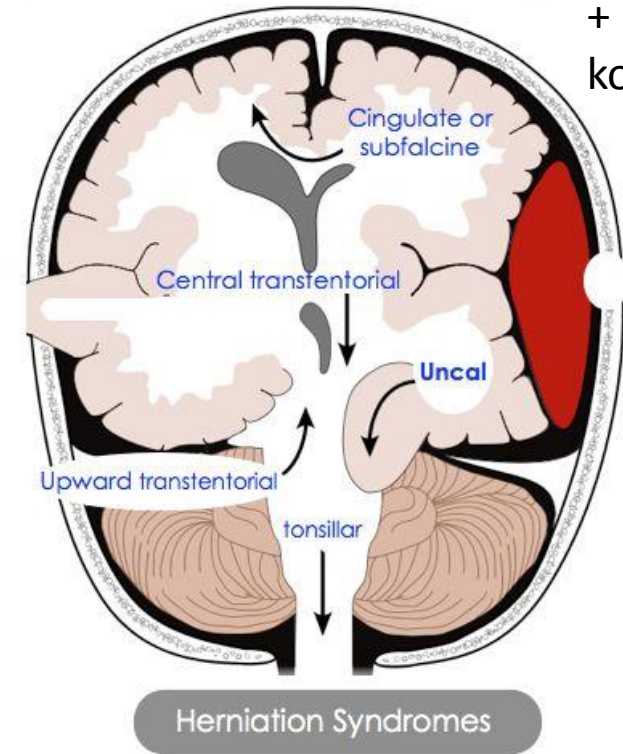
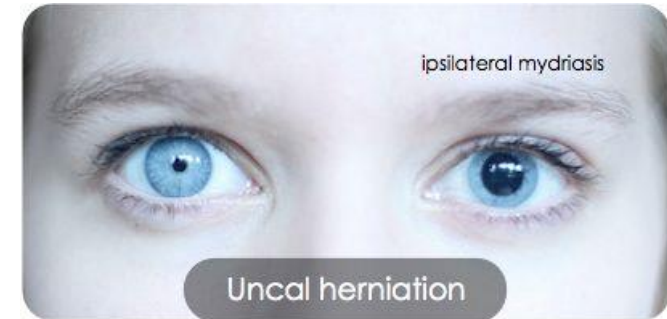
Manitol

- Podáva sa **aspoň 20 min.**, účinok trvá až 6 h, **nižšia osmotická diuréza**
- nadmerná diuréza u hypovolemického p. – **hemodynamická nestabilita** – mozgová ischemia

- KI: Osmolalita $S > 310-320 \text{ mosm/l}$,
- **Nežiadúce účinky:**
hyponatrémiu (pseudohyponatremia pri počiatkovej hypervolémii), hypokaliémiu, dilučnú metabolickú acidózu
- akútne obličkové zlyhanie (sepsa, nefrotoxické lieky, preexistujúce ochorenie obličiek)

Manitol

- Rutinné podanie nie je indikované
- Ak sú jednoznačné klinické príznaky ICH al. hrozí tentoriálna herniácia pred urgentným CT a operáciou



+ hemiparéza
kontralaterálna

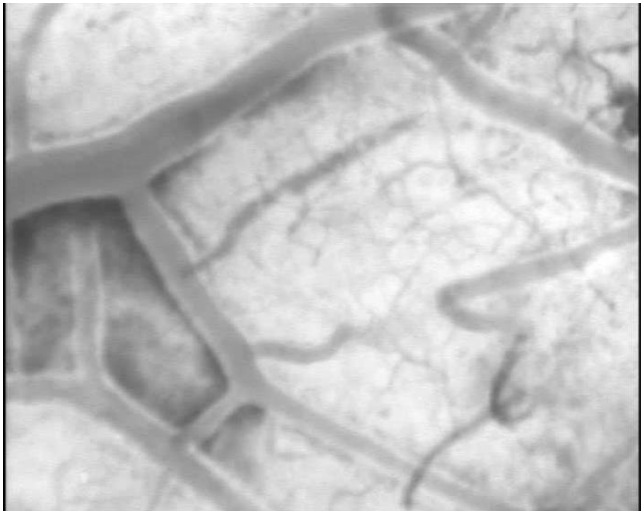
Hypertonické roztoky NaCl (3-5-7,5-10%)

- Znížením viskozity: zvýšenie CBF – pokles ICP
- Diureticý účinok: natriuréza priamo úmerná koncentrácii
- Zvýšení MAP (intravaskulárny objem) – zvýšenie CPP
- **Kontinuálne** podávanie (3 dny) pred bólusovým ako prevencia rebound edému
- S- Na⁺ do 150mmol/l

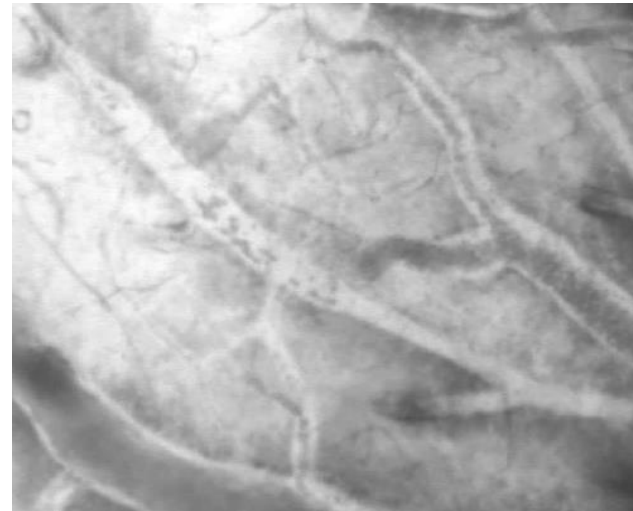
Manitol versus HT

- Hemodynamická stabilita po HT
 - Signifikantne zlepšená mozgové oxygenácia po HT
 - Zvýšenie natrémie po HT, zníženie po manitole
-
- Zlepšená mikrocirkulácia po HT

HT



manitol



IIB

Manitol je efektívny na kontrolovanie zvýšeného ICP v dávke 0,25-1 mg/kg. Hypotenzii (sys TK <90 mmHg) sa treba vyvarovať

Table 3-2. Summary of Evidence - Class 2 (Hyperosmolar Therapy)

Reference Study Topic	Study Design, N, and Outcomes	Data Class	Results Conclusion
Hypertonic Saline vs. Mannitol			
Mangat, 2014 ^{*16} Comparison of the effectiveness of HTS vs. mannitol in treating ICP after severe TBI	Retrospective Cohort N=73 HTS=25 Mannitol=25 for 1:1 matching; 48 for 2:1 2-week mortality ICP Burden ICU days ICP Monitoring days	2	HTS vs. mannitol Two-week mortality not statistically significant, p=0.56. Cumulative ICP burden 15.52% vs. 36.5%, p=0.003. Daily ICP burden 0.3 ± 0.6 hours/day vs. 1.3 ± 1.3 hours/day, p=0.001. ICU days 8.5 ± 2.1 vs. 9.8 ± 0.6, p=0.004; p=0.06 for 1:2 comparison. HTS was more effective in lowering ICP burden but did not have a significant effect on mortality.

2. Znížiť mozgový metabolizmus

- Analgosedácia
- Liečiť krče
- Zabrániť hypertermii

Sedácia a analgézia

- Akútna fáza resuscitácie (riziko mozgovej hypoperfúzie) :

zhodnotiť a zdokumentovať neurologický stav (GCS) a na mieste poranenia uvedený do analgosedácie:

fentanyl (pred podaním skontrolovať zrenice) + benzodiazepíny (BZD),
vecuronium (suxametónium) na OTI

Sedácia a analgézia na OIM

- **midazolam a opiáty**
 - **propofol**: nekumuluje sa, prolongovaná inf. môže viesť k **hyperlipidémii** s tukovou infiltráciou srdca, pečene, obličiek, (tuk by sa mal zarátať do nutričného príjmu)
 - **thiopental**: -krátkodobo (manipulácia, odsávanie, prevozy)
 - dlhodobé podanie nie (NÚ: hypotenzia, imunosupresia, sepsa)
- vyhnúť sa**: kašeľ, interferencia s ventilátorom

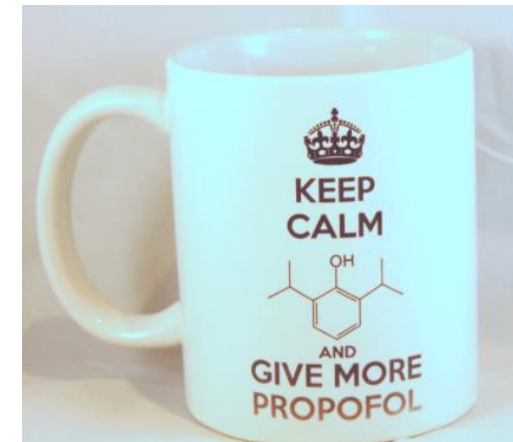
Propofolový syndróm z dlhotrvajúcej infúzie: (propofol infusion syndrome)

Príznaky:

- ťažká laktátová acidóza
- rabdomyolýza
- obličkové zlyhanie
- arytmie, kardiálne zlyhanie
- hyperlipidémia

Rizikové faktory:

- mladí p.
- dlhotrvajúce infúzie u kriticky chorých
- akútne neurologické poškodenie
- nízky príjem cukrov
- vysoký príjem tukov
- podávanie vazopresorov al. steroidov
- ak kumulatívna d.propofolu $>80 \mu\text{g}/\text{kg}/\text{min}$ dlhšie ako 58 h.



Anestetiká, analgetiká, sedatíva

- IIB
*Podávanie **barbiturátov** na navodenie burst supression monitorované s EEG ako **profylaxia** proti rozvoju ICH **nie** je odporúčané*

- Podanie **vysokých dávok barbiturátov** je odporúčané na kontrolu zvýšeného ICP, ktoré je **refraktérne** na maximálnu štandardnú liečbu liekmi a chirurgickú liečbu. **Hemodynamická stabilita** je podstatná pred a po liečbe barbiturátmi.*

- Hoci **propofol** je odporúčaný na kontrolu ICP , nie je odporúčaný na zlepšenie mortality al. 6 mesačného výsledného nálezu. Opatrnosť je potrebná, lebo vysoké dávky propofolu môžu signifikantne zhoršiť morbiditu.*

Prevenia krčův

- IIA

Profylaktické podávání fenytoínu al. valproátu *nie* je odporúčané na prevenciu *neskorých* postraumatických krčův

Fenytóin je odporúčaný na zníženie incidencie *včasných* potraumatických krčův (do 7 dní po úraze), ak celkový prínos prevažuje komplikácie spojené s liečbou. Hoci, včasné potraumatické krče *nie sú spojené so zhoršeným výsledným nálezom*

Teplota

- Kontinuálne monitorovaná
- **Do 37,5°C**
- Ovplyvniť hlavne farmakologicky (metamizol, paracetamol), fyzikálne
- MCR: **Hypotermia (32-35°C)** vs štandardná 2. liečba(osmoterapia) ICH
bez zlepšenia

Andrews P. N Engl J Med 2015; 373:2403-2412

Profylaktická hypotermia

- IIB
Včasná (do 2,5h), krátkotrvajúca (48h po poranení) hypotermia **nie** je odporúčaná na zlepšenie neurologického stavu u pacientov s difúznym poškodením

(Riziko komplikácií !!)

3. Komplexná liečba

- Udržiavanie normoglykémie (pod 10 mmol/l)
- S-Na pri hornej hranici normy
- Profylaxia hlbokkej venóznei trombózy:
Okrem mechanickej profylaxie sa môže zvažiť aj farmakologická profylaxia ak poranenie mozgu je stabilné a prínos prevažuje nad rizikom zhoršenia intrakraniálneho krvácania



Výživa

- IIA

Je odporúčané živiť p. s cieľom dosiahnuť základný kalorický príjem **najmenej do 5 dní** a najviac do 7 dní po poranení na zníženie mortality

- IIB

Je odporúčané živiť **nasojejunálnou sondou** pre zníženie incidencie VAP

Dekompresívna kraniotómia DK

- **IIA**
 - **bifrontálna DK nie je odporúčaná** na zlepšenie výsledného neurol. nálezu po KCP s difúznym poškodením (bez ložiskového poškodenia), a pri zvýšení **ICP >20 mmHg na viac ako 15 min, ktoré je refraktérne na prvolíniovú terapiu**. Hoci táto procedúra preukázala zníženie ICP a počet dní na JIS
 - **veľká frontotemporoparietálna DK** (nie menšia ako 12x15cm al 15cm priemer) **je odporúčaná** oproti malej frontotemporoparietálna DK na zníženie mortality a zlepšenie neurologického nálezu u pac. s ťažkým KCP

Odporúč

Trial of Decompressive Craniectomy for Traumatic Intracranial Hypertension

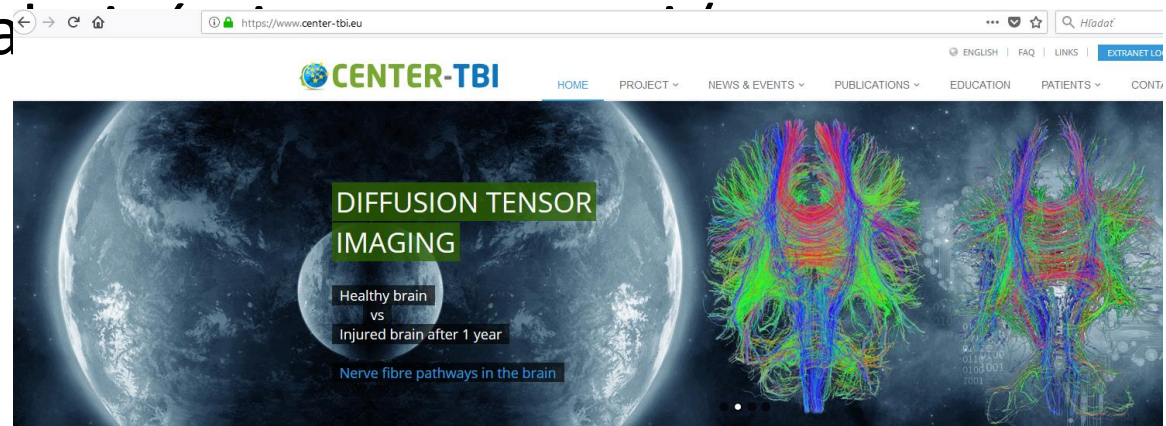
N Engl J Med 2016; 375:1119-1130

Po 6 mesiacoch mali p. s DK **nižšiu mortalitu**, a **vyšší výskyt vegetatívneho stavu**, ťažkého neurologického postihnutia ako konzervatívne liečení. Výskyt stredne ťažkého neurol. postihnutia a **dobrého zotavenia** bol **rovnaký** v oboch skupinách.

Nové lieky, postupy?

- Betablokátory ?
- Statíny ?
- Progesterón ?
- Koagulopathia –protrombínový komplex PCC
- Hypotermia 32-34°C zatiaľ nie
- Erytropoetín nie

- Štúdie porovnávajúce CPP optimálne (metabolickými)
- <https://www.center-tbi.eu/>



Záver:

- obmedzenie rozvoja sekundárneho poškodenia (hypotenzia, hypoxia, hypokapnia, edém mozgu) sú predpokladom dobrého výsledného stavu
- Včasná liečba (od miesta nehody) prvých 24-48 h je rozhodujúca v prevencii rozvoja edému mozgu a ICH
- Individualizácia cieľových hodnôt mozgovej perfúzie monitorovaním parametrov cerebrálnej oxygenácie, metabolizmu, a zhodnotením stavu autoregulácie

Ďakujem za pozornosť!

