

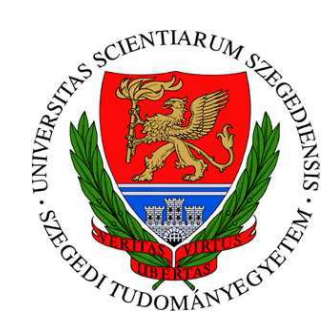
**Súlyos koponyasérültek intenzív ellátásának szempontjai (ICP mérés szabályai, hullámformák, ICP vagy az agyi perfúziós nyomás vezérelt kezelés, intenzív kezelési protokoll különös tekintettel az agyi oxygenizáció mérésére**

Rezidens tanfolyam


Szeged

2024.03.08.

Dr. Mencser Zoltán

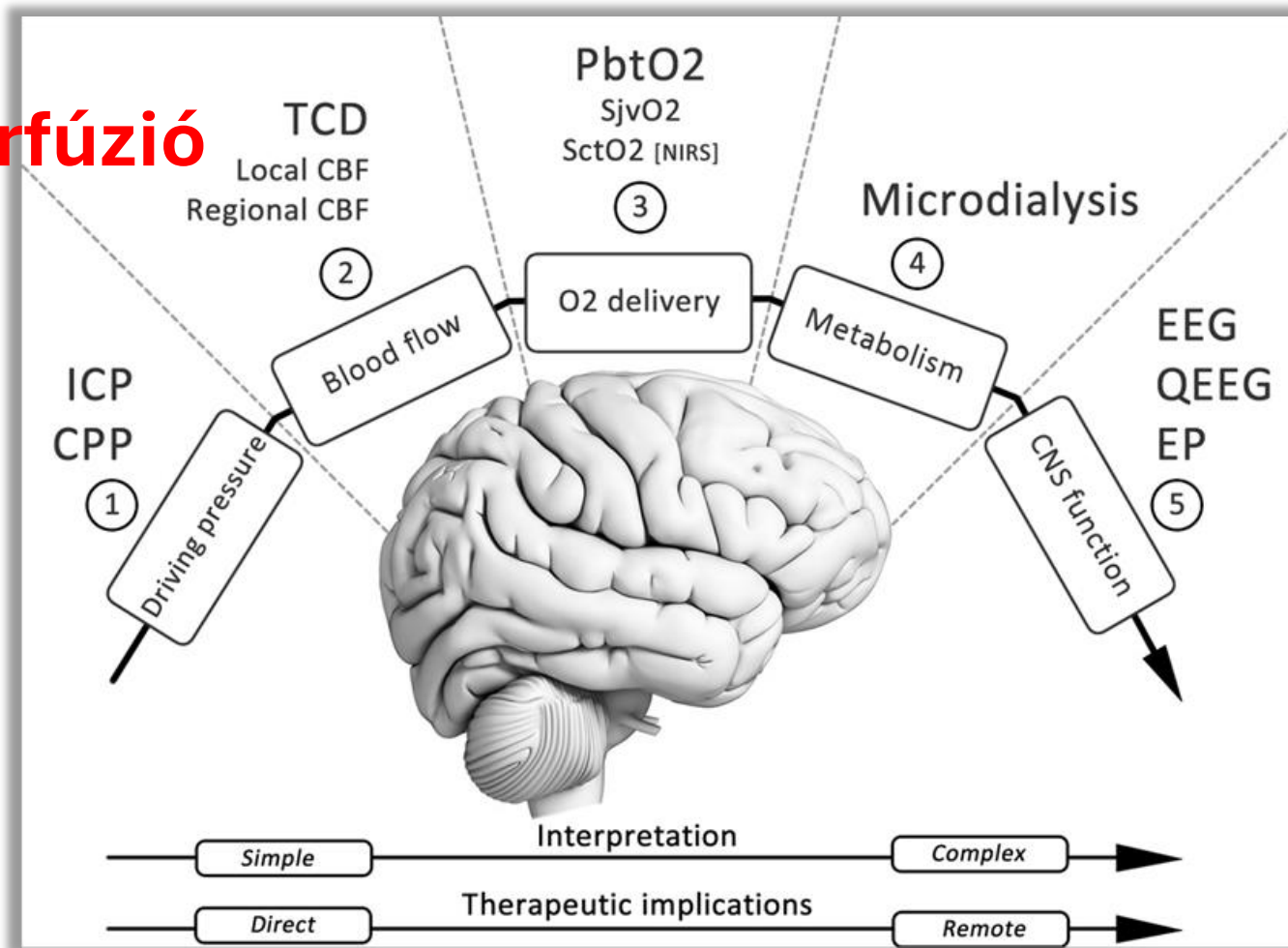


# Cél

- Elsődleges agyi sérülés
- Másodlagos agyi sérülés
- Neuromonitorizálás      más  s agyi elváltozások elkerülése



# Perfúzió





### Ajánlás30

A koponyaűri nyomásfokozódás kezelésének lépcsőfokai (mind (III) [2, 61])

ld. a XI.3.4. fejezet1.4.5. dokumentum, A koponyaűri nyomás kezelésének 3 (4) szintű modellje

első lépcsőfok:

**Bevezető terápiás beavatkozások:**

- fej megemlése
- hyperventillacio
- sedatio
- fájdalom csillapítás
- izomrelaxáns alkalmazása

1

Amennyiben az első lépcsőfokon elvégzett beavatkozások után a koponyaűri nyomás > 22 Hgmm a koponyaűri nyomásfokozódás kezelésének **második lépcsőfoka:**

**Kiegészítő terápiás beavatkozások:**

Folytatni az első szintű beavatkozásokat

További választható beavatkozások:

- ventriculostomia
- inotropok
- mannitol
- hypertoniás sóoldat
- kacs diuretikumok
- normothermia forszírozása

2

Amennyiben a második lépcsőfokon elvégzett beavatkozások után a koponyaűri nyomás > 22 Hgmm a koponyaűri nyomásfokozódás kezelésének **harmadik lépcsőfoka (ultimum refugium kezelés):**

Sebeszi lehetőségek:

- Decompresszív craniektomia majd:
- 1-es 2-szintű beavatkozások folytatása

Konzervatív orvosi lehetőségek (csak amennyiben a decompressive craniektomia kontraindikált vagy hatástalan):

- 1-es 2-szintű beavatkozások folytatása
- Barbiturát kóma

3

4

*A kezelés potenciális negyedik lépcsőfokát a hatástalan decompressive craniektomia után indított barbiturát coma képezi.*



# Perfúzió

- *Intracranialis nyomás (ICP)*
- *Az agyi perfúziós nyomás (CPP)*
- *Agyi autoreguláció*
- *Agyi erek „záródási nyomása”*

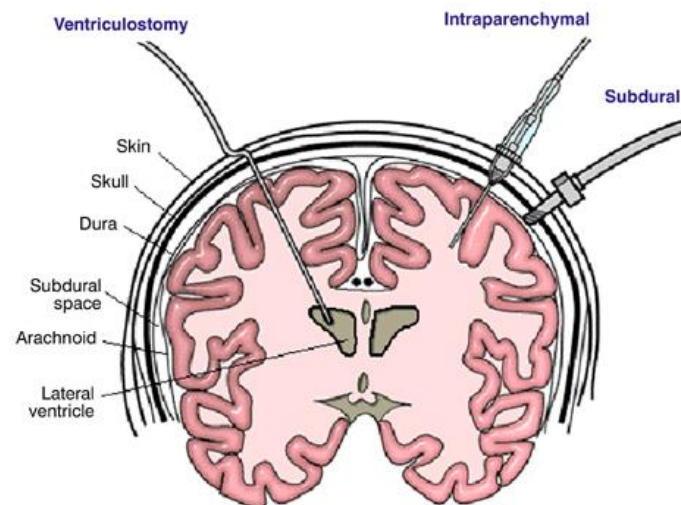
Agyi  
vérátfolyás

**CBF**



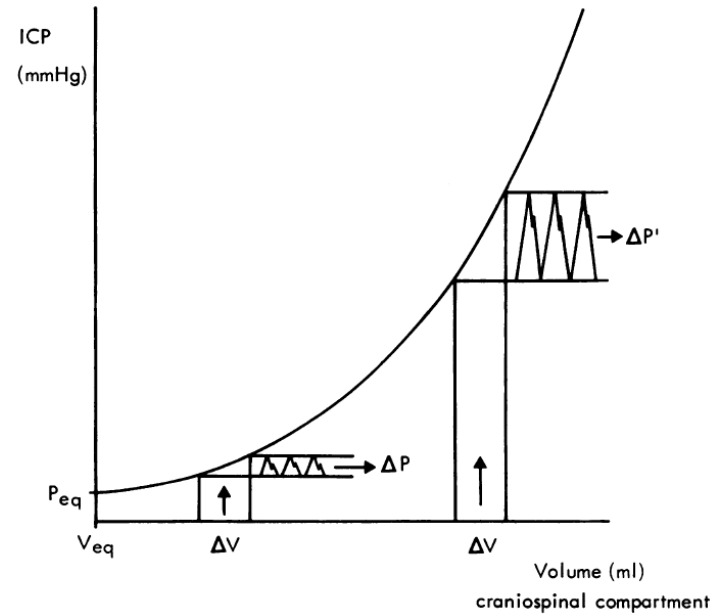
# ICP

- 1951 (*Guillaume and Janny*)
- 1960 (*kamrapunkció, Nils Lundberg*)
- ***Kamradrain, intraparenchymalis sensor***





# ICP

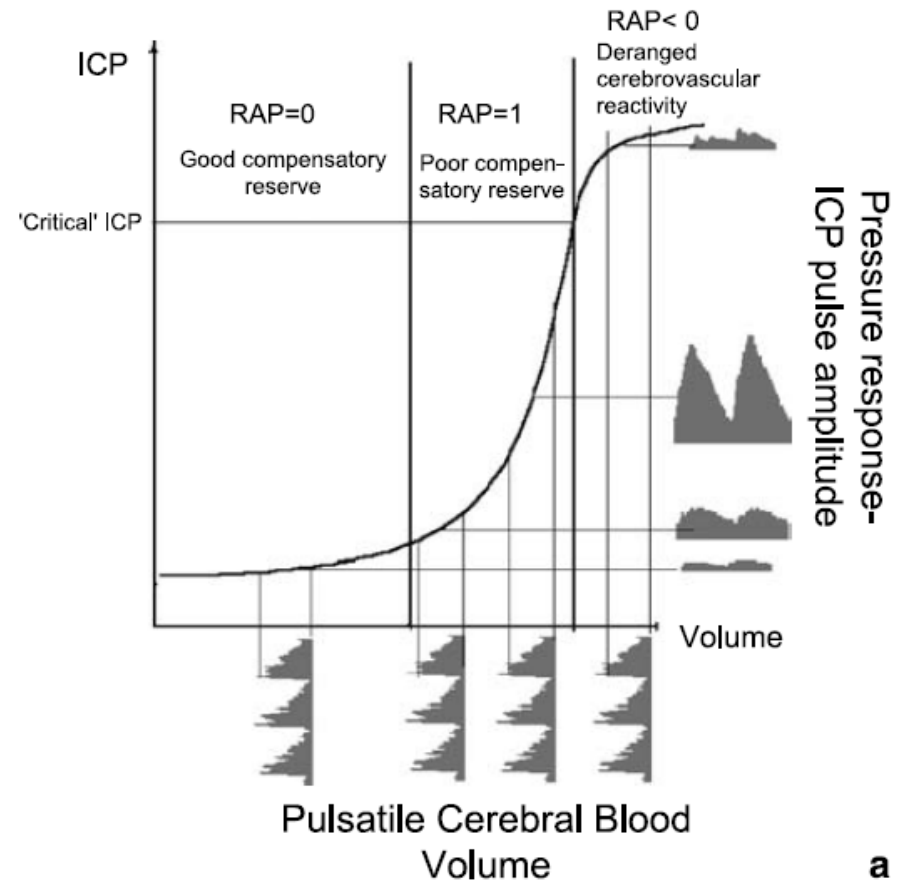


Az intracranialis volumen növekedésével a nyomás **exponentialisan** nő.  
(Marmarou 1975)

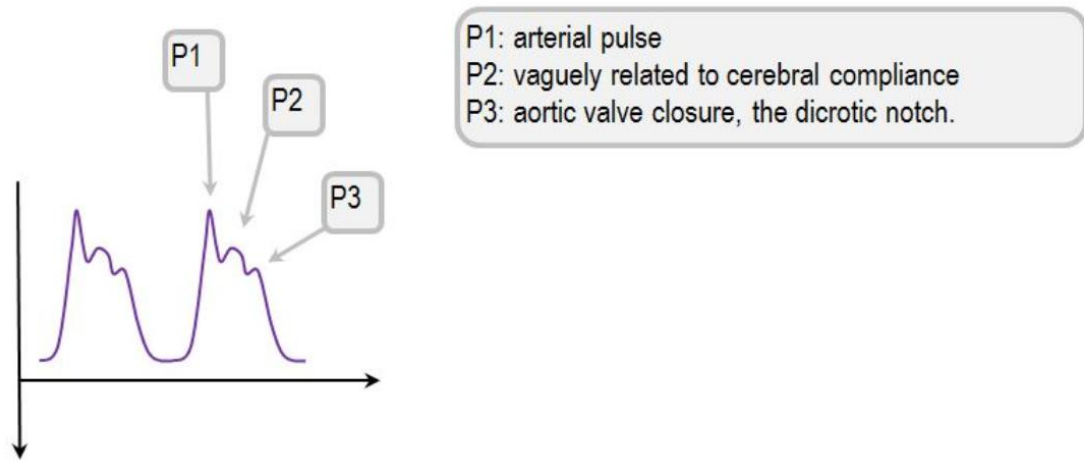
Egy bizonyos határ felett a vérkeringés lehetetlenné válik.



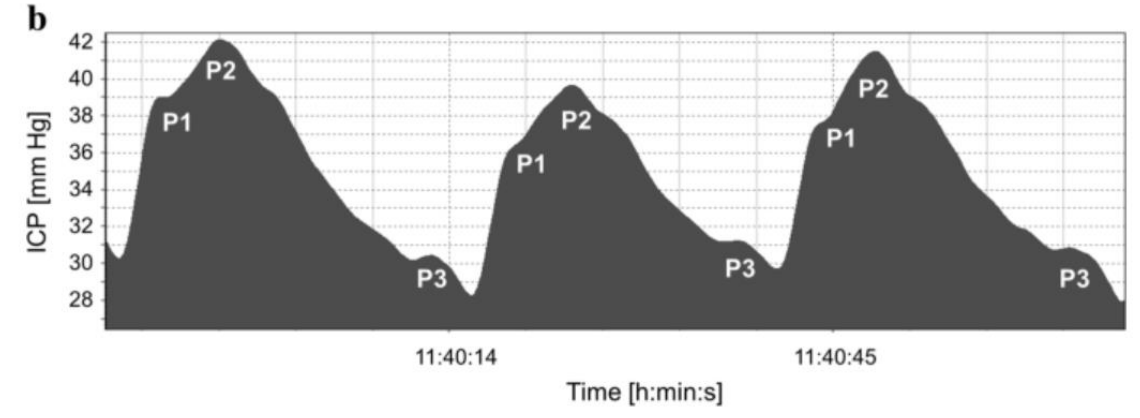
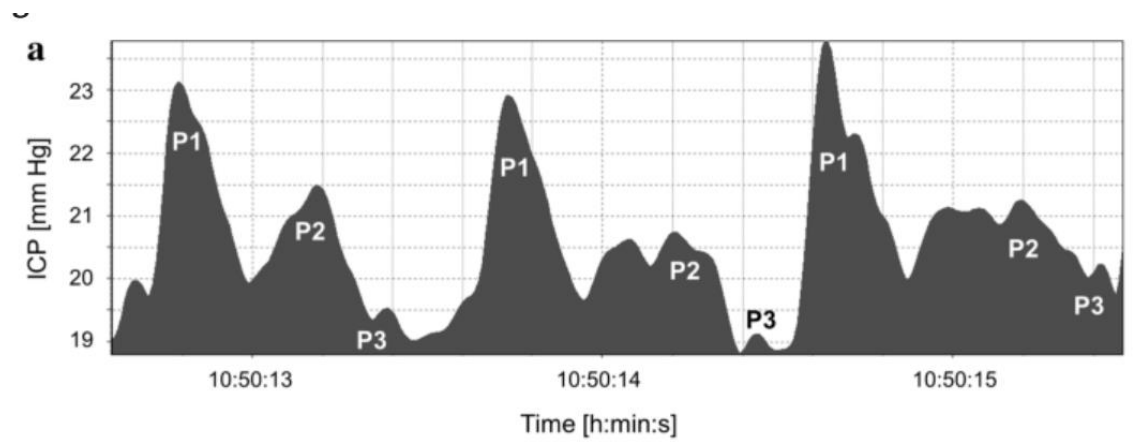
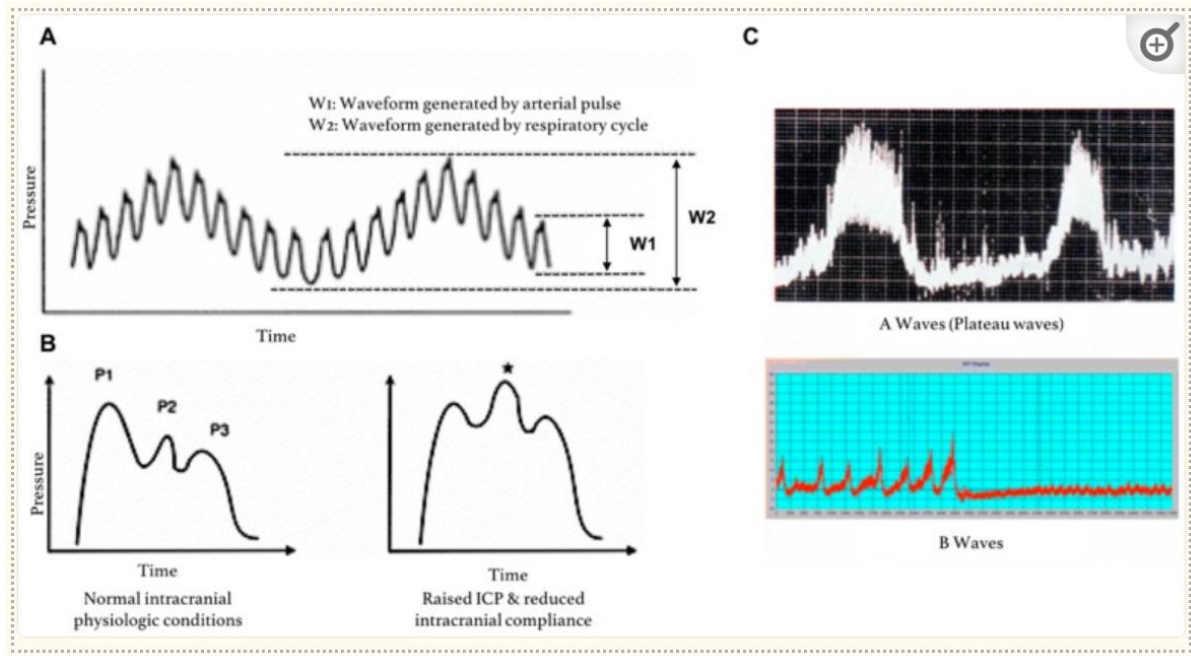
# ICP







- Normálisan a  $P1 > P2 > P3$
- A P1 és P2 az agyi compliance-t mutatja
- A hullámformák változnak ha az ICP nő
  - piramis alakúvá válnak





# ICP

- **A 25 Hgmm feletti ICP *magasabb mortalitással* jár.**
- **A korai agresszív kezelése csökkenti a 25 Hgmm feletti nyomások előfordulását és csökkenti a *halálozást is!***

[J Neurosurg.](#) 1982 Apr;56(4):498-503. [Saul TG](#), [Ducker TB](#).

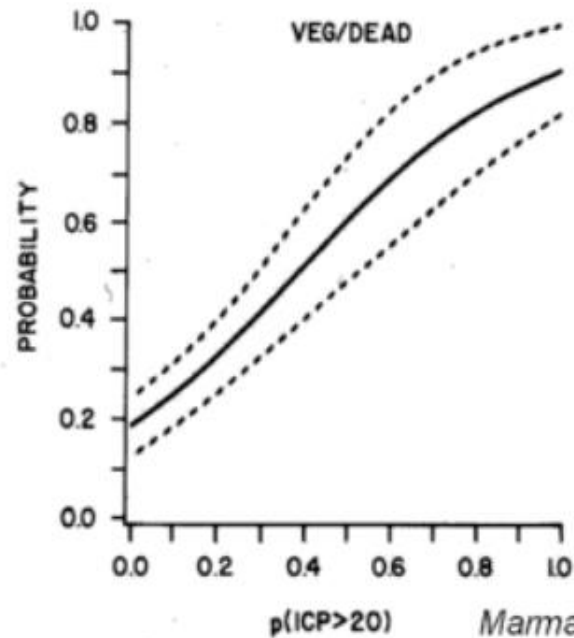
Effect of intracranial pressure monitoring and aggressive treatment on mortality in severe head injury.



# ICP

## A magas nyomástartományban töltött idő – a „dózis”

Clinical result after TBI is correlated to the time span with ICP >20 mmHg

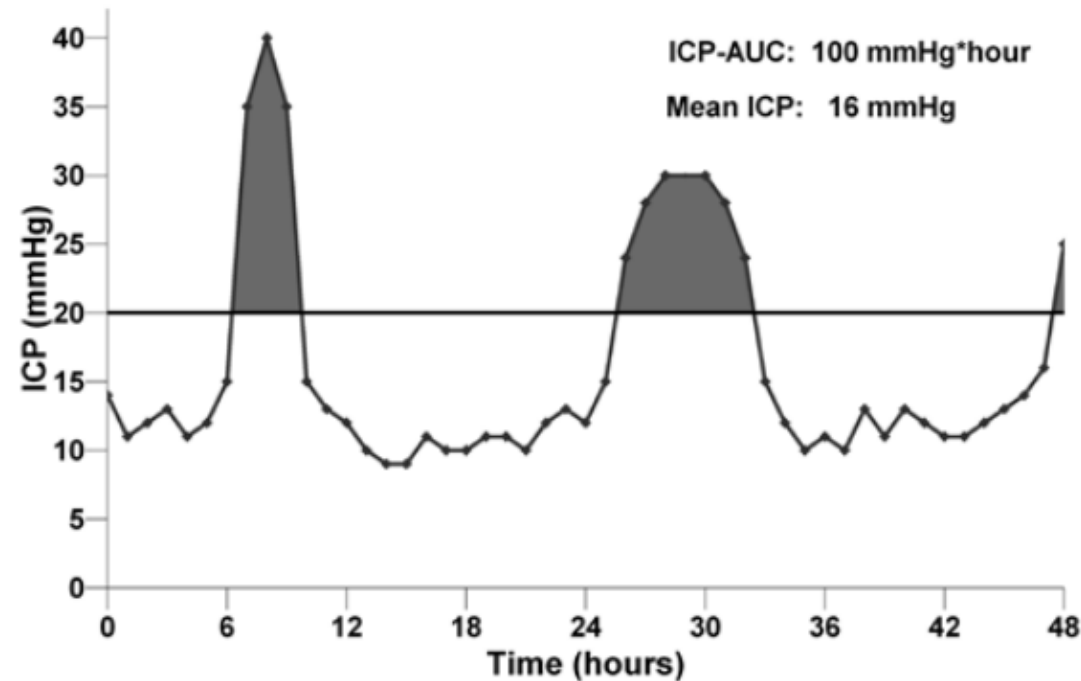


Marmarou A, et al., J Neurosurg 75:59-66, 1991



# ICP

## A magas nyomástartományban töltött idő – a „dózis”



[J Neurosurg.](#) 2008 Oct;109(4):678-84. doi: 10.3171/JNS/2008/109/10/0678.

**Relationship of "dose" of intracranial hypertension to outcome in severe traumatic brain injury.**

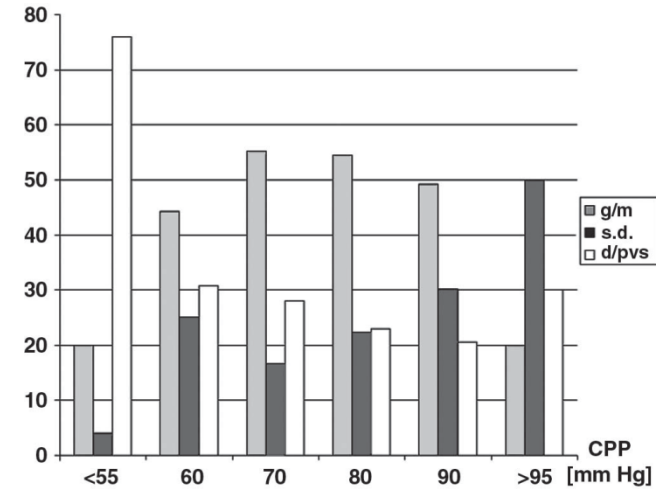
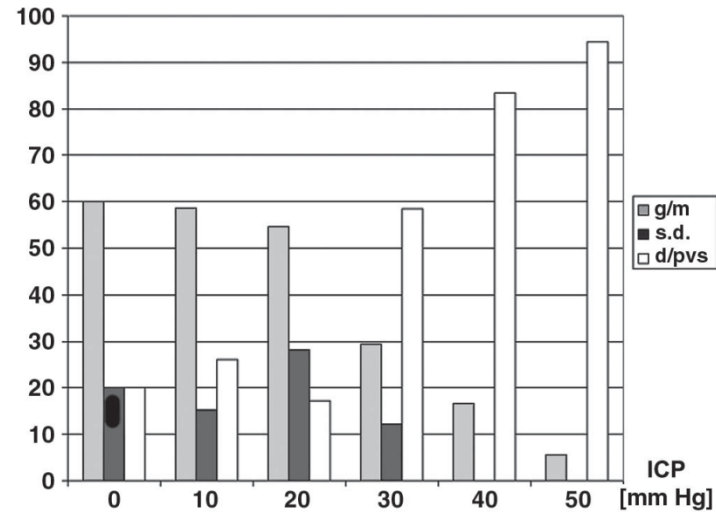
[Vik A<sup>1</sup>](#), [Nag T](#), [Fredriksli OA](#), [Skandsen T](#), [Moen KG](#), [Schirmer-Mikalsen K](#), [Manley GT](#).



## Impact of Intracranial Pressure and Cerebral Perfusion Pressure on Severe Disability and Mortality After Head Injury

Marcella Balestreri ,1,2 Marek Czosnyka, \*,1 Peter Hutchinson ,1 Luzius A. Steiner ,1,3 Magda Hiler ,1 Piotr Smielewski, 1 and John D. Pickard 1

1 Academic Neurosurgical Unit Addenbrooke's Hospital, Cambridge, UK; 2 Policlinico San Matteo, University of Pavia, Italy; 3 Department of Anaesthesia, University Hospital Basel, Switzerland



**Az ICP 25 Hgmm alatt tartása csökkenti a halálozást, de azon túl prognosztikai értéke nincs.**

**Az alacsony CPP növeli a halálozást (és a magas?).**



**Kontroll alatt tartásával csökkenteni tudjuk a halálozást.**



# CPP

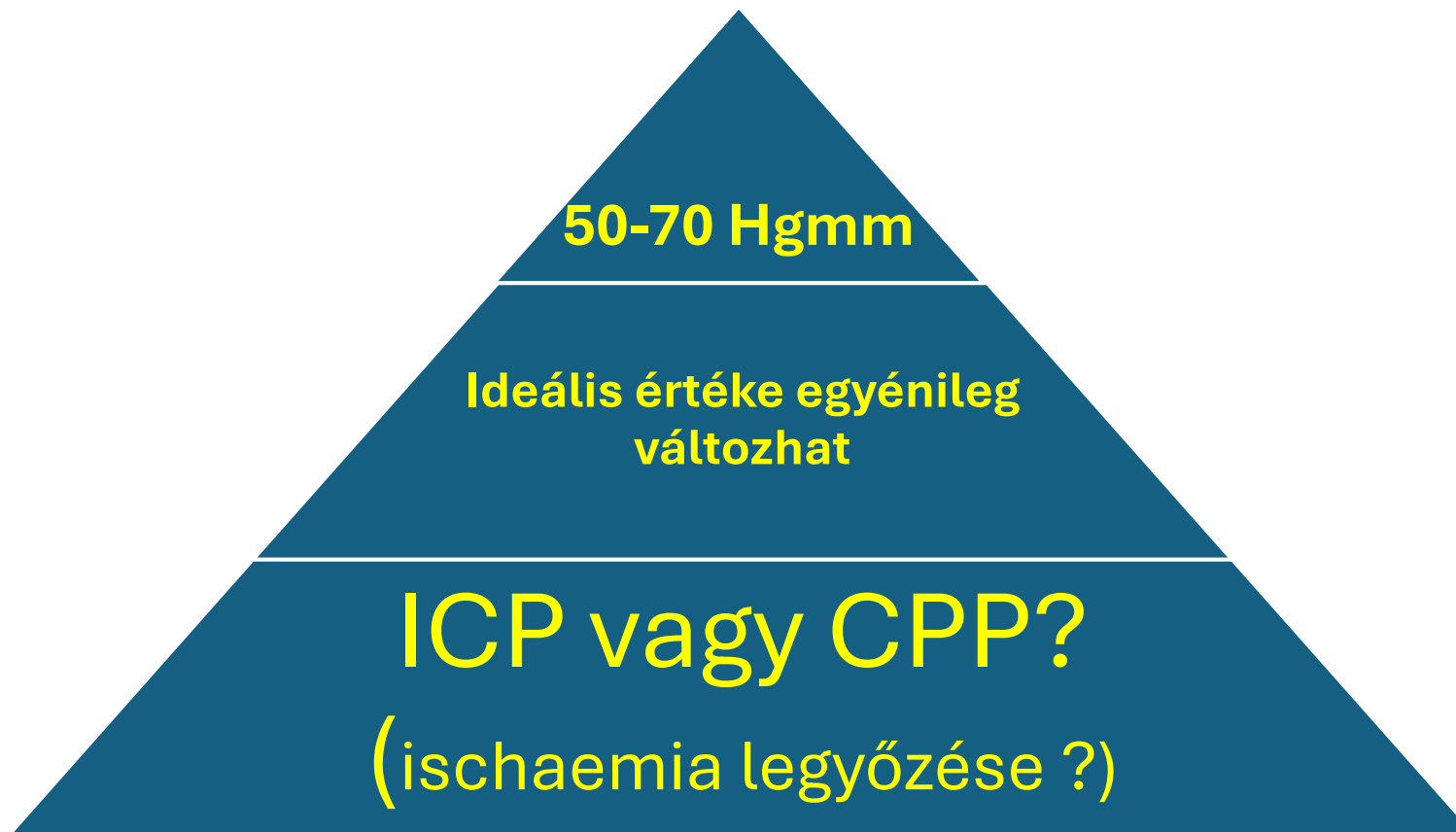
**CPP=MAP-ICP**

**P** – amely az agyi  
érhálózaton hat

ischaemia/hyperaemia



# CPP

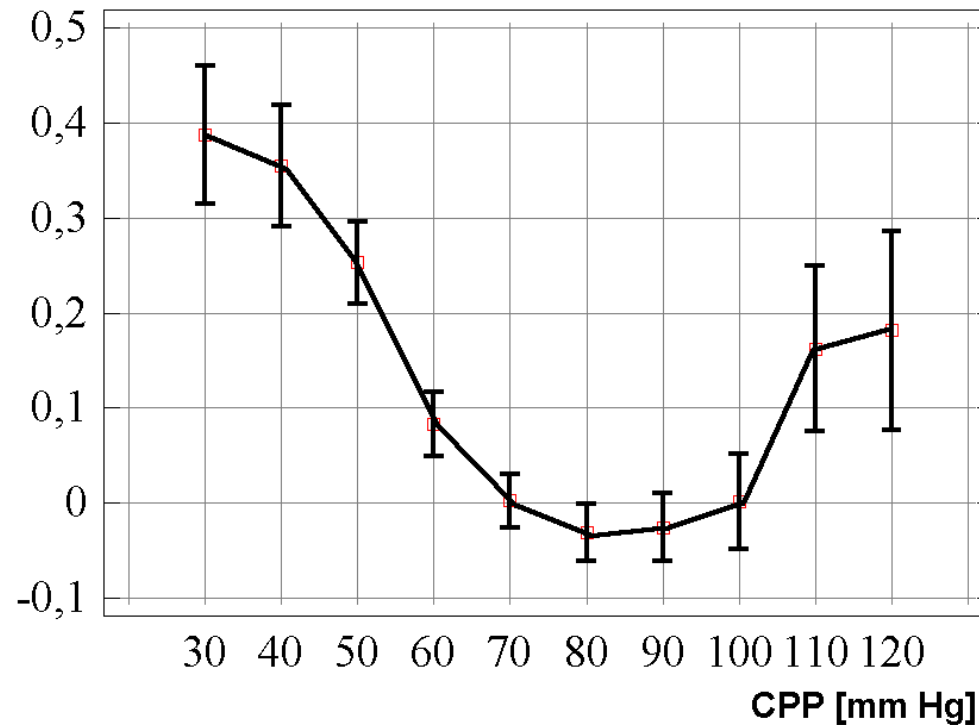


(Brain Trauma Foundation; J Neurotrauma 24: S-59-S-64, 2007)





# Optimális CPP?

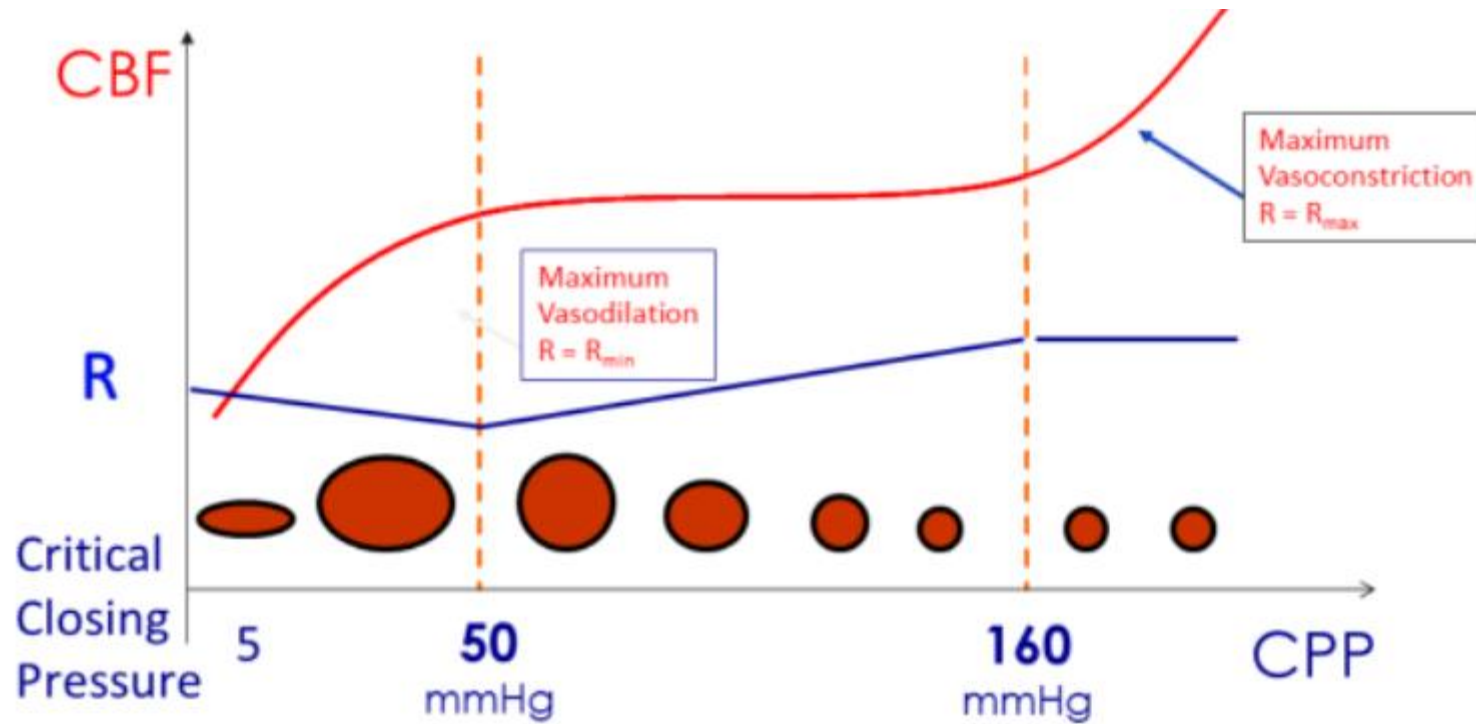


**Continuous Assessment of the Cerebral Vasomotor Reactivity in Head Injury.**  
Czosnyka, Marek; Smielewski, Piotr; Kirkpatrick, Peter;  
Laing, Rodney; FRCS, MD; Menon, David; Pickard, John;  
MCh, FRCS  
Neurosurgery. 41(1):11-19, July 1997.

- Optimalis abban a tartományban ahol a cerebrovascularis reaktivitás a legerősebb



# Autoreguláció



$$CBF = CPP/R$$



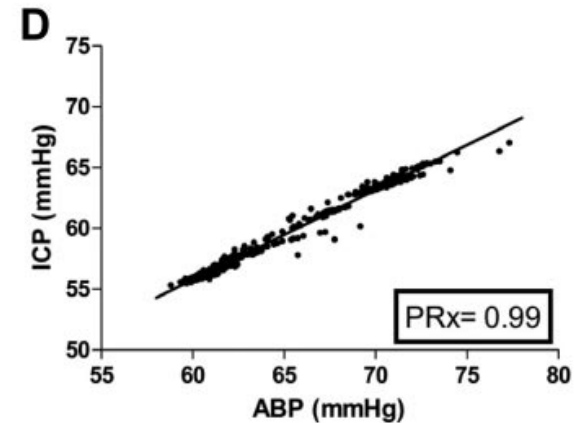
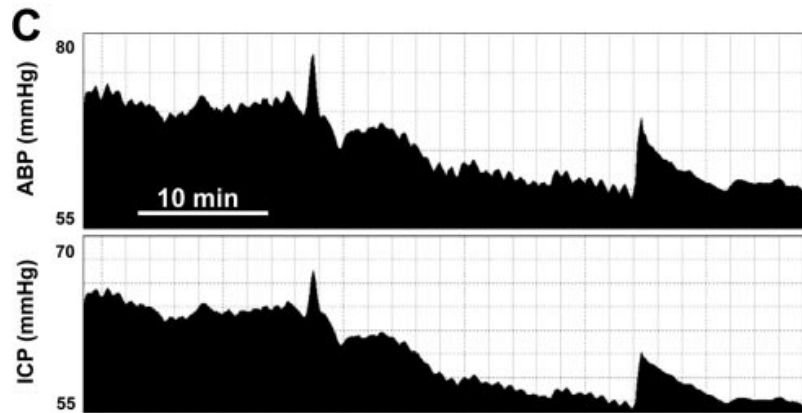
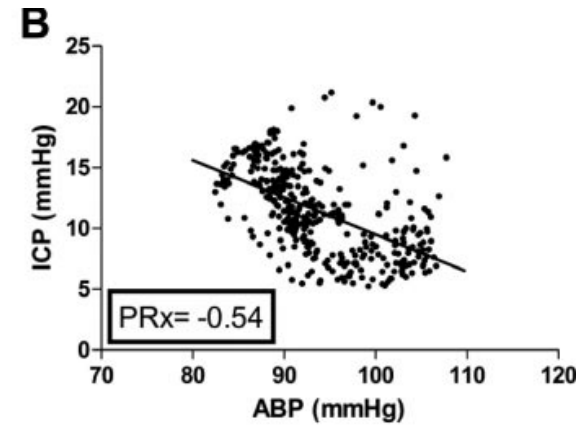
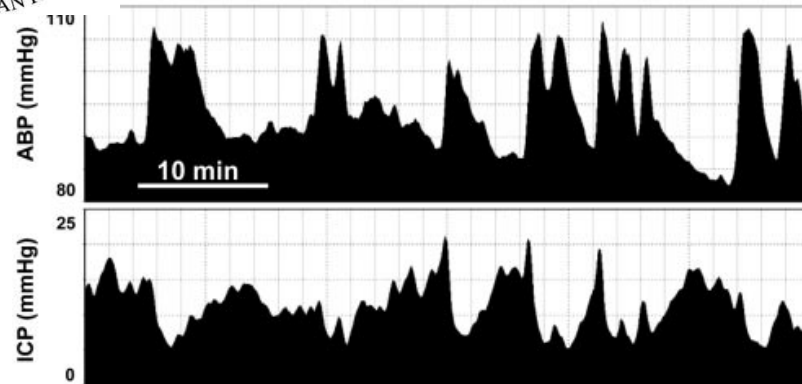
# Autoreguláció

## Pressure-reactivity index (PRx)

- ICP - ABP - kapcsolat
- **Vérnyomásra adott agyi vascularis válasz**
- a vérnyomás/ICP grafikon meredeksége +/-
- **PRx az agyi autoregulációval korrelál!**



# Autoreguláció



[Pediatrics](#). 2009 Dec;124(6):e1205-12. doi: 10.1542/peds.2009-0550.

**Continuous monitoring of cerebrovascular pressure reactivity after traumatic brain injury in children.**

[Brady KM](#)<sup>1</sup>, [Shaffner DH](#), [Lee JK](#), [Easley RB](#), [Smielewski P](#), [Czosnyka M](#), [Jallo GI](#), [Guerguerian AM](#).



# Autoreguláció

Value of PRx	Outcome Favorable	Outcome Unfavorable	Number of Cases
PRx < -0.2	100%	0%	8
PRx > -0.2 and PRx < 0.2	55%	45%	47
PRx > 0.2	18%	82%	27

<sup>a</sup> PRx, Pressure-Reactivity Index.

**Continuous Assessment of the Cerebral Vasomotor Reactivity in Head Injury.**

Czosnyka, Marek; Smielewski, Piotr; Kirkpatrick, Peter; Laing, Rodney; FRCS, MD; Menon, David; Pickard, John; MCh, FRCS

Neurosurgery. 41(1):11-19, July 1997.



# Autoreguláció

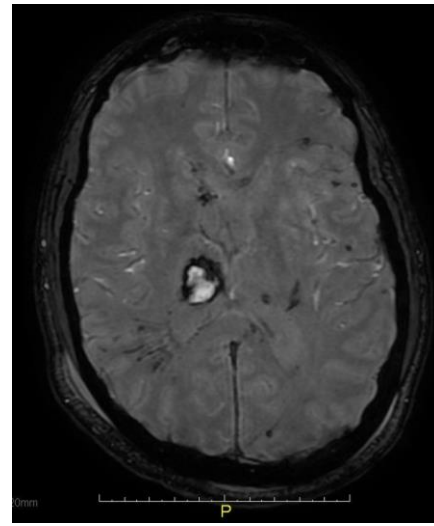
- Az autoreguláció feladata, hogy változó CPP mellett is állandó **CBF**-t tartson fenn

- CPP  $\uparrow$   $\rightarrow$  vasoconstrictio  $\rightarrow$  CBF állandó

ép autoreguláció

CBV  $\downarrow$

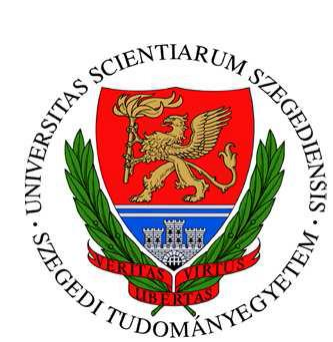
ICP  $\downarrow$



# Eset:

- 29 éves férfi
- Autóbaleset
- GCS 4
- Diffúz agyi sérülés





# CPP vagy ICP?

J Neurosurg 102:311–317, 2005

## Pressure reactivity as a guide in the treatment of cerebral perfusion pressure in patients with brain trauma

**TIM HOWELLS, PH.D., KRISTIN ELF, M.D., PATRICIA A. JONES, M.APP.SC.,  
ELISABETH RONNE-ENGSTRÖM, M.D., PH.D., IAN PIPER, PH.D., PELLE NILSSON, M.D., PH.D.,  
PETER ANDREWS, M.D., PH.D., AND PER ENBLAD, M.D., PH.D.**

*Department of Neurosurgery, Uppsala University Hospital, Uppsala, Sweden; Department of Clinical Physics, Southern General Hospital, Glasgow; Child Life and Health, University of Edinburgh and Royal Hospital for Sick Children; and Department of Anesthesiology, Western General Hospital, Edinburgh, Scotland*

*Object.* The aim of this study was to compare the effects of two different treatment protocols on physiological characteristics and outcome in patients with brain trauma. One protocol was primarily oriented toward reducing intracranial pressure (ICP), and the other primarily on maintaining cerebral perfusion pressure (CPP).

*Methods.* A series of 67 patients in Uppsala were treated according to a protocol aimed at keeping ICP less than 20 mm Hg and, as a secondary target, CPP at approximately 60 mm Hg. Another series of 64 patients in Edinburgh were treated according to a protocol aimed primarily at maintaining CPP greater than 70 mm Hg and, secondarily, ICP less than 25 mm Hg for the first 24 hours and 30 mm Hg subsequently.

The ICP and CPP insults were assessed as the percentage of monitoring time that ICP was greater than or equal to 20 mm Hg and CPP less than 60 mm Hg, respectively. Pressure reactivity in each patient was assessed based on the slope of the regression line relating mean arterial blood pressure (MABP) to ICP. Outcome was analyzed at 6 months according to the Glasgow Outcome Scale (GOS).

The prognostic value of secondary insults and pressure reactivity was determined using linear methods and a neural network. In patients treated according to the CPP-oriented protocol, even short durations of CPP insults were strong predictors of death. In patients treated according to the ICP-oriented protocol, even long durations of CPP insult—mostly in the range of 50 to 60 mm Hg—were significant predictors of favorable outcome (GOS Score 4 or 5). Among those who had undergone ICP-oriented treatment, pressure-passive patients (MABP/ICP slope  $\geq 0.13$ ) had a better outcome. Among those who had undergone CPP-oriented treatment, the more pressure-active (MABP/ICP slope  $< 0.13$ ) patients had a bet-





## Két különböző intézetben végzett tanulmány Az egyikben **ICP** vezérelt a másikban **CPP** vezérelt TBI kezelés

### *Uppsala*

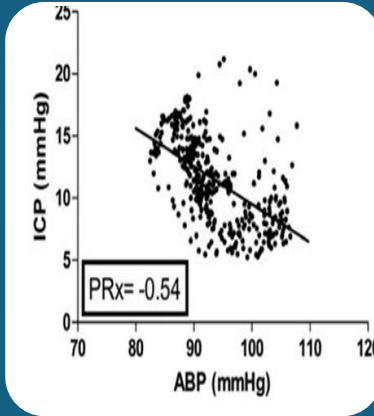
- **ICP  $\leq$  20 Hgmm** (CPP~60)
- Krízis: ICP  $\geq$  20Hgmm (T%)
- PRx
  
- A hosszú CPP krízis jó kimenetellel társult!
- A kiesett reaktivitás (+PRx) járt jó kimenetellel!

### *Edinburgh*

- **CPP  $\geq$  70 Hgmm** (ICP<25)
- Krízis: CPP<60 Hgmm (T%)
- PRx
  
- A rövid CPP krízis is halálos
- A megtartott azaz aktív reaktivitású betegek (-PRx) prognózisa volt jobb!

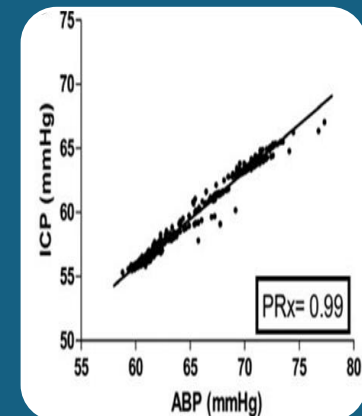
# Autoreguláció

## Ép autoreguláció



- Az agyi vasoconstrictio kihasználható, nem okoz CBF csökkenést
- CPP alapú terápia folytatható

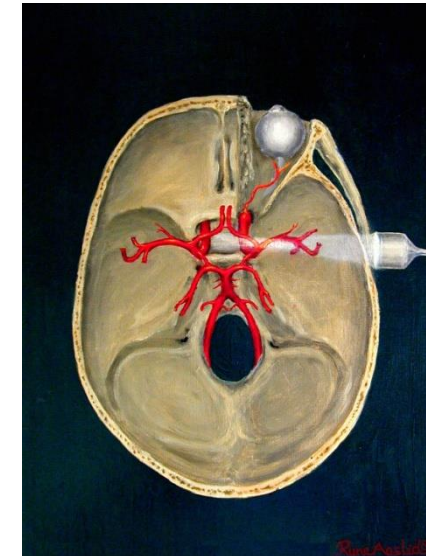
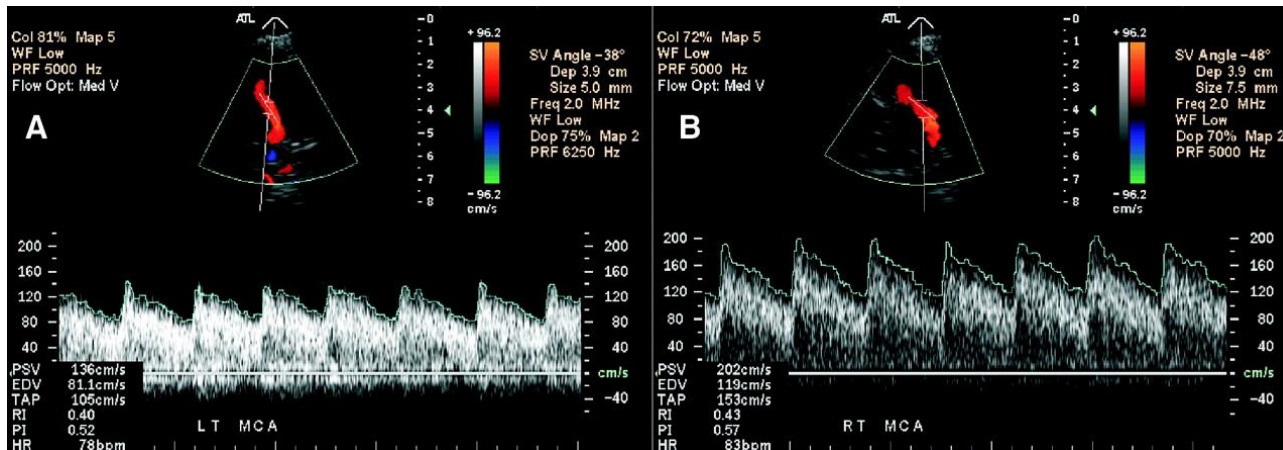
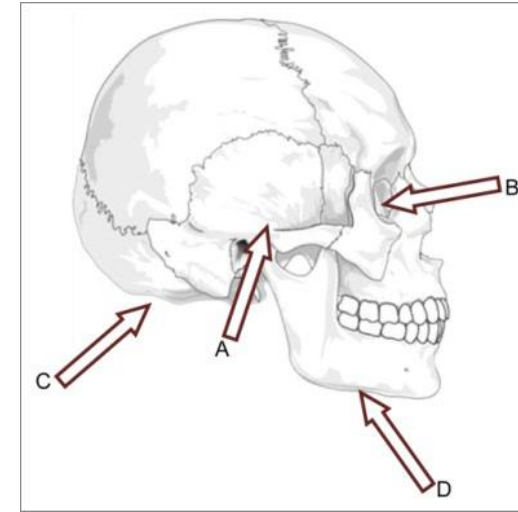
## Károsodott v. kiesett autoreguláció



- Aktív agyi értónus változás nem képes kompenzálni a CPP változást – CBF is változik
- ICP alapú terápia javasolt

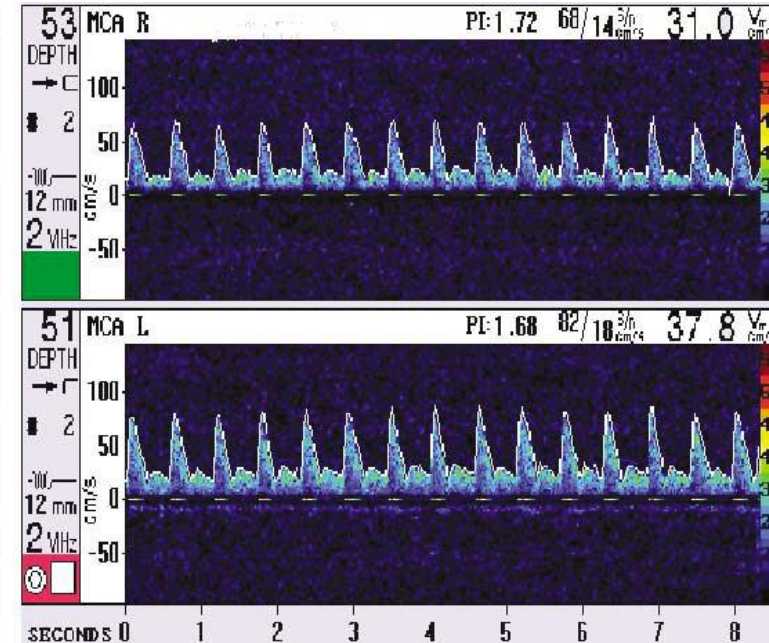
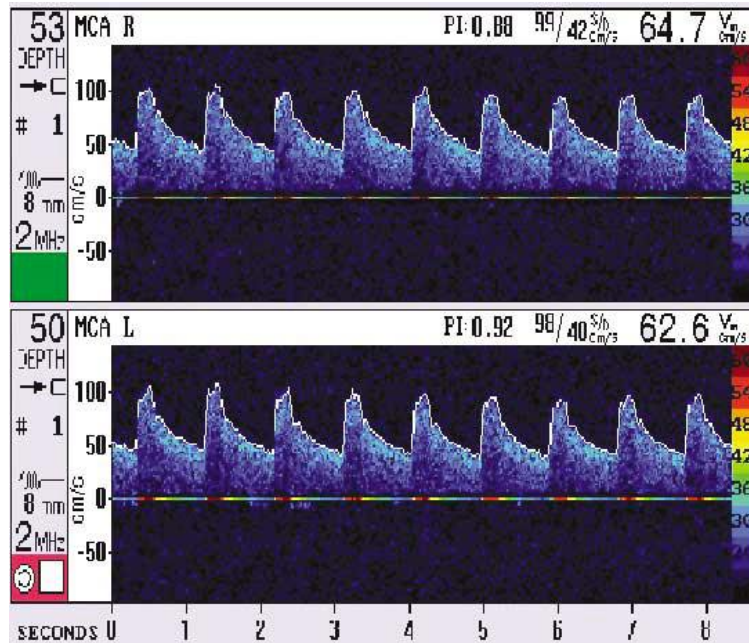
# Transcranialis Doppler

- 2 MHz
- Non-invazív – betegágy melletti
- ACM – áramlási sebesség



# Transcranialis Doppler (TCD)

- Képes nekünk mutatni a CBF egy faktorát , az áramlási sebességet

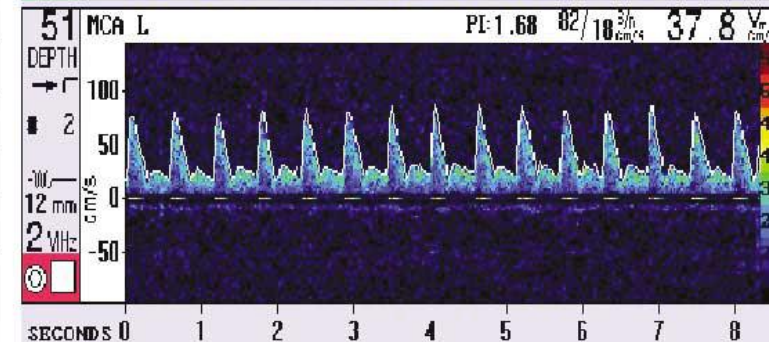
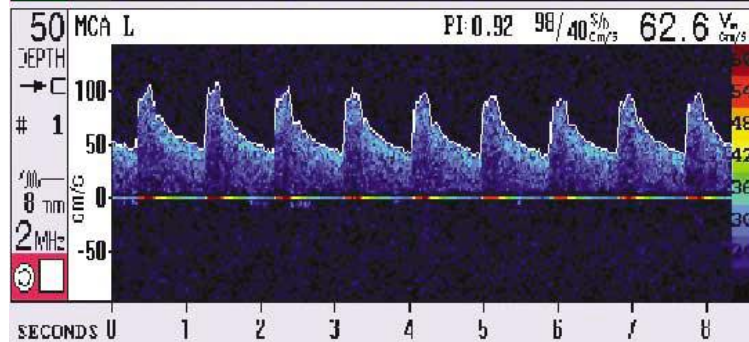


53 MCA R PI: 1.72 68/14  $\frac{S/h}{cm/s}$  31.0  $\frac{V_r}{cm/s}$

DEPTH → □ 100  
# 2  
12 mm  
2 MHz

SECONDS 0 1 2 3 4 5 6 7 8

Detailed description: This is a TCD Doppler spectrum for the right middle cerebral artery (MCA R). The plot shows a series of systolic peaks over an 8-second interval. The y-axis represents depth in centimeters (0 to 100) and velocity in cm/s (-50 to 54). The x-axis represents time in seconds (0 to 8). The peak velocity is 31.0 cm/s. The pressure index (PI) is 1.72, and the systolic/diastolic flow ratio is 68/14 cm/s.



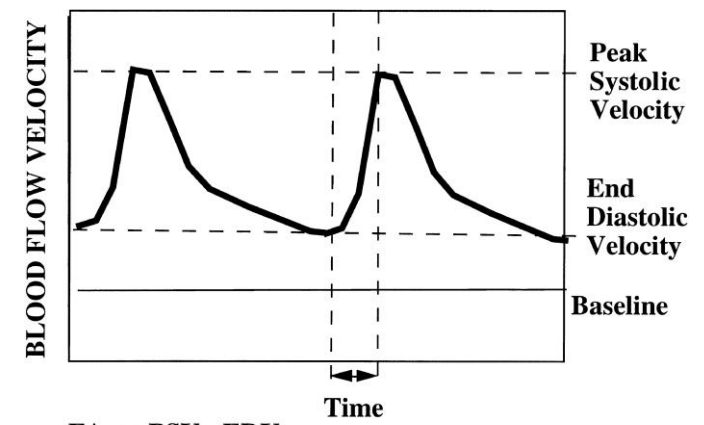
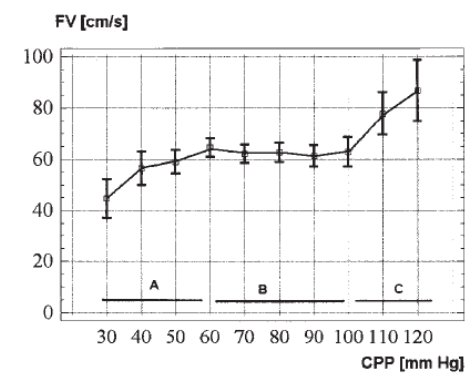


# ACM FV – CPP kapcsolata

- Az autoregulációs tartományban az **átlagsebesség** konstans

# TCD

- De a **hullámforma** változik :  
csökkenő CPP
  - csökkenő **Vd**
  - növekvő **PI**



$$PI = \frac{V_{sys} - V_{dias}}{V_{mean}}$$

$$FA = \frac{PSV - EDV}{Time}$$

$$PI = \frac{PSV - EDV}{MV}$$

J Neurosurg 95:756–763, 2001



# TCD

*Transcranial Doppler ultrasound goal-directed therapy for the early management of severe traumatic brain injury* Intensive Care Med (2007) 33:645–651

- Abnormális felvételi TCD - rossz kimenetel
  - Vd ↓ és PI ↑ - CPP ↓!
- a **CPP** és a **PI** között szoros korreláció
  - Az **Vmean** vagy a **Vs** nem, de a **Vd** korrelál a **CPP**-vel!
- **PI** – **leghasznosabb** – értéke kevésbé függ a vizsgálat minőségétől



# TCD

- Magas kezdeti PI – nagy rizikó rosszabbodásra  
(Jaffres et al.)
- Abnormális felvételi TCD:
  - Károsodott agyi perfúziót
  - Rosszabb prognózist jelez

Intensive Care Med (2007) 33:645–651



# TCD

Christian Zweifel, MD\*‡  
Marek Czosnyka, PhD\*  
Emmanuel Carrera, MD\*  
Nicolas de Riva, MD\*  
John D. Pickard, MD, FMedSci\*  
Peter Smielewski, PhD\*

## Reliability of the Blood Flow Velocity Pulsatility Index for Assessment of Intracranial and Cerebral Perfusion Pressures in Head-Injured Patients

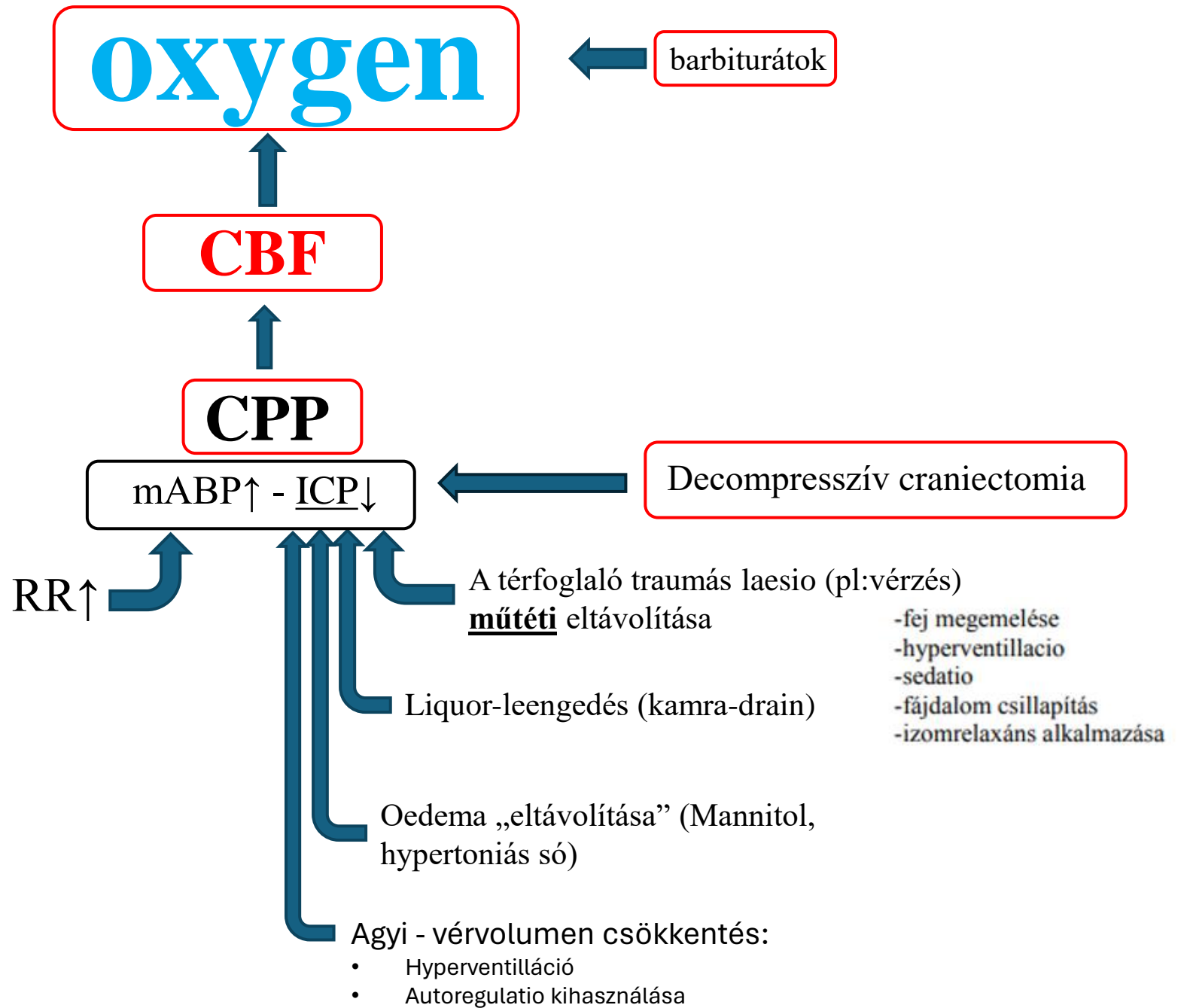
**BACKGROUND:** It has been postulated that the Gosling pulsatility index (PI) assessed with transcranial Doppler (TCD) has a diagnostic value for noninvasive estimation of intracranial pressure (ICP) and cerebral perfusion pressure (CPP).




**OBJECTIVE:** To revisit this hypothesis with the use of a database of digitally stored signals from a cohort of head-injured patients.

**METHODS:** We analyzed prospectively collected data of patients admitted to the Cambridge Neuroscience critical care unit who had continuous recordings of arterial blood pressure, ICP, and cerebral blood flow velocities (FVs) using TCD. PI was calculated

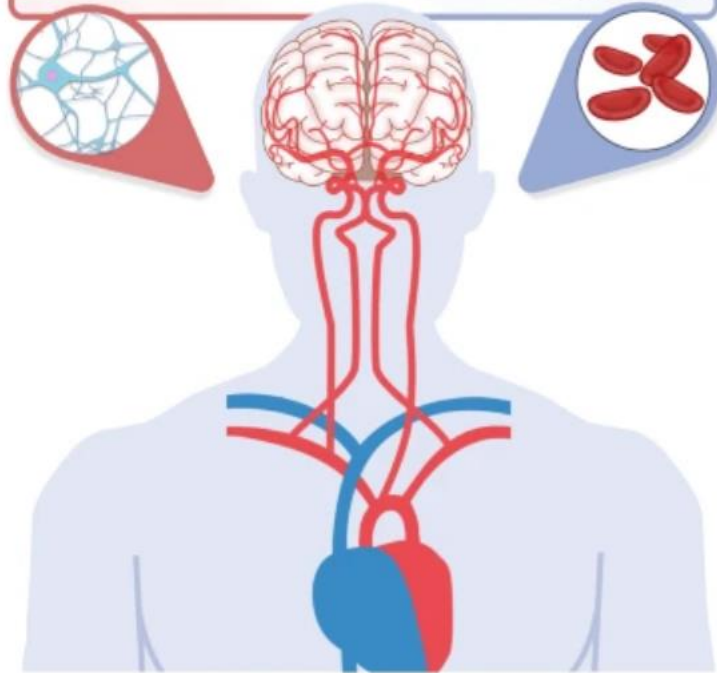
**Az értékeket azonban csak magas ICP felett (ICP>35 Hgmm) és alacsony CPP (CPP<60 Hgmm) alatt találták megbízhatónak.**





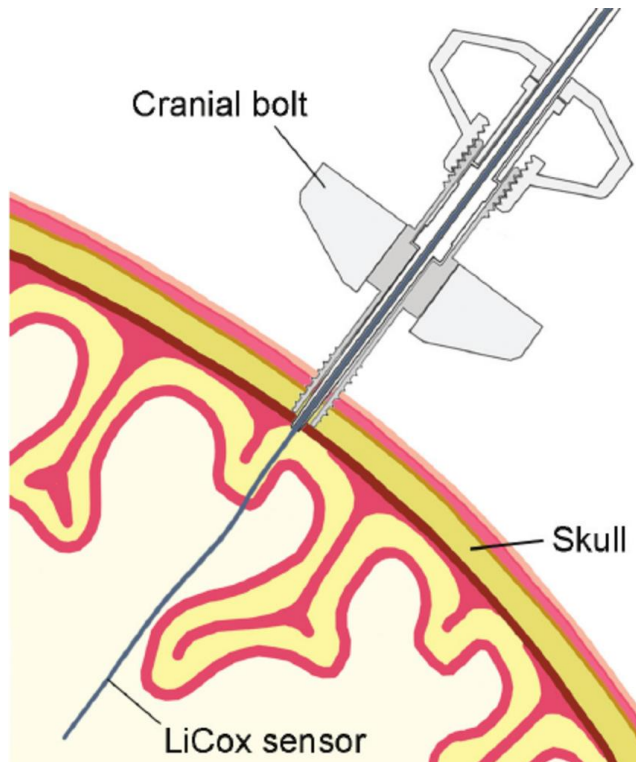
	Pros	Pitfalls
<b>Jugular Bulb Oximetry</b> 	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Global oxygen assessment</li> <li>• Reflects dynamic balance of brain oxygen supply and consumption</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Invasive</li> <li>• Not focal</li> <li>• Risk of vein thrombosis</li> <li>• Possible extracranial contamination</li> <li>• Intermittent (if no fiber optic probes)</li> </ul>
<b>Cerebral Oximetry (NIRS)</b> 	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Noninvasive</li> <li>• Safe</li> <li>• Minimal expertise needed</li> <li>• Low cost</li> <li>• Global tissue oxygen assessment</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Extra-cranial contamination</li> <li>• Lack of precision as absolute number and changes over time</li> <li>• Contusions or blood in the explored area interfere with the signal</li> </ul>
<b>Brain Tissue Oxygen Probe</b> 	<ul style="list-style-type: none"> <li>• No extra-cranial contamination</li> <li>• Good temporal resolution</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Invasive</li> <li>• Low spatial resolution</li> <li>• Higher cost</li> </ul>

Cause of cerebral hypoxia	Treatment
↓ CBF, ↓ CPP	↑ ABP, ↑ PaCO <sub>2</sub>
↓ PaO <sub>2</sub>	↑ FiO <sub>2</sub>
↓ Hb	Consider transfusion
↑ Metabolism	↑ Sedation, ↓ Brain temperature



# LiCOX

- Az extracellularis compartment oxygen-áramlását méri (amely egyenesúlyt tart a capillarisokból érkező oxygen-beáramlás és a sejtek oxygenfelhasználása révén kialakult szöveti szinttel)
- Az általa mért értéknek **20 Hgmm felett kell lennie.**



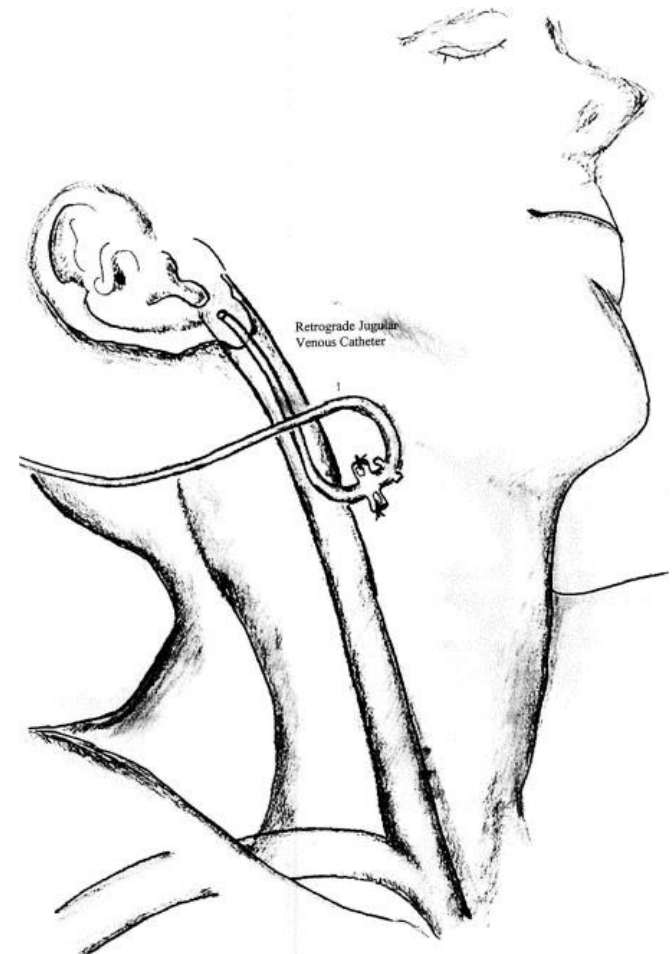
## DE:

- Localis érték
- Invazív
- Hitelesen csak a hőmérsékleti kiegyenlítőds után mér

# Véna jugularis oxigénsaturatio mérés

- Minimálisan invazív
- Könnyű használni
- DE:
- Aszimmetrikus agyi vénás drainage esetén?
- Extracerebralis vért is vizsgál
- Regionális ischaemiara, hypoxiara nem érzékeny

**A jugularis vénás saturatio 50% felett tartása csökkenti a mortalitást, javítja a kimenetelt. A PbrO<sub>2</sub> 30 Hgmm fölött tartása az optimális, 20 Hgmm alatt a halálozási esélyek nőnek, 15 Hgmm alatt jelentősen tovább romlanak**





### Decompressive Craniectomy in Diffuse Traumatic Brain Injury

D. James Cooper, M.D., Jeffrey V. Rosenfeld, M.D., Lynette Murray, B.App.Sci., Yaseen M. Arabi, M.D., Andrew R. Davies, M.B., B.S., Paul D'Urso, Ph.D., Thomas Kossmann, M.D., Jennie Ponsford, Ph.D., Ian Seppelt, M.B., B.S., Peter Reilly, M.D., and Rory Wolfe, Ph.D., for the DECRA Trial Investigators and the Australian and New Zealand Intensive Care Society Clinical Trials Group\*



### A Trial of Intracranial-Pressure Monitoring in Traumatic Brain Injury

Randall M. Chesnut, M.D., Nancy Temkin, Ph.D., Nancy Carney, Ph.D., Sureyya Dikmen, Ph.D., Carlos Rondina, M.D., Walter Videtta, M.D., Gustavo Petroni, M.D., Silvia Lujan, M.D., Jim Prigdon, M.H.A., Jason Barber, M.S., Joan Machamer, M.A., Kelley Chaddock, B.A., Jaquela M. Cells, M.D., Mariana Cherner, Ph.D., and Terence Hendrix, B.A., for the Global Neurotrauma Research Group\*



### Trial of Decompressive Craniectomy for Traumatic Intracranial Hypertension

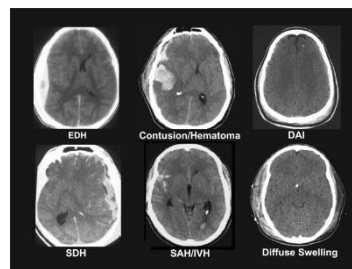
P.J. Hutchinson, A.G. Koliak, I.S. Timofeev, E.A. Corteen, M. Czosnyka, J. Timothy, I. Anderson, D.O. Bulters, A. Bell, C.A. Eymon, J. Wadley, A.D. Mendelow, P.M. Mitchell, M.H. Wilson, G. Critchley, J. Sahuquillo, A. Unterberg, F. Seivadei, G.M. Teasdale, J.D. Pickard, D.K. Menon, G.D. Murray, and P.J. Kirkpatrick, for the RESCUE Trial Collaborators\*

### Monitoring of Cerebral Autoregulation in Head-Injured Patients

Marek Czosnyka, Piotr Smielewski, Peter Kirkpatrick, David K. Menon, and John D. Pickard  
Originally published 1 Oct 1996 | <https://doi.org/10.1161/01.STR.27.10.1829> | Stroke. 1996;27:1829-1834

J Neurosurg 111:672-682, 2009

Brain tissue oxygen monitoring in traumatic brain injury and major trauma: outcome analysis of a brain tissue oxygen-directed therapy



1970

változatlan



**Drámai javulás**



1990

változatlan

napjaink

ICP mérés

Intenzív Osztály

Megfelelő folyadék+táplálás

ATLS

CT elterjedése

**Egyénre szabott terápia**

# Azaz

- Az **ICP mérés** továbbra alapvető a súlyos koponyasérülteknél – 22 Hgmm felett kezeljük
- Határozzuk meg az **autoregulációt**
- Mérjük **szöveti oxygén tenziót**
- **Decompressio**, ha a terápiás protokoll hatástalan
- **Egyénre szabott terápia !**

Köszönöm a  
figyelmet!

Köszönöm a  
figyelmet!



Summary of the advantages and disadvantages of different methods.

Method	Advantages	Disadvantages
Jugular venous oxygen saturation monitoring	<p>Applicable to the evaluation of capillary Hb concentration;</p> <p>Wide application scope;</p> <p>Ease of use;</p> <p>Minimally invasive;</p> <p>Easy to pass through the auxiliary channel for standard diagnostic endoscope</p>	<p>An incomplete mix in the asymmetrical venous drainage of the brain may influence the evaluation of focal injury;</p> <p>Extracerebral contamination with blood from the scalp, meninges, and skull;</p> <p>Overestimation under alkaline conditions;</p> <p>Insensitive to the hypencephalon;</p> <p>Insensitive to regional ischemia and hypoxia of brain tissues</p>
Brain tissue partial pressure of oxygen monitoring	<p>PbtO<sub>2</sub> is well correlated with PaO<sub>2</sub>;</p> <p>Ease of use;</p> <p>High data reliability;</p> <p>Provides reliable, consecutive cerebral blood oxygen saturation monitoring for several days;</p> <p>Capable of real-time monitoring;</p> <p>Selective simultaneous monitoring of PbtO<sub>2</sub>, PCO<sub>2</sub>, and pH;</p> <p>More able to determine brain death</p>	<p>Effective data acquisition does not begin until the temperature balance is reached before each measurement;</p> <p>Invasive;</p> <p>False monitoring results</p>

The average normal PbtO<sub>2</sub> is 23 ± 7 mm Hg

Reduced PbtO<sub>2</sub> has been associated with a poor outcome after TBI in several observational clinical studies

In BOOST-II, management of severe TBI based on multimodal ICP and PbtO<sub>2</sub> monitoring compared to ICP monitoring alone reduced brain tissue hypoxia.