

Těžké mozkové poranění u děti

Milan Kratochvíl, KDAR FN Brno

- Epidemiologie
- Etiologie
- Definice
- Typy traumatu
- Iniciální management
- ICP a léčba ICH

Epidemiologie

- 48-270/100000 dětí/rok (Austrálie 486, Švédsko 12)
- Chlapci: dívky 1,8:1
- Nejčastější věkové kategorie 0-3 a 15-18 let
- Lehké TBI >80%
- Těžké TBI 3-7%
- Mortalita 2,8-3,75/100000 dětí/rok

Etiologie

- Autonehody 6-80%
- Pády 5-87%
- CAN - AHT 2-12%
- Sportovní úrazy <1-29%

Abusive head trauma

- Věk < 1 rok, medián 4 měsíce
- Anamnéza CAN – 60% případů
 - Anamnéza sentinelových poranění
- Chlapci, často plačící, perinatální onemocnění
- Mladý rodič, jediný rodič, nízká úroveň vzdělání

Red flag injuries suggesting physical child abuse in infants and young children

Injury	Patient age			
	<6 months	6 to 12 months	1 year old	2 to 3 years old
Soft tissue injury	Frenulum tears or unexplained oral injuries (teeth, lips, palate)	Frenulum tears or unexplained oral injuries (teeth, lips, palate)	Frenulum tears or unexplained oral injuries (teeth, lips, palate)	Frenulum tears or unexplained oral injuries (teeth, lips, palate)
	Isolated subconjunctival hemorrhage outside of the newborn period			
	Any bruise	Any unexplained bruise in non-cruising children, more than one bruise in non-mobile children		
		Any bruise of the trunk, ear, neck, jawline, or cheek	Any bruise of the trunk, ear, neck, jawline, or cheek	Any bruise of the trunk, ear, neck, jawline, or cheek
	Patterned bruising	Patterned bruising	Patterned bruising	
Burns	Unexplained burns	Unexplained burns	Unexplained burns	Unexplained burns
	Burns in the shape of a heated object	Burns in the shape of a heated object	Burns in the shape of a heated object	Burns in the shape of a heated object
	Immersion burns	Immersion burns	Immersion burns	Immersion burns
	Burns of the perineum and lower extremities	Burns of the perineum and lower extremities	Burns of the perineum and lower extremities	Burns of the perineum and lower extremities
Fractures	Multiple fractures in different stages of healing	Multiple fractures in different stages of healing	Multiple fractures in different stages of healing	Multiple fractures in different stages of healing
	Any fracture other than skull or clavicle fractures in the newborn period	Any fracture other than skull fracture Skull fractures without history or other than simple linear parietal type	Any rib fracture Humerus fracture, other than supracondylar Fractures of other long bones Fracture without trauma history or presenting with evidence of healing	Fracture without trauma history or presenting with evidence of healing
Intracranial	Any subdural hemorrhage/hygroma	Any subdural hemorrhage/hygroma	Unexplained subdural hematoma without history of high-energy trauma (eg, motor vehicle collision, long-distance fall)	
Visceral injury	Any visceral injury	Any visceral injury	Traumatic visceral injury unexplained by motor vehicle collision or verified history of accidental high-energy blow to the abdomen*	

Definice

- Lehké poranění mozku – Mild Traumatic Brain Injury (TBI)
 - GCS 13 – 15
- Středně těžké poranění mozku – Moderate TBI
 - GCS 9 – 12
- Těžké poranění mozku – Severe TBI
 - GCS ≤ 8

Glasgow Coma Scale and Pediatric Glasgow Coma Scale

Sign	Glasgow Coma Scale ^[1]	Pediatric Glasgow Coma Scale ^[2]	Score
Eye opening	Spontaneous	Spontaneous	4
	To command	To sound	3
	To pain	To pain	2
	None	None	1
Verbal response	Oriented	Age-appropriate vocalization, smile, or orientation to sound; interacts (coos, babbles); follows objects	5
	Confused, disoriented	Cries, irritable	4
	Inappropriate words	Cries to pain	3
	Incomprehensible sounds	Moans to pain	2
	None	None	1
Motor response	Obeys commands	Spontaneous movements (obeys verbal command)	6
	Localizes pain	Withdraws to touch (localizes pain)	5
	Withdraws	Withdraws to pain	4
	Abnormal flexion to pain	Abnormal flexion to pain (decorticate posture)	3
	Abnormal extension to pain	Abnormal extension to pain (decerebrate posture)	2
	None	None	1
Best total score			15

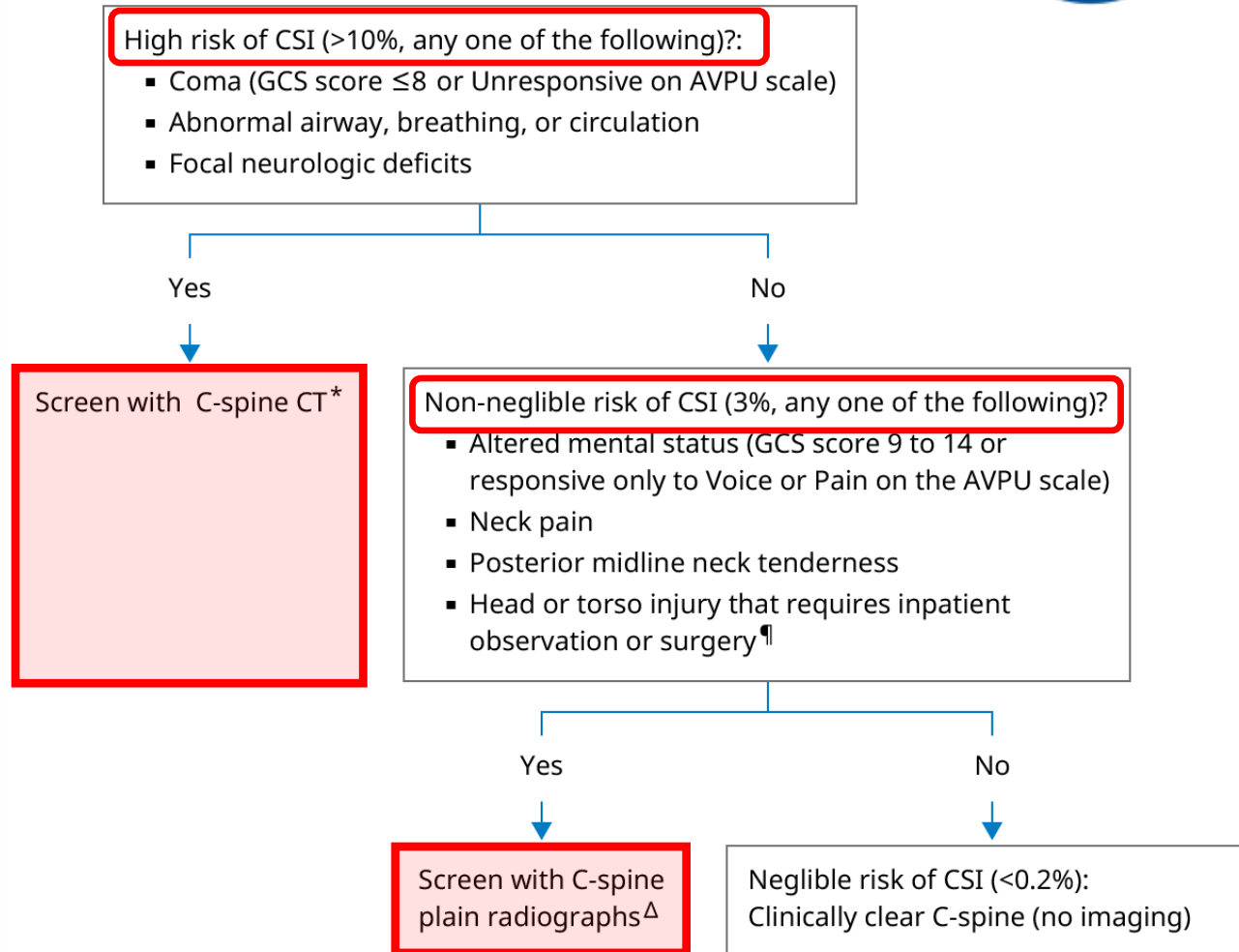
A – dýchací cesty

- Imobilizace krční páteře (1-2 % dětí)
- Intubace – OTK s manžetou! (microcuff)
- Atropin – dávka 0,02 mg/kg i.v.
 - Pacienti <1rok, SCHJ - <5 let
 - Pacienti v šoku
 - CAVE! – dilatuje zornice
- Opioid/mesocain (1 – 2 mg/kg, maximum 200 mg) u pacientů s předpokládanou ICH – ne rutinně
- Indukce anestezie k OTI
 - Etomidát?
 - Ketamin
- Relaxace
 - Rocuronium (sugammadex)
 - Suxametonium

A – dýchací cesty



Pediatric Emergency Care Applied Research Network C-spine Injury Rule algorithm



B - ventilace

- Normoxémie
- Normoventilace
 - ETCO_2 4-4,5 kPa
 - $\text{ETCO}_2 < 4$ kPa pouze při zámkách incipientní herniace



Clinical progression of transtentorial herniation

Headache
Altered level of consciousness
Dilation of ipsilateral pupil
Cranial nerve III palsy
Ptosis
Loss of medial gaze
Decerebrate posturing
Hemiparesis
Dilation of opposite pupil
Alteration of respiration
Bradycardia
Hypertension
Respiratory arrest

C – krevní oběh

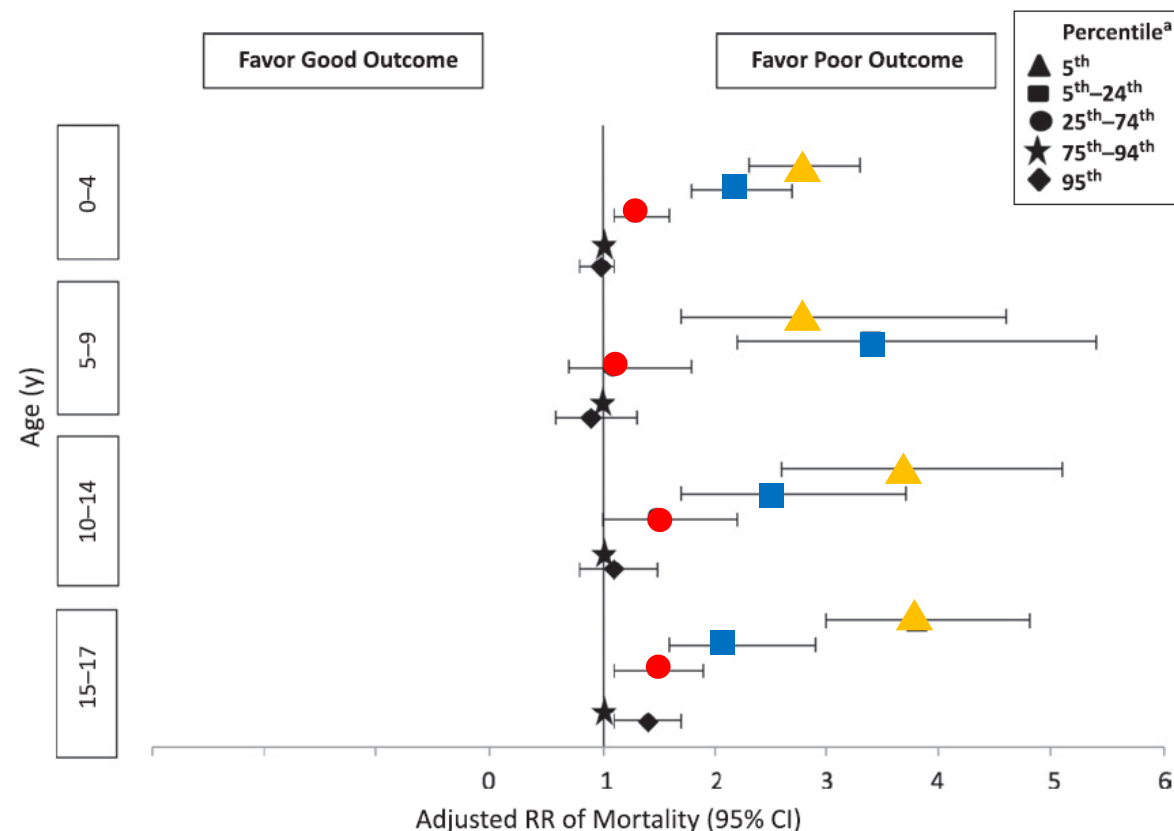


TABLE 2 Risks of Death Associated With Different SBP Percentiles in Children With Isolated Severe TBI

SBP Percentile ^a	Total (<i>n</i> = 10 473)	Death (<i>n</i> = 2388)	Mortality Rate (Total = 22.8%), %	95% CI	Adjusted RR (95% CI)	
					Univariate RR (95% CI)	Multivariate Adjusted RR (95% CI)
Less than the fifth	732	485	66.3	62.7–69.7	4.1 (3.7–4.6)	3.2 (2.9–3.6)
Fifth–24th	529	212	40.1	35.9–44.4	2.5 (2.2–2.9)	2.3 (2.0–2.7)
25th–74th	1539	357	23.2	21.1–25.4	1.4 (1.3–1.7)	1.4 (1.2–1.6)
75th–94th	1979	316	16.0	14.4–17.7	1.0 (reference group)	1.0 (reference group)
≥95th	5694	1018	17.9	16.9–18.9	1.1 (0.99–1.3)	1.1 (0.96–1.2)

^a SBP by 50th percentile of height.



C – krevní oběh

- 2 periferní žilní linky
- Prevence a léčba hypovolémie
- Balancované krystaloidy
- Časně vasopresory

0 až 30 dní	> 40 mmHg
31 dní až <1 rok	> 45 mmHg
≥ 1 rok <6 let	> 50 mmHg
≥ 6 <13 let	> 60 mmHg
≥ 13 let	> 65 mmHg

Normal blood pressure in children: 50th to 90th percentiles

Age	Systolic pressure, mm Hg	Diastolic pressure, mm Hg
Birth, 12 hours, <1000 g	39-59	16-36
Birth, 12 hours, 3 kg	50-70	25-45
Neonate, 96 hours	60-90	20-60
Infant, 6 months	87-105	53-66
Toddler, 2 years	95-105	53-66
School age, 7 years	97-112	57-71
Adolescent, 15 years	112-128	66-88

Myokardiální dysfunkce

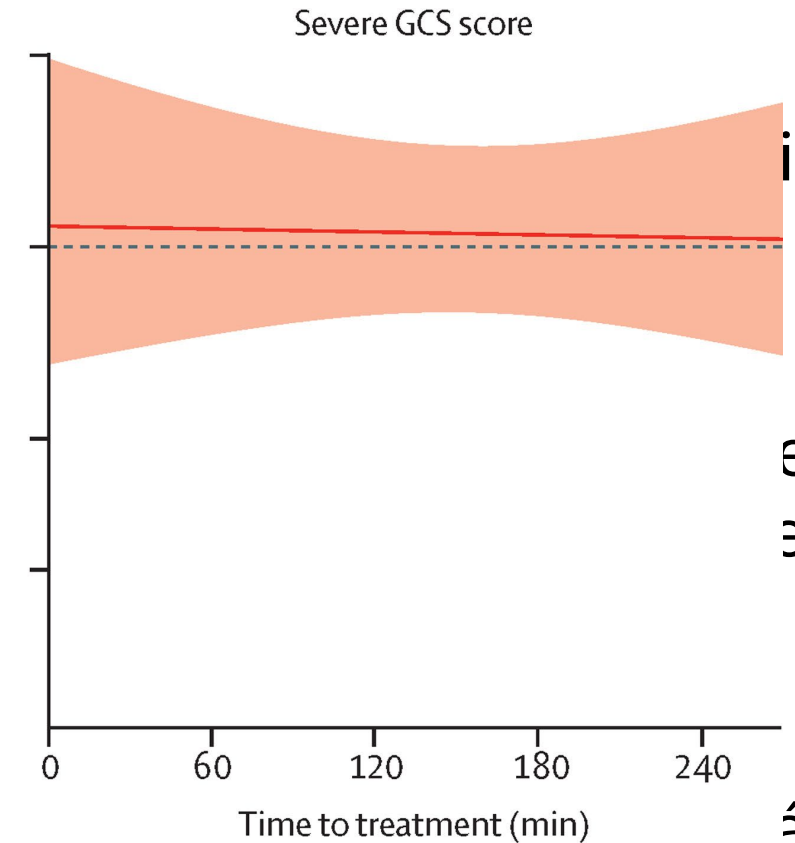
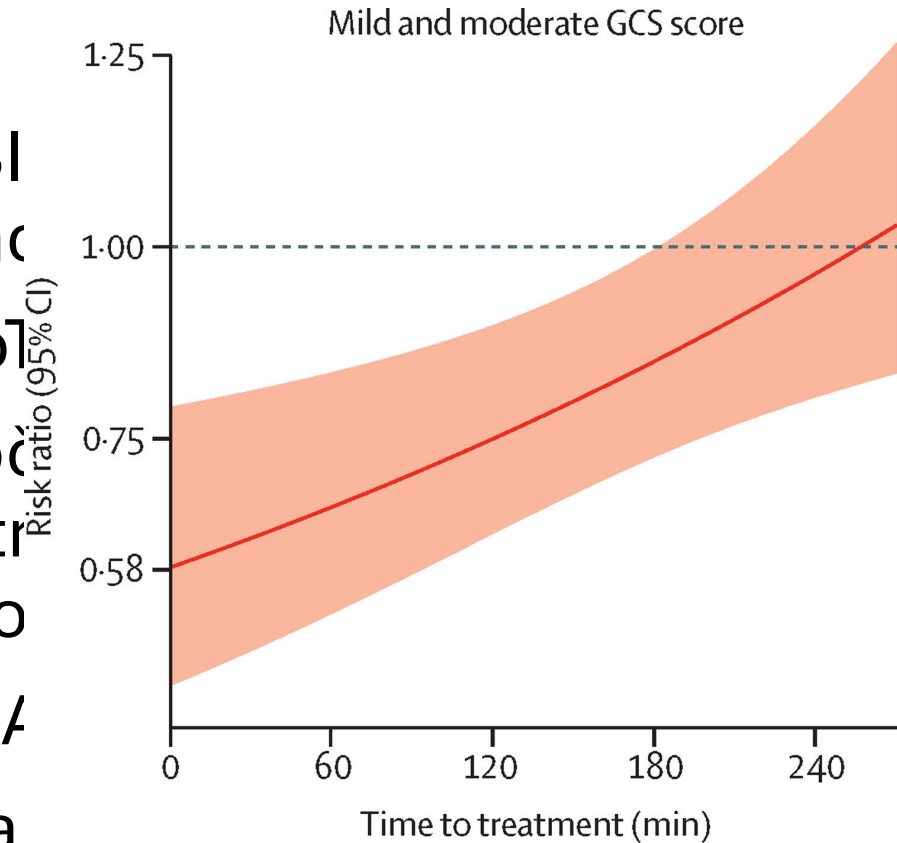
- U dětí s izolovaným TBI je běžná elevace cTnl
- Elevace cTnl je nezávislá na pohlaví, věku, typu poranění a tíže TBI.
- Tachykardie vzhledem k věku může být známkou myokardiální dysfunkce.
- Klinický význam je prozatím nejasný
- Echokg v rámci iniciální stabilizace

D - sedace

- Snížení úzkosti, usnadnění iniciálního managementu, umělé plicní hypertenze a kontrole nitrolební hypertenze.
- Mimo indikace léčby nitrolební hypertenze a posttraumatického status epilepticus se udržování a vysazování sedace musí řídit doporučením pro běžnou populaci kriticky nemocných dětí,
- Sedace má být vysazena hned, jak pomine její indikace.
- Profylaktická sedace s cílem „neuroprotektce“ není indikována.
- V případě nitrolební hypertenze je indikována kombinace opioidních analgetik s midazolamem.
- Propofol – riziko propofolového infuzního syndromu, dávka do 4mg/kg/hod, po dobu max 48 hodin u dětí do 16 let

Hemoterapie

- TBI
- Pac
- Ro
- Po
- intr
- mo
- TX/
- Tra

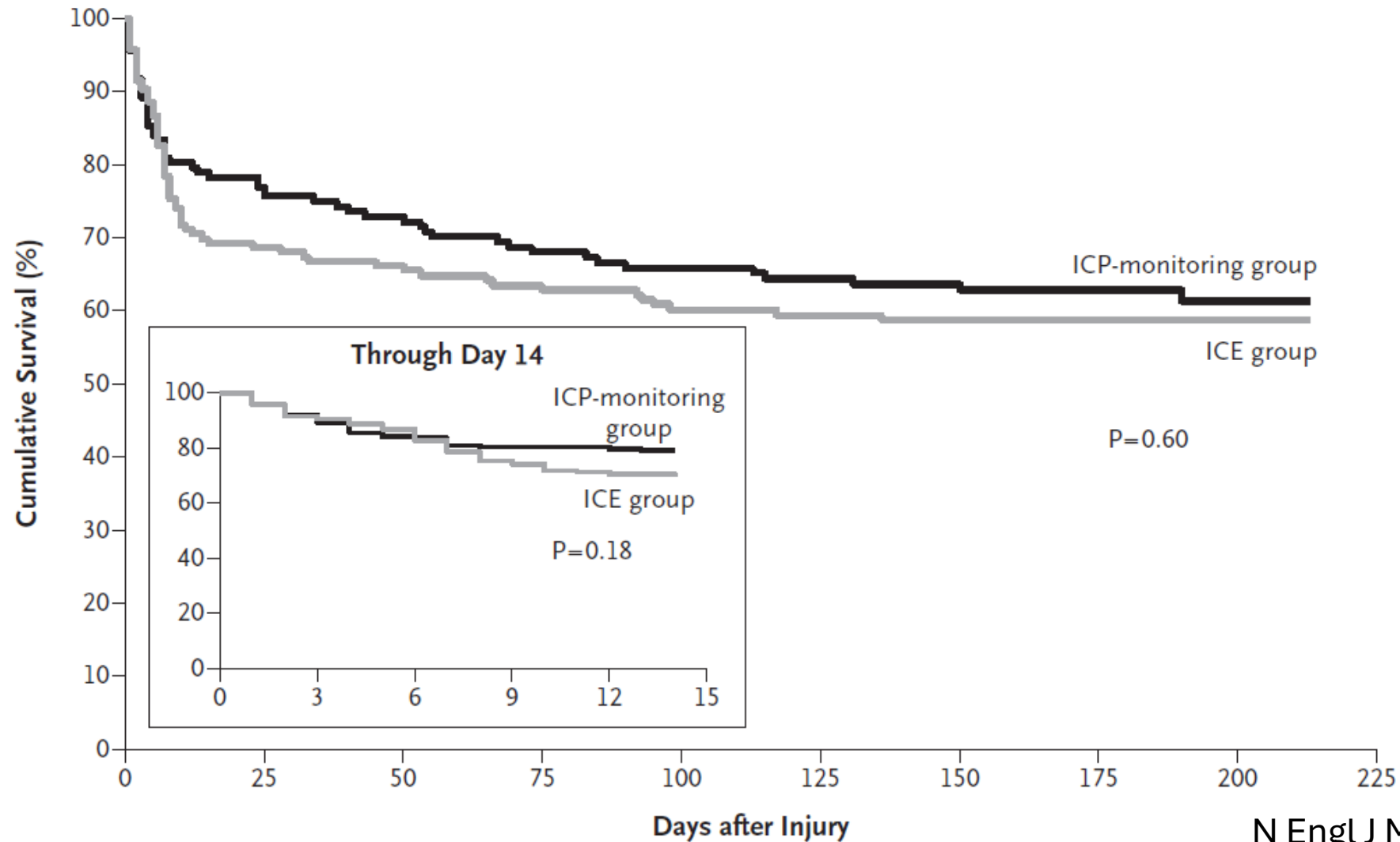


iatrických
ese
ervence a

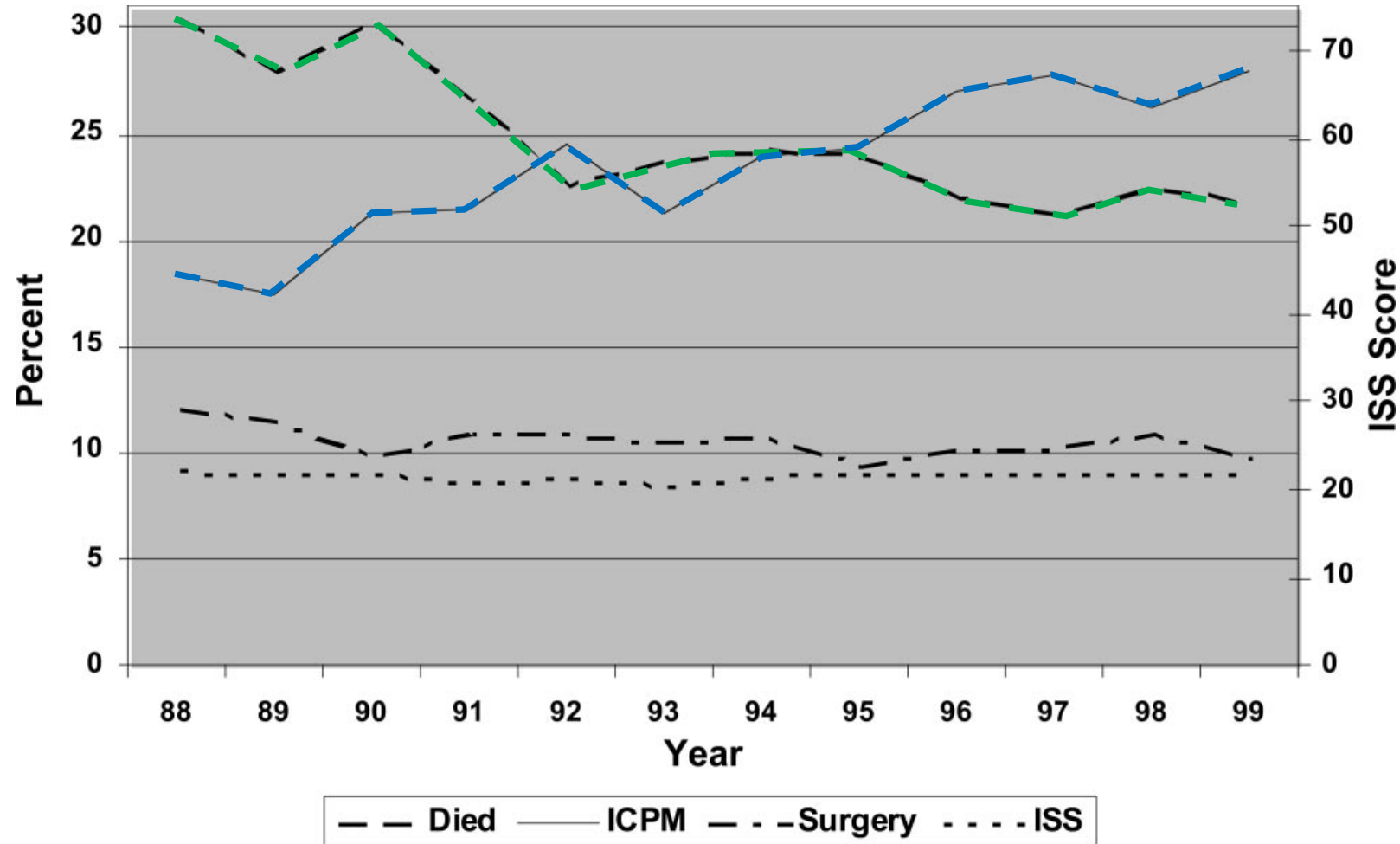
čárky

tkáňové hypoxie.

Monitoring ICP



Monitoring ICP



Monitoring ICP

Table 2. Hospital Outcomes

Variable	Mean (SD)		P Value
	ICP Monitoring	No ICP Monitoring	
Ventilator days	9.2 (8.5)	4.7 (16.7)	<.001
ICU LOS	12.6 (10.3)	6.3 (8.7)	<.001
Hospital LOS	21.0 (19.5)	10.4 (14.9)	<.001
Hospital charges, \$	49 000 (34 000)	34 000 (25 000)	.001

Table 4. Stepwise Logistic Regression Results for Mortality Outcome of ICP Monitoring vs No ICP Monitoring^a

GCS Score	OR (95% CI)
3	0.64 (0.43-1.00)
4	1.09 (0.75-1.60)
5	0.59 (0.22-1.56)
6	0.31 (0.78-1.00)
7	0.41 (0.16-1.06)
8	0.20 (0.05-1.73)

Monitoring ICP

Levels I and II

There was insufficient evidence to support a level I or II recommendation for this topic.

Level III

To Improve Overall Outcomes. III.1. Use of ICP monitoring is suggested.

Changes From Prior Edition. There are no content changes from the Second Edition to the recommendations. Three new class 3 retrospective observational studies were added to the evidence base for this topic (17–19).

Monitoring ICP



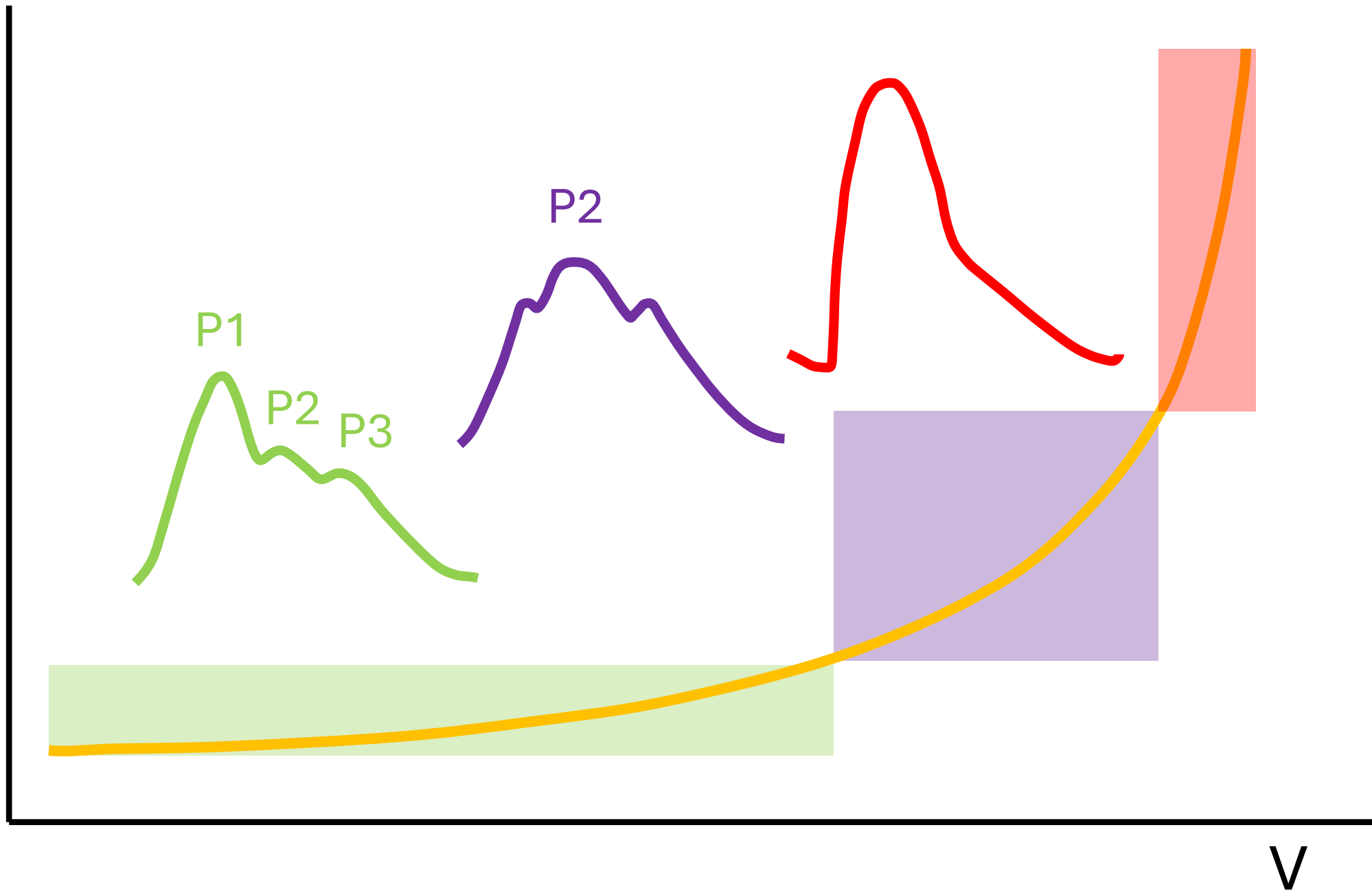
Level I and II A

- There was insufficient evidence to support a Level I or II A recommendation for this topic.

Level II B

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

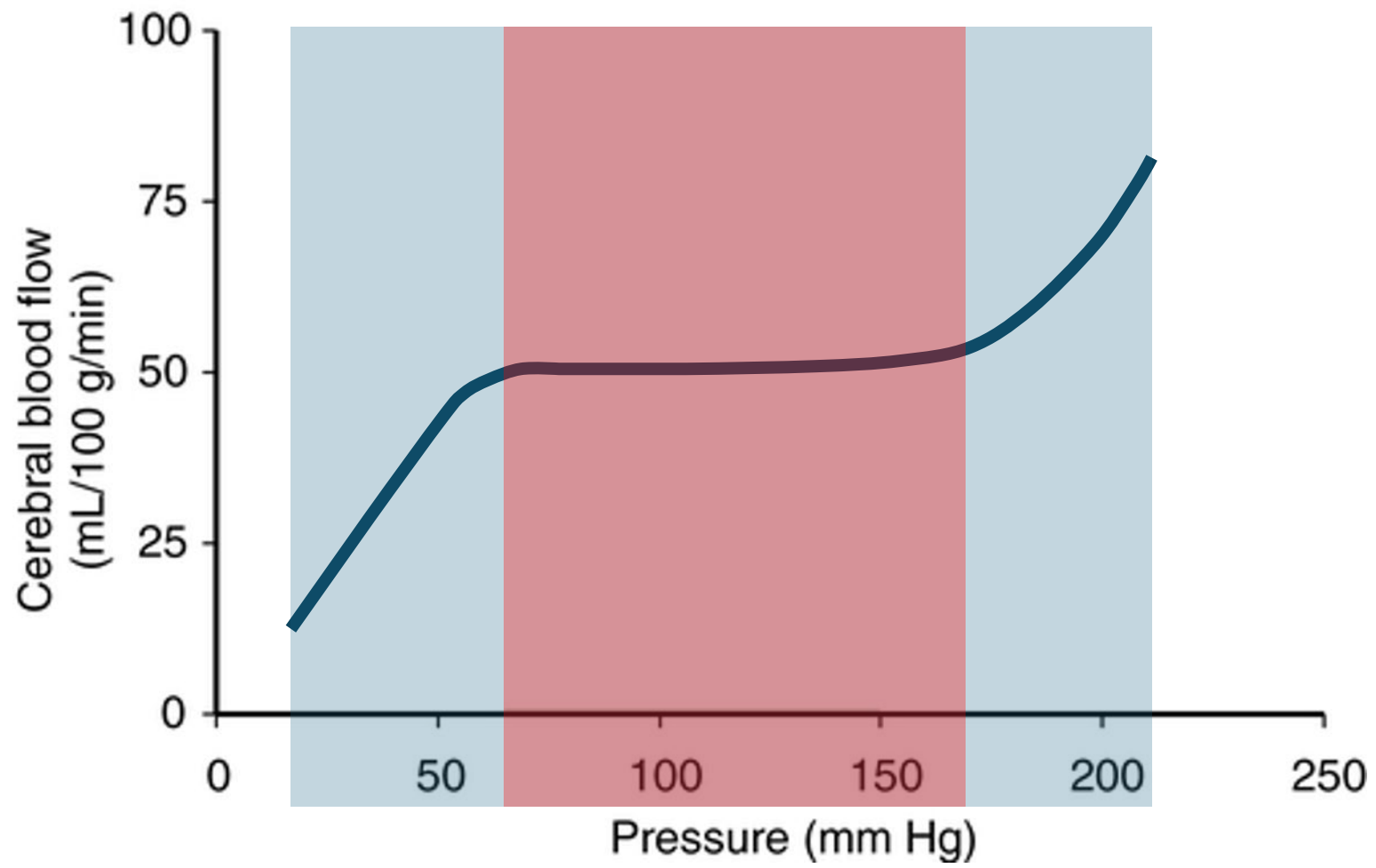
ICP



V



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





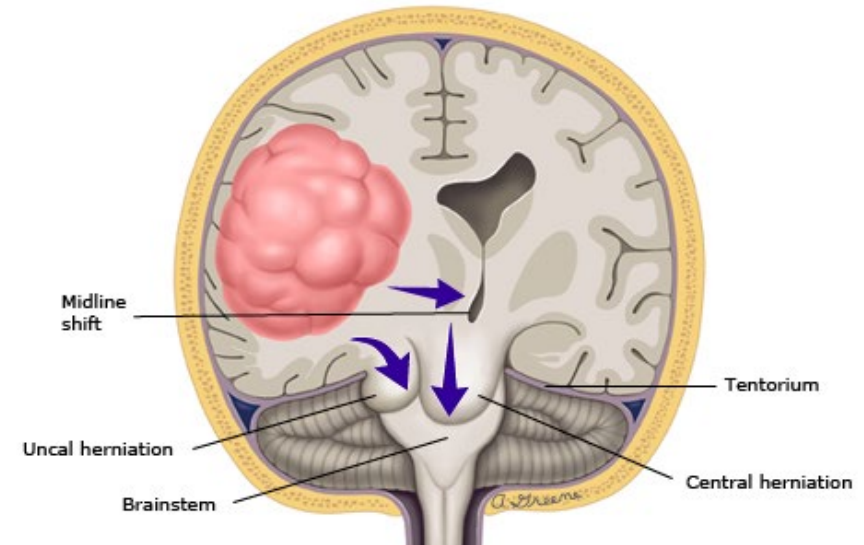
Monitoring ICP

1. Těžké mozkové trauma s abnormálním vstupním CT nálezem (hematom, SAK, kontuze, otok mozku, přesun středočáry, komprese bazálních cisteren, herniace).
2. Těžké mozkové trauma s nemožností neurologické evaluace (potřeba dlouhodobé sedace).
3. Potřeba extrakraniálních chirurgických výkonů u pacienta s těžkým mozkovým traumatem.
4. U pacientů po evakuaci intrakraniálního hematomu:
 - a. S předoperačním GCS ≥ 5 b.
 - b. Předoperační anizokorií, nebo bilaterální mydriázou.
 - c. Předoperační oběhovou nestabilitou.
 - d. Perioperačním nálezem mozkového edému.
 - e. Předoperačním rizikovým CT nálezem – přítomnosti dalších lézí, přesun středočáry >5 mm, zašlé bazální cisterny.
 - f. Nález nových intrakraniálních lézí, nebo progresu mozkového edému na kontrolním CT.
5. Monitoring ICP není indikován v případě normálního vstupního CT nálezu, ani v případě CT nálezu podezřelého z difúzního axonálního poranění (DAP).

Intrakraniální tlak

- Zahájení léčby – ICP > 20 mmHg po dobu delší, než 5 minut.
- Cílem terapie je udržení ICP v hodnotách ≤ 20 mmHg.
- V případě obtížné kontroly ICP je přípustné udržovat ICP v hodnotách < 25 mmHg, pokud je dosaženo dostatečného CPP.

Transtentorial herniation



Data from: Plum F, Posner JB. *The Diagnosis of Stupor and Coma III*. FA Davis, Philadelphia 1995. p. 103.

Mozkový perfúzní tlak – CPP

- $CPP = MAP - ICP$
- Cíl CPP:
 - ≤ 5 let – 40 to 50 mmHg
 - 5-17 let – 50 to 60 mmHg
- Rozdíl v CPP mezi normální hodnotou a dolní hodnotou autoregulace je nižší u kojenců a malých dětí, proto je možná potřeba nižšího cíle ICP

Management nitrolební hypertenze

- Protokol dle doporučení
- Terapie prvního sledu
- Terapie druhého sledu
- Prevence záchvatů
- Osmoterapie
- Terapeutická hypotermie
- Barbituráty
- Dekompresivní kraniektomie

TBI (GCS \leq 8)

Cranial CT

Insert ICP Monitor

δ Based on CVP, urine output, BUN, serum creatinine, fluid balance, and exam
 Ψ The timing of instituting first tier therapies depends on many factors such as the level of ICP and the tempo of disease progression; interventions may need to be bypassed, repeated or initiated concurrently.
* ICP 20-25 for > 5 min; more rapidly for ICP > 25 mmHg
** Mannitol could be substituted
Monitor EEG

Surgery as Indicated

Baseline Care

Maintain appropriate analgesia/sedation
Continue mechanical ventilation; maintain adequate arterial oxygenation; PaCO₂ ~35 mmHg
Maintain normothermia (<38°C)
Ensure appropriate intravascular volume status (CVP) δ
Maintain Hgb > 7 g/dL (minimum); higher levels may be optimal based on advanced monitoring
Treat coagulopathy
Elevate HOB 30°
Phenytoin or Levetiracetam/Consider continuous EEG monitoring throughout the management course
Begin nutrition as early as feasible and treat hypoglycemia

Herniation Pathway

If signs and symptoms of herniation
o Pupillary dilation
o Hypertension/bradycardia
o Extensor posturing

Emergent Treatment:
Hyperventilation titrate to reverse pupillary dilation
FiO₂ = 1.0
Bolus mannitol or hypertonic saline
Open EVD to continuous drainage
Emergency CT

CPP Pathway

Maintain CPP
Appropriate for age
Minimum 40 mmHg

ICP Pathway

\uparrow ICP Ψ *
Yes No

CSF drainage if ventriculostomy present

\uparrow ICP Ψ *
Yes No

Bolus and/or infusion of hypertonic saline**

\uparrow ICP Ψ *
Yes No

Additional analgesia/sedation

\uparrow ICP Ψ *
Yes No

Neuromuscular blockade #

\uparrow ICP Ψ *
Yes No

Additional hypertonic saline/hyperosmolar therapy

\uparrow ICP Ψ *
Yes No

ϕ Second Tier Therapy

PbrO₂ Pathway

If PbrO₂ monitoring is used maintain minimum of > 10 mmHg

\downarrow PbrO₂

Raise FiO₂

\downarrow PbrO₂

Vasopressor infusion
Adjust PaCO₂
Optimize Hgb

\downarrow PbrO₂

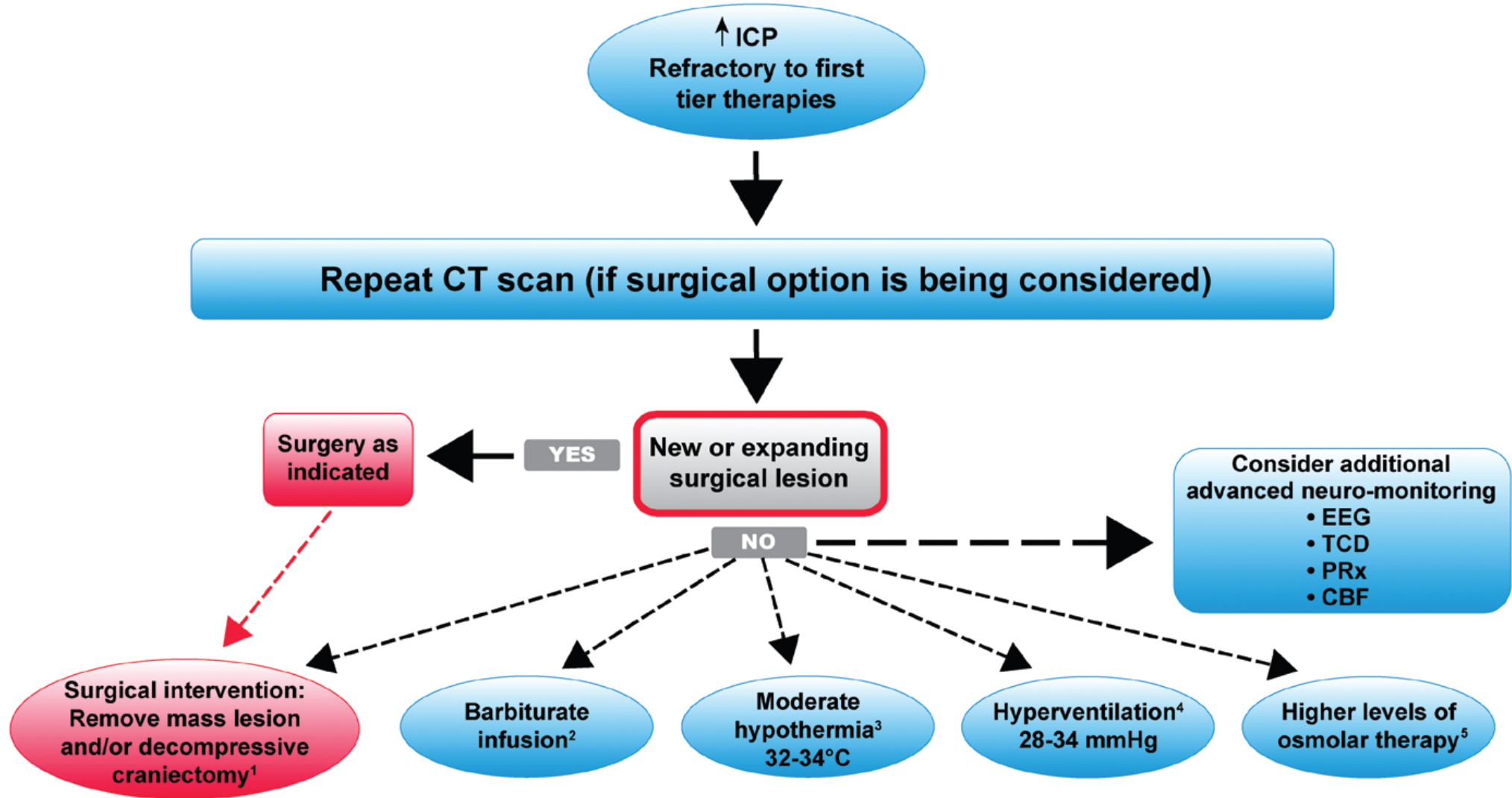
Confirm appropriate intravascular volume status (CVP) δ
Vasopressor infusion
Bolus of hypertonic saline

Carefully wean or withdraw ICP, CPP and/or PbrO₂ directed therapy

Neurological examination may help guide weaning or withdrawal of therapy and/or extent of monitoring

To Surgery if Indicated

ϕ Note: When ICP-directed care is deemed to be refractory to first tier therapies depends on many factors such as the level of ICP, the tempo of disease progression and others.



¹ Salvageable patient and evidence of expanding mass lesion or swelling on CT
² Active EEG and no medical contraindications
³ No contraindications
⁴ Strongly consider advanced neuro-monitoring for ischemia
⁵ Advance dose of 3% saline or mannitol, or use bolus 23.4% saline. If possible, avoid serum sodium concentrations of > 160 mEq/L and serum osmolality of > 360 mOsm/L

Prevence záchvatů

- Posttraumatické konvulze – časné (<7 dní), nebo pozdní (>7 dní).
- Děti mají nižší záchvatový práh oproti dospělé populaci.
- Děti <4 roky musí – EEG monitoring je vhodný prvních 48 hodin od úrazu.
- Antikonvulzivní profylaxi je potřeba zvážit v případě přítomnosti rizikových faktorů:
 - Lokalizace traumatické léze – zejména temporální lalok.
 - Mozkové kontuze
 - Impresivní fraktura kalvy
 - Přítomnost cizích těles v mozkovém parenchymu
 - Penetrující poranění
 - Subdurální, nebo epidurální hematom
 - Chronický alkoholismus
- Lékem volby antikonvulzivní profylaxe je levetiracetam v dávce 10 mg/kg 2×D nebo fenytoin v dávce 1,5 mg/kg iv. 3×D.

Osmoterapie

- Osmoterapie má být použita pouze k léčbě nitrolební hypertenze při monitoraci ICP.
- Při absenci monitorace ICP při známkách nitrolební hypertenze.
- Cílem osmoterapie je dosáhnout hyperosmolárního euvolemického stavu. Je potřeba zabránit hypovolémii.
- 3 % roztok NaCl
 - 0,1 – 1 ml/kg (10% NaCl 0,03-0,3 ml/kg), Je možné zvážit kontinuální podávání v dávce 0,1-1 ml/kg/hod.
 - Je potřebné udržet sérovou osmolaritu <360 mmol/l.
- 20 % manitol
 - 0,25 – 1g / kg (1,25 – 5 ml/kg)
 - Při dlouhodobém podávání hrozí akumulace manitolu v postižených mozkových oblastech a rebound fenomén s potenciací mozkového otoku.
 - Vedlejší diuretický efekt manitolu může vést k nežádoucí hypovolémii.
 - Terapie manitolem má být ukončena při elevaci sérové osmolarity >320 mmol/l (riziko osmotické nefropatie).

Terapeutická hypotermie

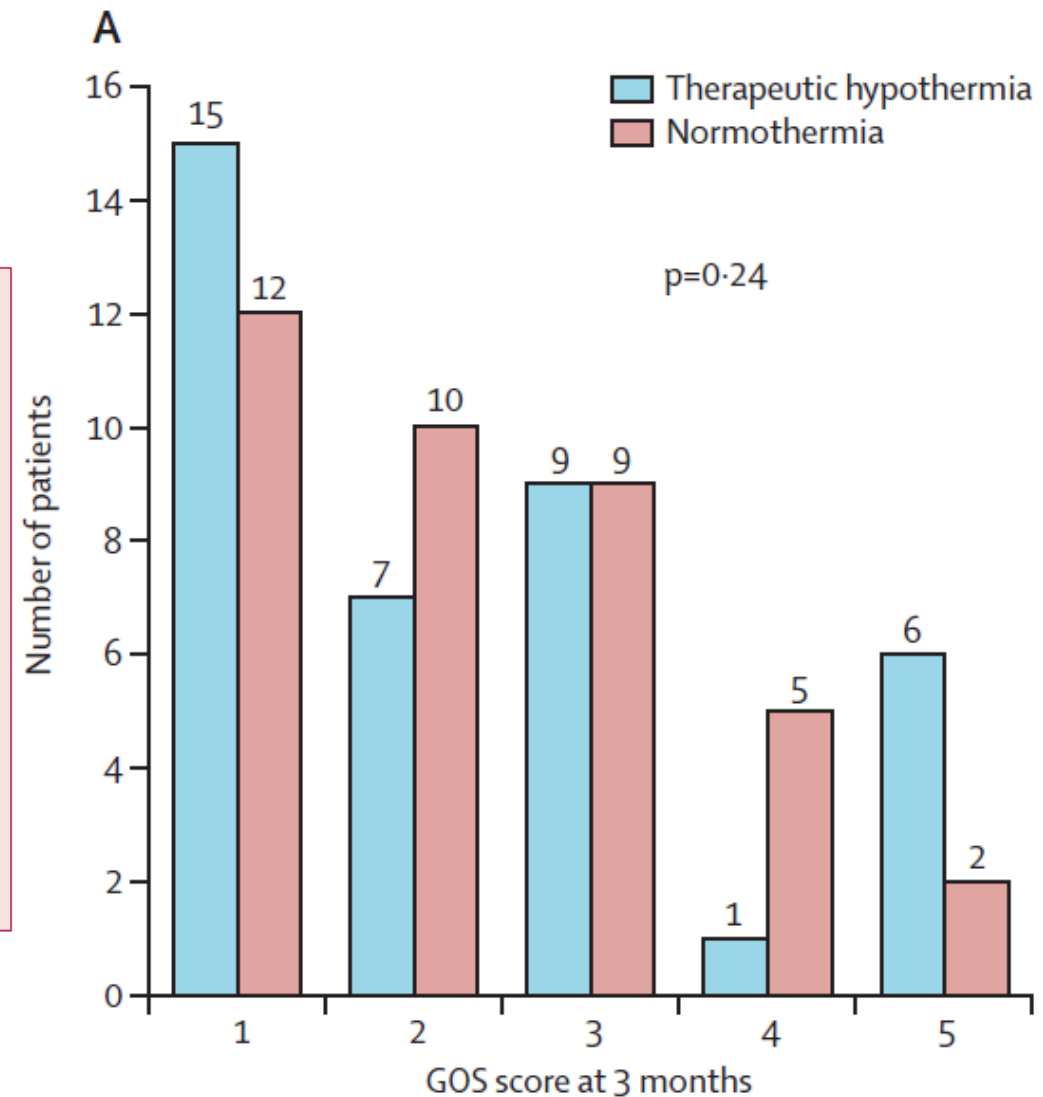
- Redukuje ICP prostřednictvím protizánětlivého působení, redukcí vazogenního edému a snížení prokrvení redukcí mozkového metabolismu.
- Je prokázána efektivita terapeutické hypotermie v redukcí nitrolební hypertenze.
- Pacienti reagující na TH snížením ICP můžou mít lepší prognózu nežli pacienti nereagující.
- TH přes úspěšnou kontrolu nitrolební hypertenze v rámci terapie 2. sledu, vedla ke zhoršenému GOS po 6 měsících (Eurotherm 3235).

Terapeutická hypotermie

	Total	Hypothermia	Normothermia
Glasgow outcome scale*			
Good outcome (scores 1–2)	44/76 (59%)	22/38 (58%)	22/38 (58%)
Poor outcome (scores 3–5)	32/76 (41%)	16/38 (42%)	16/38 (42%)
Glasgow outcome scale-extended pediatrics†			
Good outcome (scores 1–4)	38/75 (51%)	20/38 (53%)	18/37 (49%)
Poor outcome (scores 5–8)	37/75 (49%)	18/38 (47%)	19/37 (51%)

Data are number of patients (%). *Between-group difference (p value=0.90). †Between-group difference (p value=0.73). Despite random assignment, there were missing data for two patients: one patient was lost to follow-up at 3 months, and Glasgow outcome scale-extended pediatrics data were missing for one patient in the normothermia group.

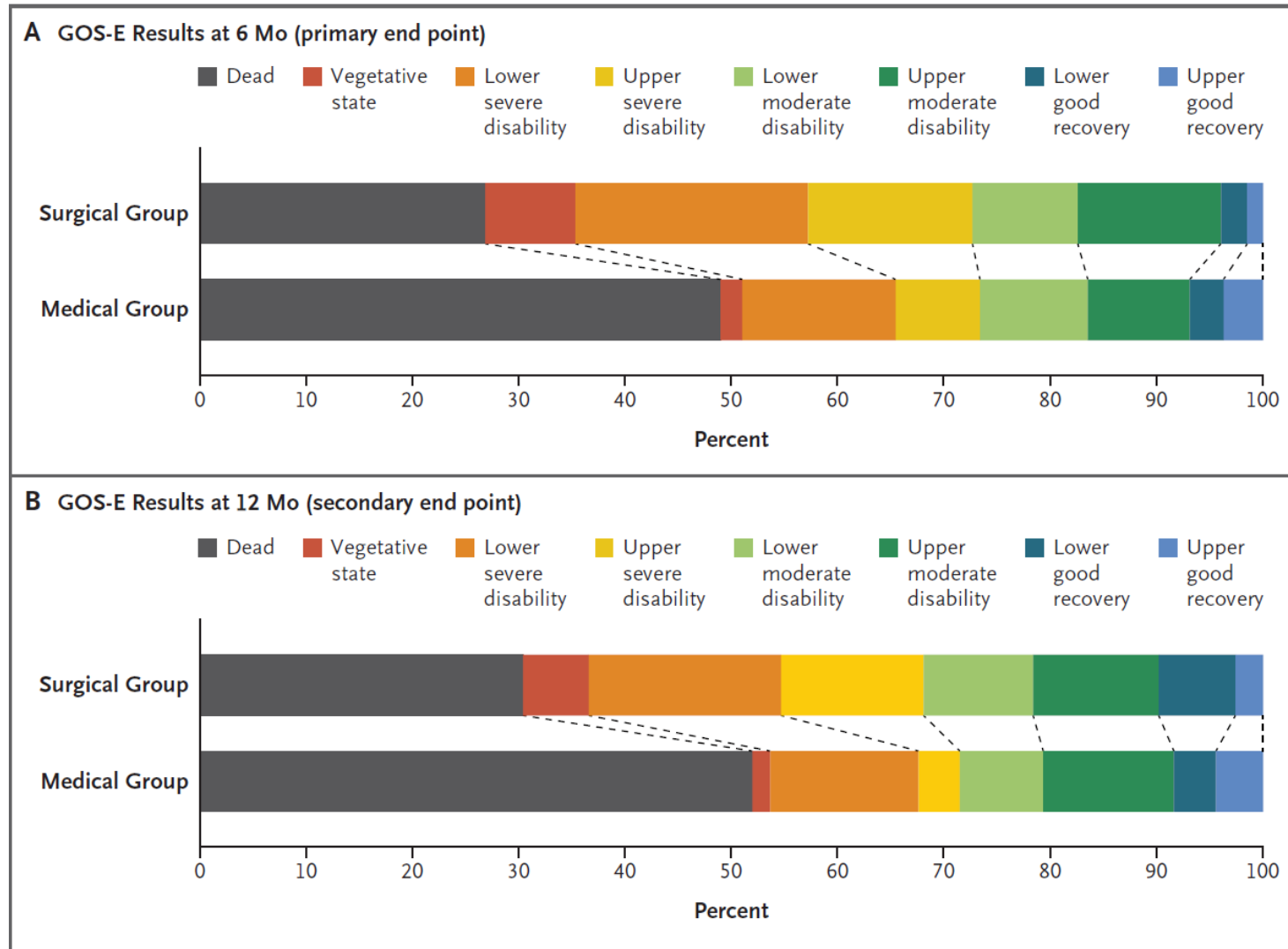
Table 3: Secondary outcomes at 3 months after injury



Barbituráty

- Bolus tiopentalu lze použít ke kontrole akutních vzestupů ICP.
- Kontinuální infúze tiopentalu v dávce 4 mg/kg/hod – ke kontrole přetrvávající nitrolební hypertenze, jako terapie 2. sledu
- Mimořádně lze dávku zvýšit až na 6 mg/kg/hodinu.
- Podmínkou použití barbiturátů je oběhově stabilizovaný pacient. Při použití barbiturátů je nutné předcházet a aktivně korigovat hypotenzi.
- Profylaktické podávání barbiturátů u pacientů není indikované.

Dekompresivní kraniektomie



Děkuji