

# Consideratii anestezice la copilul cu neurotrauma

Rodica Badeti\*

21

## Introducere

Neurotrauma include traumatismele craniocerebrale (TCC) si leziunile medulare (LM), ea reprezentand o cauza importanta de morbiditate si mortalitate in pediatrie. Centrul de preventie si control al bolilor din USA estimeaza ca peste 3000 de copii decedeaza in fiecare an cu TCC si mai multe mii vor ramine cu disabilitati pe viata (1). LM apar doar in 5% din cazurile de neurotrauma (predomina cele cervicale la copilul sub 2 ani), insa rata sechelelor este ridicata (80% raman cu tetrapareză), in ciuda eforturilor sustinute ale echipei formate din reanimator, neurochirurg si chirurgul traumatolog.

## Epidemiologie

Accidentele de circulatie sunt cel mai frecvent incriminate in producerea acestor leziuni; in 30-50% din situatiile survenite sub varsta de 4 ani, neurotrauma este consecinta caderilor sau abuzului (2). Copilul politraumatizat prezinta adesea TCC, din care doar 10-15% sunt severe si mai mult de jumătate se soldeaza cu deces (3). Leziunile directe (primare) sunt reprezentate de fracturi (intilnite frecvent la copilul mare 70% versus 40% la copilul mic), contuzii, plagi intepate, hematoame subdurale (incidenta mare la copilul > 4ani, dar cu mortalitate mai mare sub 1 an), subarahnoidiene si epidurale (1). LM au o incidenta de 60-70% la copilul >12 ani, fiind consecinta accidentelor de masina, dar si a celor sportive. Aproximativ 50% dintre acesti copii decedeaza la locul accidentului, restul au asociat si un TCC. Mortalitatea prin neurotrauma la copil este mai mica comparativ cu adultul, de 2,5% versus 10,4%, rezultatele fiind dependente de factorii de prognostic slabi (vezi tab. 1).

---

\* Rodica Badeti, Compartimentul ATI, Clinica de Chirurgie Pediatrica, Spitalul Clinic de Urgente pentru copii "Louis Turcanu" Timisoara; e-mail: rbadeti@rdslink.ro

Tab. 1. Factori de prognostic slab la copilul cu TCC (4)

Varsta <4ani
Resuscitare cardiorespiratorie
Politrauma
Hipoxie ( $\text{PaO}_2 < 60\text{mmHg}$ )
Hiperventilatie ( $\text{PaCO}_2 < 35\text{mmHg}$ )
Hiperglicemie (glicemia $> 250\text{mg/dl}$ )
Hipertermie (temperatura $> 38^\circ\text{C}$ )
Hipotensiune (presiunea arteriala sistolica $< 5$ PC pentru varsta)
Hipertensiune intracraniana [presiunea intracraniana (PIC) $> 20\text{mmHg}$ ]
Slaba recuperare

### Implicatii fiziopatologice

Anumite particularitati anatomofunctionale pot explica frecventa ridicata a neurotraumei la copil: raport cap/corp crescut, cutie craniana subtire (protectie redusa a continutului), mielinizare incompleta (vulnerabilitate crescuta la leziuni), continut crescut de apa (risc de edem si difuzie a leziunilor). Cele trei faze ale TCC sunt: leziunea primara, cea secundara raspunsului cerebral la trauma si tertiara, consecinta raspunsului sistemic la trauma (5). In neurotrauma copilului, reprezentative sunt leziunea axonala difuza si edemul cerebral. Spre deosebire de adult, la copil, edemul cerebral este important, literatura citand chiar notiunea de "edem cerebral malign". Leziunea cerebrala axonala difuza acompaniaza edemul (fenomen sesizabil de la nastere pana la 16 ani), chiar daca TCC este minor. In acest context, la nivel celular, apar reactii in cascada, cu cresterea glutamatului si activarea receptorilor N-metil D-aspartat (NMDA), care sunt implicati in modularea informatiilor secundare intracelulare. In final va creste calciul intracelular si se produc o serie de reactii chimice ce pot duce la distructia neuronilor. Extinderea leziunilor traumatice (produse de edem si/sau de staza vasculara) va creste precoce PIC si volumul sanguin intracerebral. Valorile normale ale PIC variaza cu varsta; astfel, limita superioara a normalului este de 3.5 mmHg la nou-nascut, 5.8 mmHg la sugar, 6.4 mmHg sub 3 ani, iar la 7 ani ajunge intre 6-13 mmHg. La copil este dificil de a stabili un prag presional intracranial (20-25 mmHg la adult), de la care se initiaza strategia terapeutica. Literatura citeaza cinci studii pediatrice cuprinzand peste 230 subiecti cu TCC grav, la care s-au corelat rezultate slabe cu  $\text{PIC} \geq 20\text{mmHg}$  (6-10). In concluzie, aceasta valoare va ramane de referinta pentru PIC, studii ulterioare trebuie sa demonstreze daca la sugar ea trebuie sa fie mai mica. Managementul HIC este prezentat in figura 1.

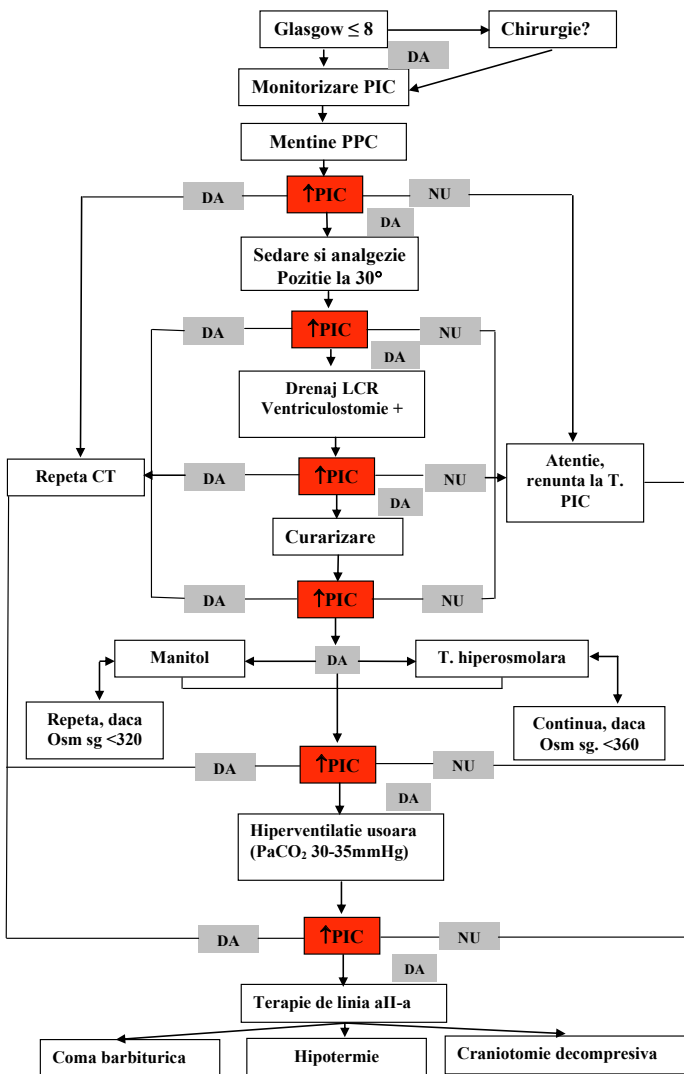


Fig. 1. Algoritm de management al cresterii PIC (20)

Cresterea volumului intracranian va determina o scadere a volumului sanguin (prin vasoconstrictie cerebrala) si/sau a lichidului cefalorahidian (LCR); acestea sunt mecanisme compensatorii, care, daca sunt depasite, permit

dezvoltarea hipertensiunii intracraniene (HIC), fiind mai frecventă la copil (80%), comparativ cu adultul (50%) (5). HIC va afecta presiunea de perfuzie cerebrală (PPC); o scădere sub un prag critic va declanșa ischemia cerebrală, cu apariția leziunilor neuronale și agravarea edemului cerebral; ambele fenomene cresc riscul deplasării și herniei cerebrale. Este important să menținem o valoare optimă a PPC (PPC=TAM-PIC), și anume: >40-50 mmHg la sugar și copilul mic, >50-60 mmHg la copilul mare și >60 mmHg la adolescent. Selecția acestor valori a fost dificilă, datorită limitelor joase de funcționalitate a mecanismului autoreglării (adică valoarea PPC sub care fluxul sanguin cerebral - FSC începe să scadă) (11). Un alt aspect, care se remarcă în neurotrauma copilului, este răspunsul hemodinamic, adică puseele de hiper/hipotensiune care pot să apară. Hipertensiunea arterială (HTA) poate fi cauzată de durere, agitație sau chiar de HIC. Ea poate contribui la formarea edemului cerebral în regiunile cu paralizie vasomotorie și creștere a FSC; ca atare, este important ca TA să fie controlată terapeutic. Dacă HTA este secundară creșterii PIC, se va urmări reducerea acesteia în scop terapeutic. Dacă HIC este redusă (aceasta fiind cauza HTA), se recomandă analgezie și sedare. Lipsa de răspuns la aceste tratamente poate fi cauzată de răspunsul nespecific la leziunea cerebrală, HTA fiind asociată cu o creștere a stimulării cardiace și a nivelului de catecolamine. Propanololul sau labetalolul pot fi eficiente în controlul TA și a tahicardiei, fără să crească PIC.

Episoadele de hipotensiune arterială pot fi consecința unor sangerări (>50% din TCC apar în cadrul politraumei) sau pot fi neurogene (prin mecanism neelucidat până în prezent), explicate probabil prin epuizarea rezervelor de catecolamine. La copilul sub 1 an, hematoamele craniene pot conține între 30-50% din volumul sanguin; de asemenea, fractura de bază de craniu sau hematomul epidural pot declanșa episoade de hipotensiune arterială prin hipovolemie. În acest context, terapia cu manitol sau diuretice poate agrava situația. La adolescenți acest fenomen nu s-a evidențiat, hipotensiunea fiind declanșată de o altă leziune asociată celei craniene. Scopul medicului este să minimalizeze efectele neurologice secundare leziunii, care contribuie într-o mare măsură la morbiditate și mortalitate prin neurotrauma.

### **Evaluarea pacientului**

Copilul cu neurotrauma va fi supus inițial la: evaluare primară (identificare a leziunilor amenințătoare de viață și a celor care necesită intervenție chirurgicală de urgență), măsuri de resuscitare (asigurarea libertății căilor aeriene - intubație traheală după montarea gulerului cervical, ventilație cu oxigen, masaj cardiac extern), urmate de cele de stabilizare a pacientului (toraco/pericardocenteza, hemostaza provizorie, abord venos, investigații,

evaluarea stării de conștiență - scor Glasgow). În etapa de evaluare secundară (după verificarea „din cap până în picioare” a pacientului), se face radiografia cervicală laterală și, după situație, tomografia computerizată craniană (recomandată dacă: Glasgow < 8, există deficit motor, convulsii, politrauma, fractura de craniu, pierdere de lichid cefalorahidian etc.).

Analiza leziunilor asociate - frecvent întâlnim afectare medulară, toracică și/sau abdominală - ele contribuie la dezvoltarea leziunilor cerebrale secundare, consecința hipotensiunii și hipoxemiei.

Determinarea nivelului de conștiență se face cu scala Glasgow, adaptată vârstei (12); Un scor Glasgow  $\leq 13$  este asociat cu leziuni cerebrale ușoare, între 12-9 leziuni medii, iar  $\leq 8$  leziuni grave. Prezenta semnelor neurologice, un Glasgow  $\leq 13$  sau o scădere mai mare de 2 unități (3) față de evaluarea anterioară, apariția convulsiilor (care nu sunt rare) sunt indicatori de efectuare a tomografiei cerebrale (13). Adelson PD și colaboratorii (14) au elaborat un ghid de management la copilul cu leziune craniană severă (vezi tab. 2), care face referința la diferiți parametri ce sunt recomandabili să fie atinși anterior anesteziei propriu-zise.

Tab. 2. Ghid pentru managementul neurotraumei la copil (după Adelson PD și colab.)

PARAMETRII	RECOMANDARI
Glicemia	Evita soluțiile glucozate Mentine glicemia < 200-250mg/dl
Temperatura	Evita hipertermia Evita hipotermia (32-34°C)
Fluxul sanguin cerebral și PaCO <sub>2</sub>	Evita hiperventilația ușoară și profilactică (PaCO <sub>2</sub> < 35mmHg) Hiperventilația ușoară când există hernie cerebrală Hiperventilație ușoară în HIC refractară la alte terapii
Presiunea arterială sistolică (TAs)	Mentine TAs cel puțin la limita inferioară ( $\geq 5$ PC) sau în limite normale ( $\geq 50$ PC)
Presiunea de perfuzie cerebrală	Mentineti PPC >40 mmHg sau corespunzător vârstei, încearcă să fie între 40-65 mmHg
Presiunea intracraniană	Monitorizare - dacă Glasgow <9 Tratament - dacă $\geq 20$ mmHg Ventriculostomie sau cateter intraparenchimos
Soluții hipertone	Soluție 3% - 0,1-1 ml/kg/oră Manitol 0,25 - 1 ml/kg/oră

### Imobilizarea coloanei cervicale

Copilul sub 6 luni, trebuie imobilizat folosind un cadru dur, pe care se fixeaza capul cu o banda de leucoplast, dupa plasarea unui camp rulat sub gat. La sugarul peste 6 luni se poate folosi acelasi tip de imobilizare (descrie mai sus) sau se recurge la aplicarea gulerului cervical rigid. Pana la varsta de 7 ani, campul rulat poate fi aplicat sub torace, deoarece asigura o aliniere a coloanei si elimina necesitatea hiperflexiei exagerate necesara pentru laringoscopia. Copilul mai mare de 8 ani necesita un guler mediu. Imobilizarea cervicala elimina evolutia leziunilor medulare.

### Managementul cailor respiratorii

Managementul cailor respiratorii prevede criteriile clare de intubatie traheala la copilul cu neurotrauma (15), pentru protectia cailor respiratorii si terapia HIC (vezi tab. 3).

Tab. nr. 3. Criterii de intubatie traheala la copilul cu neurotrauma

Scor Glasgow $\leq 10$
Scadere a scorului independent de valoarea initiala
Anizocorie $>1$ mm
Leziune medulara cu compromiterea ventilatiei
Apnee
Hipercapnie PaCO <sub>2</sub> $>45$ mmHg
Pierdere reflexelor faringiene
Hiperventilatie spontana pentru PaCO <sub>2</sub> $<25$ mmHg

Studiul lui Gausche M si colaboratorii (16) nu a evidentiat superioritatea intubatiei in prespital, comparativ cu ventilatia pe masca, din punct de vedere al analizei ratei mortalitatii. Intubatia oro-traheala (este contraindicata intubatia nazotraheala la pacientii cu fractura de baza de craniu) se face prin laringoscopia directa, dupa ventilatie cu oxigen 100%, folosind tehnici de inductie rapida (toti pacientii traumatizati trebuie considerati cu stomacul plin si risc de aspiratie pulmonara). Recurgerea la controlul fibroscopic al cailor aeriene (imposibil la copilul agitat) se va face cu prudenta. Coexistenta altor leziuni asociate la cele ale sistemului nervos central precum: laringiene (nerecunoscute pot agrava situatia prin manevre necorespunzatoare) sau faciale (in special cele cu fractura de mandibula, cand se vor evita aspiratiile inutile din zona traumatizata) vor impune atentie marcata si multa indemanare din partea anestezistului.

## CONSIDERATII ANESTEZICE

Evaluarea preanestezica este uneori scurta (cazurile de politrauma cu afectare neurologica si coma), alteori saraca in date (criza de timp dictata de gradul de urgenta); ea impune culegerea de informatii despre copil de la parinti sau apartinatori. Frecvent, se recurge la o formula mnemotehnica, **AMPLE**, ce are urmatoarea semnificatie:

A (allergies) – alergii medicamentoase

M (medications) – medicatie de fond

P (past medical history) – antecedente

L (last meal) – ultima masa

E (event leading to injury and invironment) – circumstantele accidentului.

Scopul anesteziei sunt evitarea cresterii PIC si mentinerea intre limite normale a PPC; orice crestere a PIC sau scadere a TAM va determina scaderea PPC.

### Tehnica anestezica

Selectarea tehnicii anestezice (generale sau loco-regionale) va fi dependenta de severitatea leziunilor, starea hemodinamica a pacientului, procedura chirurgicala etc.

Abordarea chirurgicala (acolo unde situatia o impune) este interdisciplinara, conceptul actual fiind de rezolvare a tuturor leziunilor traumatice intr-un singur timp anestezic.

In general, premedicatia nu este necesara, iar la copilul instabil hemodinamic trebuie obligatoriu evitata.

### Inductia

Agentii anestezici (vezi tab. 4) trebuie sa permita o inductie rapida, sa mentina stabilitatea hemodinamica, sa nu creasca PIC, iar riscul de aspiratie pulmonara sa fie minim (daca intubatia traheala nu a fost efectuata in departamentul de urgenta).

Tab. 4. Efectele substantelor anestezice asupra ratei metabolice cerebrale de oxigen, presiunii intracraniene si a dinamicii autoreglarii

AGENT	FSC	RMCO <sub>2</sub>	PIC	AUTOREGLARE
Tiopental	↓↓	↓↓	↓↓	mentinuta
Propofol	↓↓	↓↓	↓↓	mentinuta
Etomidat	↓	↓	↓	mentinuta
Benzodiazepina	↓	↓↓	↓	mentinuta

AGENT	FSC	RMCO <sub>2</sub>	PIC	AUTOREGLARE
Ketamina	↑↑	–	↑↑	necunoscuta
Halotan	↑↑	↓	↑↑	abolita
Izofluran	↑	↓↓	↑	mentinuta
Sevofluran	↑	↓↓	↑	mentinuta
Desfluran	↑	↓↓	↑	mentinuta
Protoxid de azot	↑	↑	↑	mentinuta
Opioizi	–	–	–	mentinuta
Lidocaina	↓	↓↓	↓	↓ mentinuta

Barbituricele, etomidatul, propofolul au o actiune de vasoconstrictie cerebrala, cauzeaza scaderea fluxului sanguin cerebral si a ratei metabolice cerebrale (RMCO<sub>2</sub>) si pot reduce presiunea intracraniana (vezi in tab. nr. 5 schemele medicamentoase propuse pentru intubatie).

Tab. nr. 5. Propuneri de medicatie pentru intubatia copilului cu neurotrauma

INSTABIL HEMODINAMIC	STABIL HEMODINAMIC
I. Etomidat 0,2-0,6 mg/kg Lidocaina 1 mg/kg Rocuronium 1 mg/kg sau Vecuronium 0,3 mg/kg II. Fentanil 2-4 µg/kg Lidocaina 1 mg/kg Rocuronium 1 mg/kg sau Vecuronium 0,3 mg/kg	I. Etomidat 0,2-0,6 mg/kg Lidocaina 1 mg/kg Midazolam 0,1-0,2 mg/kg Rocuronium 1 mg/kg sau Vecuronium 0,3 mg/kg II: Fentanil 2-4 µg/kg Lidocaina 1 mg/kg Midazolam 0,1-0,2 mg/kg Rocuronium 1 mg/kg sau Vecuronium 0,3 mg/kg III: Tiopental 3-5 mg/kg Lidocaina 1 mg/kg Rocuronium 1 mg/kg sau Vecuronium 0,3 mg/kg

La copilul politraumatizat, tiopentalul trebuie utilizat cu precautie, deoarece este depresor miocardic, poate scadea debitul cardiac si presiunea arteriala, in consecinta are impact asupra PPC. Aceste efecte sunt mai pronun-



tate in caz de hipovolemie, situatie in care se poate recurge la etomidat ca si agent inductor. Etomidatul asigura stabilitate hemodinamica si protectie cerebrala, fiind agentul anesteziic ideal in inductia pentru copilul cu traume multiple si chirurgie de urgenta. Ketamina se va folosi doar la pacientii instabili hemodinamic, in rest, in traumatismele craniene si medulare, pot fi utilizati tiopental, propofol si opioizi in doze mici. Lidocaina este medicatia adjuvanta pentru prevenirea cresterii PIC prin laringoscopie si intubatie (trebuie folosita cu precautie la copilul sub 1 an, prin riscul de aparitie a tulburarilor cardiace, alergiilor si methemoglobinemiei).

Agentii inhalatori (halotanul, izo/sevo/desfluranul) determina vasodilatatie cerebrala, insa sevofluranul, la  $MAC < 1$ , nu creste fluxul cerebral, comparativ cu alti agenti. Datorita proprietatilor sale, sevofluranul in concentratii reduse poate fi considerat anesteziic inhalator „preferat” la copilul cu neurotrauma (17). Protoxidul de azot creste PIC.

Relaxantele musculare au un mic efect pe circulatia cerebrala, frecvent recurgandu-se la succinilcolina (cu sau fara protectie de relaxant nedepolarizant pentru reducerea fasciculatiilor) sau rocuronium. Cand se suspicioneaza o intubatie dificila, se poate opta pentru succinilcolina. Hiperpotasemia poate sa apara dupa administrarea sa la copilul cu: TCC acut inchis fara deficit motor sau hipoxemie cerebrala severa dupa inec, hemoragie subarahnoidiana, accident cerebrovascular cu pierdere de substanta cerebrala si leziune medulara (18). Daca pacientul este muribund, se tenteaza intubatia sub anestezie locala a laringelui, dupa administrarea intravenoasa de benzodiazepina si/sau opioid.

Accesul intravenos poate fi dificil. Vena safena este frecvent folosita la copil. Dupa doua tentative de punctie venoasa periferica esuate (timp 90 secunde), se va decide realizarea unui abord intraosos. Cateterizarea unei vene centrale se poate realiza, daca situatia o impune, dupa inductie de catre o persoana experimentata.

Aportul lichidian - solutiile cristaloide izotone sunt folosite intraanesteziic; cele saline hipertone sunt recomandate pentru ameliorarea PPC si scaderea PIC. Solutiile hipotone trebuie evitate, iar coloidele sunt controversate (HAES-ul are rol in exacerbarea coagulopatiei), desi chiar si numai un TCC izolat sau unele leziuni ale scalpului pot duce la hipovolemie (acesta necesitand terapie de refacere volemica).

Monitorizarea este standard. La pacientul instabil hemodinamic se poate recomanda montarea unui cateter arterial (ce va permite masurarea presiunii arteriale si prelevari ale gazelor sanguine). Monitorizarea presiunii venoase centrale si saturatiei venoase in oxigen din vena jugulara interna ( $SjO_2$ ) impune montarea unui cateter venos central.  $SjO_2$  este un indicator

care ne poate ghida In situatia cand se recurge la terapia HIC prin hiperventilatie. Monitorizarea PIC a fost sugerata in urmatoarele circumstante: modificari la nivelul tomografiei cerebrale, un scor Glasgow intre 3 si 8, modificari de postura sau aparitia unui episod de hipotensiune arteriala. Curent se recurge la cateter intraventricular (acesta permitand si drenajul lichidului cefalorahidian cand situatia o cere), insa se poate monta si cateter intraparenchimos, selectia fiind dictata de preferinta medicului. Temperatura va fi monitorizata obligatoriu, in special la copilul mic si sugar, existand riscul de aparitie a disfunctiilor hipotalamice posttraumatice.

### **Mentinerea anestezica**

Alegerea agentului anestezic se va face in functie de starea pacientului.

Agentul inhalator recomandat este sevofluranul, la MAC <1 neavand impact pe hemodinamica.

Miorelaxantele uzual folosite sunt rocuronium, atracurium, vecuronium sau chiar pavulonul, cand nu avem alta alternativa.

Opioizii (fentanil, remifentanil, sufentanil) pot fi folositi in doze mici, pentru a suplimenta anestezicul volatil. Tobias JD (19) a raportat o crestere a PIC la un copil cu TCC inchis, la care s-a administrat fentanil si care a raspuns la hiperventilatie si barbiturice. Mecanismul cresterii PIC-ului a ramas necunoscut, se iau in considerare efectele vasodilatator cerebral si mecanismul autoreglarii cerebrovasculare produse de opioizi. Totusi, sunt necesare studii suplimentare de analiza a efectelor opioizilor pe parametrii hemodinamici.

Intraanestezic este posibil sa apara modificari ale PIC determinate de manipulari chirurgicale. Evacuarea unui hematom intracranian poate induce urmatoarele situatii:

- ischemie cerebrala prin cresteri bruste ale PIC in timpul craniotomiei;
- sangerare controlaterala prin variatii presionale in timpul decompresiei;
- deplasare a masei cerebrale, deoarece autoreglarea nu este functionala;
- hipotensiune intracraniana si leziuni de reperfuzie in timpul inchiderii.

### **Trezirea**

Detubarea se va face pe pacient treaz cu reflexul de tuse prezent. Extubatia precoce are avantajul perimiterii evaluarii neurologice precoce, dar si riscul resangerarii. Prelungirea intubatiei postoperator va permite un mai bun control hemodinamic, dar o evaluare neurologica mai tardiva, necesitand transferul pacientului in unitatea de terapie intensiva. Dupa evacuarea unui hematom epidural, pacientii sunt extubati precoce.

## Analgezia postoperatorie

Se pot asocia paracetamol intravenos cu antiinflamatoare nesteroidiene si opioide (fentanil 1-2µg/kg sau alfentanil 10-40µg/kg).

## CONCLUZII

Neurotrauma la copil este relativ frecventa, avand impact pe indicele de mortalitate; edemul cerebral si leziunea axonala difuza sunt modificarile implicate in fiziopatologia acestui tip de trauma. Alterari ale FSC, RMC<sub>2</sub>, PIC, autoreglarii cerebrale si statusului hemodinamic contribuie la aparitia leziunilor secundare. Orice TCC, politrauma sau trauma produsa printr-un mecanism necunoscut cu leziuni deasupra claviculei, trebuie sa aiba in vedere posibilele LM si sa necesite imobilizarea coloanei (in special cervicale) pana la infirmarea leziunilor. Scaderea nivelului de constienta, un scor Glasgow <9, in context de neurotrauma impune intubatie traheala pentru protectia cailor respiratorii si terapia HIC. Se vor evita hiperglicemia, hipertermia, hipoxia, hipotensiunea sau HTA. Tehnica anestezica selectata va evita cresterea ale PIC si va fi adaptata starii pacientului. Barbituricele, etomidatul sau propofolul pot fi utilizate in inductia anestezica, iar sevofluranul la MAC<1 poate fi ales pentru mentinere. Monitorizarea este standard; dupa caz, se poate completa cu calea invaziva (cateter arterial, venos central si intraventricular sau parenchimatous).

## BIBLIOGRAFIE

1. Natale JE, Bell MJ. Brain and spinal cord trauma. In: Motoyama EK, Davis PJ Anesthesia for infants and children, VIIth edition 2006, p. 796-830.
2. Dashti SR, Decker DD, Razzaq A, Cohen AR. Current patterns of inflicted head injury in children. *Pediatr Neurosurg* 1999;31:302-6.
3. Levin HS, Ewing Cobbs L, Eisenberg HM. Neurobehavioral outcome of pediatric closed head injury. In: Borman SH, Michel ME. Traumatic head injury in children. New York, 1995.
4. Vavila M. Anaesthetic considerations for paediatric neurotrauma. *Euro-anesthesia* 2007; 3: 65-72.
5. Vavilala MS, Lam AM. Perioperative considerations in pediatric traumatic brain injury. *Int Anesthesiol Clin* 2002; 82: 69-82.
6. Shapiro K, Marmarou A. Clinical applications of the pressure-volme index in treatment of pediatric head injuries. *J Neurosurg* 1982; 56:819-25.
7. Phenninger J, Kaiser G, Lutschg J, et al. Treatment and outcome of the severely head injured child. *Intensive Care Med* 1983;1:13-6.
8. Esparza J, M-Portillo J, Sarabia M, et al. Outcome in children with severe head injuries. *Childs Nerv Syst* 1985;1:109-14.
9. Sharples PM, Stuart AG, Matthews DSF, et al. Cerebral blood flow and metabolism in children with severe head injury. Part I: Relation to age, Glasgow coma score, outcome, intracranial pressure and time after injury. *J Neurol Neurosurg Psychiatry* 1995; 58:145-52.
10. Downard C, Hulka F, Mullins RJ, et al. Relationship of cerebral perfusion pre-sure and survival in pediatric brain-injured patients. *J Trauma* 2000; 49: 654-8.
11. Division of injury control, Center for environmental health and injury control, Centers for disease control. Childhood injuries in the United States. *Am J Dis Child* 1990; 144: 627-46.
12. Marcini JP, Pollack MM. Triage scoring systems, severity of illness measures, mortality prediction models in pediatric trauma. *Crit Care Med* 2002; 30: S457-67.

13. Dykes EH. Pediatric trauma. Br J Anaesth 1999; 83: 130-8.
14. Adelson PD, Bratton SL, Carney NA, et al. Guidelines for the acute medical management of severe traumatic brain injury in infants, children and adolescents. Ped Crit Care Med 2003; 4:S72-5.
15. Kochanek PM, Forbes ML, Ruppel R, et al. Severe traumatic brain injury in infants and children. Pediatric Critical Care 2006; 107:1596-608.
16. Gausche M, Lewis RJ, Sratton SJ, et al. Effect of out-of-hospital pediatric endotracheal intubation on survival and neurological outcome; a controlled clinical trial. JAMA 2000; 283: 783-90.
17. Monkhoff M, Schwarz U, Gerber A, et al. The effects of sevoflurane and halothane anesthesia on cerebral blood flow velocity in children. Anesth Analg 2001; 92: 891-6.
18. Bracco D, Bissonnette B. Neurosurgery and neurotraumatology: anesthetic considerations and post-operative management. In: Bissonnette B, Dalens B Pediatric anesthesia-principles and practice. Ed. McGraw-Hill 2002, p. 1120-53.
19. Tobias JD. Increased intracranial pressure after fentanyl administration in a child with closed head trauma. Pediatr Emerg Care 1994; 10: 89-90.
20. Guidelines for the acute medical management of severe traumatic brain injury in infants, children and adolescents. Critical pathway for the treatment of established intracranial hypertension in pediatric traumatic brain injury. Pediatr Crit Care Med 2003;4(3):S65-70.