

# Dětská anestézie a perioperační péče

Vladimír Mixa, Oto Vavrek

## 1 Fyziologické poznámky

K úspěšnému zvládnutí anestézie dítěte je nezbytně nutné znát zásadní fyziologické, patofyziologické a farmakologické odlišnosti dětského věku, které průběh onemocnění i anestézie významně ovlivňují.

O dětech jako o jednotné věkové skupině lze těžko hovořit, je proto užitečné respektovat dělení dětského věku na:

- Novorozenec: do 28 dnů života (zvláštní péči vyžadují novorozenci předčasně narození a novorozenci s nízkou porodní váhou)
- Kojenec: do 1 roku života
- Batole: do 3 let
- předškolní věk: 3 - 6 let
- školní věk: 6 - 15 let, v druhé půli tohoto období přichází puberta.

Během prvních 15 let života vzroste váha jedince 20 - 30x, výška 4 - 5x a všechny systémy dětského organismu prodělají mezi obdobím novorozeneckým a dospělostí významné změny.

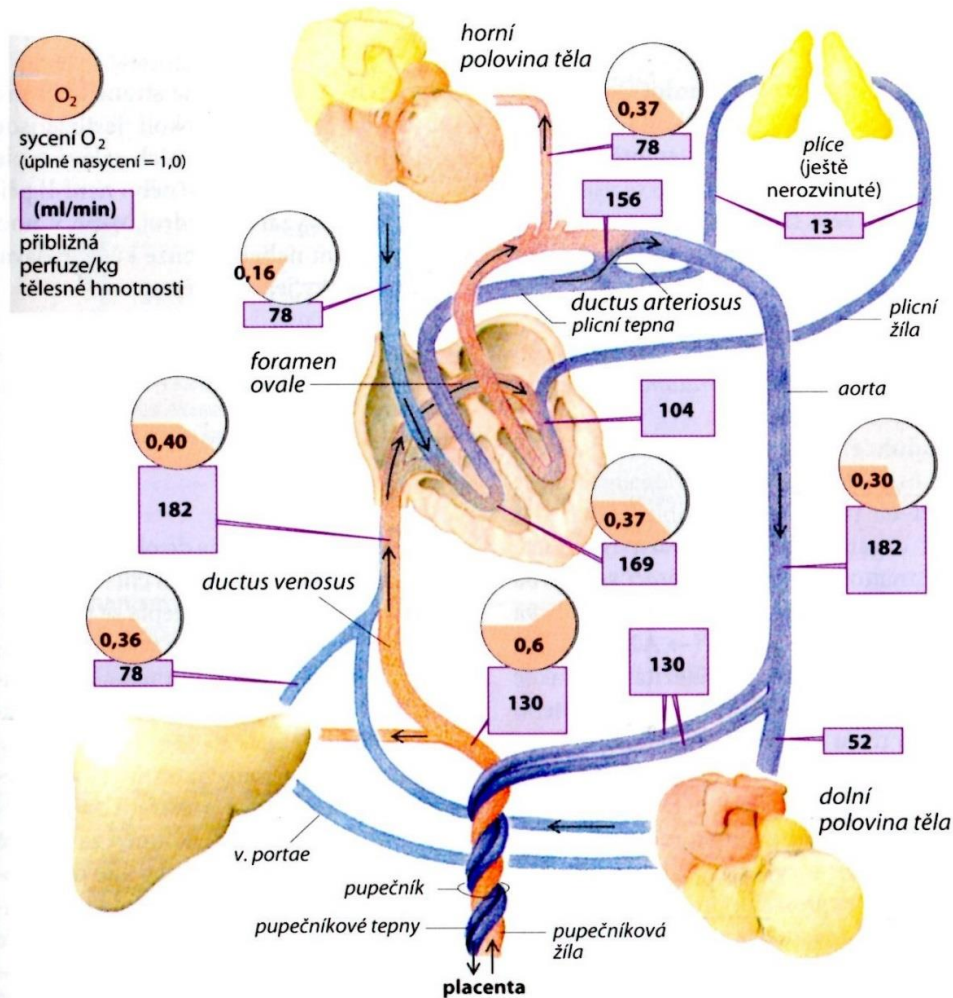
### 1.1 Oběhový systém

Po porodu se fetální typ cirkulace závislý na dodávce kyslíku a živin placentou mění v novorozenecký. Je ukončen přívod placentární krve a funkčně zaniká foramen ovale, komunikace mezi pravým a levým srdcem. Krev z pravé komory, dosud Botallovou dučejí vedená z plicnice do oblouku aorty, je po rozepjetí plicního parenchymu a otevření plicního cévního řečiště vháněna do plicní cirkulace. Již nepotřebná dučej se po 24 hodinách uzavírá funkčně a po třech týdnech anatomicky. Pozoruhodná je nízká saturace krve kyslíkem v jednotlivých oddílech cirkulace plodu.

Anatomické uspořádání oběhového systému dětí opouštějících novorozenecký věk se již neliší od dospělých. Srdce dítěte však obsahuje méně kontraktálních vláken (30 % ve srovnání s 60 % v dospělosti) a tudíž není schopno se stáhnout s takovou silou jako myokard dospělého. Systolický objem je pouhé 4 - 5 ml, minutový objem srdeční novorozence je při frekvenci 120/min 500 - 600 ml/min. Relativní minutový objem srdeční u malých dětí je 2 - 3x větší než u dospělého a dítě jej nedokáže zvýšit jinak, než zvýšením frekvence. Sympatická stimulace systému má tedy především chronotropní a podstatně méně inotropní účinek. Bradykardie, ať způsobená stimulací vagu či hypoxická, je velmi nebezpečná (tab. 1). Krevní tlak novorozence je podstatně nižší než u dospělého jedince. Je-li to jen trochu možné, je třeba odložit anesteziologický výkon 24 - 48 hodin po narození aby se mohly uplatnit všechny adaptační mechanismy přechodu z cirkulace plodu na cirkulaci dospělého typu. Vzhledem k tomu, že krev v těle novorozence cirkuluje převážně v mozku a útrokách a svalová hmota je ve srovnání s dospělým relativně menší, nachází se oběh ve stavu centralizace a tento kompenzační mechanismus je při krevní ztrátě oslaben.

### 1.2 Dýchací systém

První aktivní nádechy dítěte po narození způsobí rozepjetí plicního parenchymu. Tekutina, kterou jsou plíce vyplněny, přestoupí do plicních kapilár a na alveolokapilární membráně může docházet k výměně dýchacích plynů. Kvalita ventilace plic novorozence je závislá na přítomnosti dostatečného množství surfaktantu, který je tvořen z největší části v 35. - 36. gestačním týdnu. Jeho nedostatek u předčasně narozených způsobuje kolaps alveolů a z toho plynoucí dechovou tíseň (RDS). Jeho další tvorba je v novorozeneckém období ohrožena hypoxií i hyperoxií, acidózou a hypotermií.



**Obrázek 1** Schéma fetální cirkulace a saturace krve kyslíkem v příslušném místě cirkulace

**Tabulka 1** Obvyklé hodnoty krevního tlaku (v torrech) a srdeční frekvence (za minutu) u dětí

Věk	systola	diastola	srdeční frekvence
nedonošenec	50 - 60	30 - 40	125 - 170
novorozenec	70 - 80	40 - 50	125 - 150
3 - 6 měsíců	80 - 90	50 - 60	120 - 140
1 rok	90 - 100	60 - 80	110 - 130
5 let	95 - 100	50 - 80	90 - 100
12 let	110 - 120	60 - 70	80 - 100

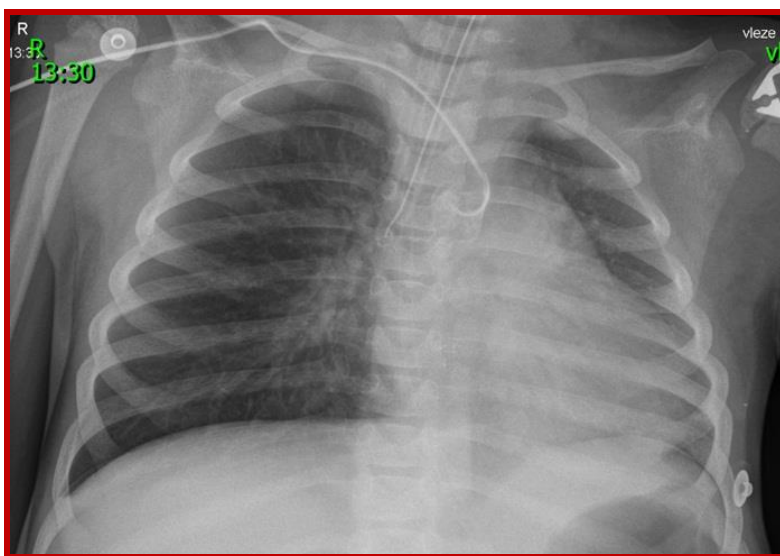
Žebra malého dítěte jsou v tzv. inspiračním postavení, poddajnost hrudníku a plic je nízká. Dýchání malého dítěte je převážně brániční, to znamená, že každé zvětšení náplně dutiny břišní (ileus, ascites, perforace střeva) snižuje prostor pro exkurze plic a dítě velmi rychle ohroží rozvojem respiračního selhání. Vzhledem k relativně nízkým dechovým objemům lze zvýšenou potřebu kyslíku uspokojit pouze zvýšením dechové frekvence. Alveolární ventilace je přibližně 2x vyšší než u dospělého a její snížení, např. zvětšením mrtvého prostoru nevhodně sestaveným okruhem dýchacího přístroje, zapříčiní rychle hypoxemii (tab. 2). Regulace

dýchání zejména u novorozenců je nedostatečně vyvinuta, kašlací reflex je nedokonale vyvinutý, je zvýšené nebezpečí aspirace. Hypoxie velmi rychle vede k bradykardii.

Anatomická stavba dýchacích cest dítěte je charakterizována odlišnostmi, které se v urgentní medicíně jeví důležité. Úzké nosní průduchy, relativně velký kořen jazyka, volné měkké patro a vysoko postavená epiglotis komplikují snahu o udržení volných dýchacích cest. Hrtan je umístěn výše, na úrovni C3-C4 a poněkud anteponován. Anatomie oblasti hrtanu jeví, podobně jako u dospělého, velké interindividuální rozdíly a může vést až k obtížnému zajištění dýchacích cest (difficult airways). Subglotický prostor je nejužším místem dýchacích cest dítěte a dýchací trubice je relativně úzká, oválného průřezu, každá retence sekretu vede rychle k její obturaci. Velikosti obvyklé v dospělosti dosahuje hrtan v pubertě, tedy se také stává nejužším místem dýchacích cest hlasová štěrbin (obr. 2). Reaktivita sliznice dýchacích cest dítěte je obecně vysoká a jejich průchodnost může být rychle omezena vznikem edému. Oba bronchy odstupují zhruba v úhlu  $55^\circ$  a ne s tupým úhlem odstupu pravého bronchu jako u dospělých.

**Tabulka 2** Srovnání základních ventilačních parametrů novorozence a dospělého, které jsou významné pro anestezii

	novorozenec	dospělý
dechová frekvence f (l/ml)	40-60	12-16
dechový objem VT (ml/kg)	6	7
mrtvý prostor VD (ml/kg)	2,2	2,2
alveolární ventilace $V_A$	100-150	60
poměr $V_A : Frc$	5 : 1	1,5 : 1



**Obrázek 2** RTG hrudníku novorozence dobře viditelná konfigurace žeber v tzv. inspiračním postavení. Patrná je též endotracheální rourka a centrální žilní katetr umístěný artificialně v levé síni.

### 1.3 Vylučovací systém

Vzhledem k prenatálně nízkotlaké perfúzi je snižená glomerulární filtrace a novorozenec nemusí močit ještě 24 hodin po porodu, poté se však tlakové poměry v ledvinách normalizují a očekáváme, podobně jako u většího dítěte, minimální diurézu 1 ml/kg/hod. Celková tělesná voda u novorozence tvoří asi 75 - 80 % hmotnosti a denní obrat tekutiny dosahuje 15 %. Vinou nedostatečné reabsorpce primární moči v distálním tubulu je novorozenec schopen produkovat

moč koncentrovanou maximálně na specifickou hmotnost 1025. Z téhož důvodu dochází k vysokým ztrátám kalia, natria a bikarbonátu, které je nutné sledovat a hradit. Snížená exkreční schopnost ledvin malého dítěte zpomaluje vylučování řady léků. Renální funkce poměrně rychle dozrávají a úrovně srovnatelné s ledvinami dospělého by měly dosáhnout přibližně po deseti týdnech.

#### 1.4 Játra

Po narození zůstává nedostatečně rozvinuta zejména detoxikační schopnost jater projevující se mimo jiné zpomalenou metabolizací léků, a uhlohydrátový metabolismus, to znamená zásoby glykogenu v játrech a jejich utilizace. K normě tyto funkce dozrávají asi v 10. - 12. týdnu života. Uhlohydrátové rezervy se tvoří až v 26. - 40. gestačním týdnu, nedonošené děti mají tedy zásoby glykogenu velmi chudé. Hladina glukózy v krvi novorozence je 2,7 - 3,3 mmol/l, a protože pokles glykemie během zátěže velmi rychle nahrazuje úvodní stresovou hyperglykemií, je nutné hladinu krevního cukru sledovat a při poklesu pod 1,6 mmol/l hradit 10% glukózou v dávce 2 ml/kg. Balancovaný krystaloidní roztok **Benelyte** s přídatkem 1% glukózy, určený pro podávání malým dětem v průběhu anestézie, zabrání významnějším poklesům glykemie.

I po 12. týdnu života zůstává nedostačující syntéza K dependentních koagulačních faktorů (II, VII, IX a X) a je proto nutná substituce vitamínem K.

V krevním obraze novorozence dominuje polyglobulie způsobená vysokým počtem erytrocytů s obsahem fetálního hemoglobinu, který je pozvolna nahrazován hemoglobinem dospělého typu až k obvyklým hladinám, kterých je dosaženo kolem šestého měsíce věku dítěte (tab 3). Krevní objem novorozence je 70 - 90 ml/kg, tedy 7 - 9 % tělesné hmotnosti (65 - 70 ml/kg u dospělého). S uvedeným množstvím cirkulujícího objemu lze počítat po celý dětský věk. Hodnota celkové bílkoviny je od novorozeneckého věku po dospělost v rozmezí od 55 do 70 g/l. Podobně se v průběhu dospívání neliší základní biochemické hodnoty.

Metabolizací fetálního hemoglobinu a nezralostí glukuronyltransferázy je způsoben ikterus novorozenců. Hladina bilirubinu přes 340 μmol/l může vážně poškodit CNS. U nedonošených dětí je zejména v kombinaci s hypoxií a acidózou nebezpečná hodnota již kolem 150 μmol/l.

**Tabulka 3** Srovnání hodnot hemoglobinu a hematokritu v průběhu dospívání.

Období od 3. do 6. měsíce je označováno jako období fyziologické anemizace

Věk	Koncentrace hemoglobinu (g/l)	Hematokrit
pupečnicková krev	137 - 201	0,45 - 0,66
2 týdny	130 - 200	0,42 - 0,66
3 měsíce	95 - 145	0,31 - 0,41
6 měsíců - 6 let	105 - 140	0,33 - 0,42
7 - 12 let	110 - 150	0,34 - 0,40
<b>Dospělí</b>		
Ženy	120 - 160	0,37 - 0,47
Muži	140 - 180	0,42 - 0,52

#### 1.5. Centrální nervový systém

Stav centrálního nervového systému dítěte neodpovídá stavu v dospělosti. Mozek novorozence je sice relativně větší než u dospělého stejně jako hlavička dítěte má ve srovnání s tělem výrazně větší hmotnost než u dospělého. Mozek po narození dozrává značně pomaleji než ostatní orgány a řada běžně podávaných léků ovlivňuje jeho dozrávání ještě ve čtvrtém roce života. Hovoří se o takzvané **neurotoxicitě** léků na dětský mozek, která se týká i inhalačních nebo intravenozních anestetik (isofluran, N<sub>2</sub>O, ketamin a další) Obranou proti neurotoxicitě je uvážlivá indikace anestézie v dětském věku, optimální výběr anestetik, (např. sevofluran, opioidy) a zbytečné neprodávání délky anestézie.

Durální vak novorozence dosahuje na úroveň S4 (S1 v jednom roce), mícha zasahuje na úroveň L3 (L1 v jednom roce). Na popsání změny anatomických poměrů se podílí zejména

posturalizace dítěte po prvním roce života. Tyto údaje jsou velmi důležité při uplatňování centrálních svodných technik.

Do prvního roku života není ukončeno dozrávání nervosvalové ploténky ani myelinizace periferních nervů, což má za následek mimo jiné zpomalenou aferentaci bolesti. Je prokázáno, že malé děti vnímají bolest stejně intenzivně jako dospělí a její nedostatečná léčba má stejné fyzické i psychologické následky. Nízká úroveň myelinizace motorických vláken A alfa, beta a gama spolu s pozvolným dozráváním nervosvalové ploténky zapříčiní motorickou neobratnost malého dítěte.

Vegetativní nervový systém je charakterizován zvýšeným tonem parasymptiku, tedy vagotonii způsobující bradykardii při podráždění vagových zakončení. Na podráždění reaguje novorozenec generalizovanou reakcí.

Hematoencefalická bariéra je propustnější, což se projeví zejména vystupňovanými nežádoucími účinky některých léků na centrální nervový systém. Klinicky nejdůležitější je útlum dýchání po zvýšeném průniku opiátů a barbiturátů do dechového centra.

### 1.6 Termoregulace

Udržení tepelné pohody dětského pacienta během anestézie je základním předpokladem úspěchu. Ztráty tepla u novorozenců a kojenců jsou větší než u starších dětí pro nepříznivý poměr mezi tělesným povrchem a hmotností a pro nedokonalou tepelnou izolaci, neboť vrstva podkožního tuku se teprve vytváří. Třesová termoregulace prakticky neexistuje a tvorba tepla hydrolýzou tzv. hnědé, fetální tukové tkáně je velmi náročná na spotřebu kyslíku a energeticky velmi nepříznivá. Normální tělesná teplota malého dítěte se pohybuje od 36,3 °C do 37,3 °C. Ideální tepelné prostředí pro péči o novorozené dítě je 31,0 °C, té však lze dosáhnout jedině na specializovaném lůžku. Pokud není k dispozici dostatek aktivních prostředků pro udržování tělesné teploty dítěte, je nutné se snažit maximálně zabránit ztrátám tepla.

Dojde-li k hypotermii, je dítě ohroženo útlumem dýchání, poklesem minutového srdečního výdeje a následnou centralizací oběhu. Narůstá nebezpečí hypoxie z hypoventilace, regurgitace a aspirace žaludečního obsahu. Farmakodynamika většiny podaných léků se mění, jejich účinek se prodlužuje. Dostatečnou tělesnou teplotu během péče o postižené dítě lze zajistit kombinací následujících aktivních a pasivních prostředků a postupů:

- umístění dítěte do vyhřátého prostoru se zamezením proudění vzduchu uvnitř
- použití infrazářiče nebo lépe teplovzdušného ventilátoru s poduškou rozvádějící teplý vzduch kolem pacienta
- ohřívání infuzních roztoků
- použití teplé měkké textilie a potom reflexní folie k zabalení pacienta
- zejména u malých dětí je třeba dbát zahřátí hlavičky, která představuje velkou chladicí plochu.

Tělesnou teplotu můžeme měřit kožním čidlem, jícnovým teploměrem nebo infračerveným tympanálním teploměrem, ideálně teploměrem SpotOn pomocí isotermického kanálu do nitra tkáně a zaznamenávání jeho změn. Moderní zahřívací přístroje regulují teplotu zpětnou vazbou podle údajů z teploměrů, nikoliv jen podle nastavení termostatu.

## 2 Farmakologické poznámky

V následujících odstavcích jsou shrnuty farmakologické odlišnosti dětského věku a krátce charakterizovány jednotlivé skupiny léků užívaných v anestézii dítěte.

*Absorpce* léků je nejnižší v novorozeneckém věku, nižší než u kojenců i dospělých jedinců. V případě perorálního podání se na tom významně podílí nižší acidita žaludeční šťávy a nezralost žaludeční sliznice novorozence, v případě intramuskulárního podání je příčina ve vysokém obsahu vody ve svalové tkáni, vazomotorické nestabilitě a rychle nastupující centralizaci oběhu.



**Obrázek 3** Teploměr SpotOn 3M; neinvazivní kontinuální měření teploty jádra pomocí isotermického kanálu do nitra mozku pacienta



**Obrázek 4** Detail teplovzdušné podušky, která svými perforacemi zajistí optimální rozložení proudu teplého vzduchu kolem dítěte

*Distribuci* léků v novorozeneckém období zrychluje hyperkinetická cirkulace a menší oběžná doba. Velmi významně ji ovlivňuje snížená vazba farmaka na bílkoviny krevní plasmy a tudíž vyšší hladina volného léku. Hladina albuminu je 35 g/l (45 g/l u dospělého) a navíc fetální albumin má k lékům nižší afinitu. Rovněž zvýšený bilirubin může vytěsnit lék z vazby na bílkovinu a tím jeho volnou hladinu ještě zvýšit. Naopak větší obsah vody v těle novorozence (75 - 80 %, dospělý 55 - 60 %) zvětšuje distribuční prostor pro léky rozpustné ve vodě a snižuje tak jejich koncentraci při relativně stejné dávce (např. succinylcolinjodid).

*Eliminace* farmak je v novorozeneckém věku závislá především na stupni zralosti jaterní a ledvinné tkáně. Nezralost jaterní tkáně zpomaluje enzymatické procesy nutné k odbourání některých léků a tím prodlužuje jejich poločas. Rychlost dozrávání detoxikační schopnosti jaterní tkáně je různá, udává se podle jednotlivých funkcí v týdnech až měsících.

Vlivem nižší perfúze ledvin v těsně postnatálním období je snížena glomerulární filtrace a tubulární sekrece a resorpce. Vylučování léků nebo jejich metabolitů ledvinami je tedy zpomaleno a u řady léků je z tohoto důvodu nutná redukce dávky a prodloužení intervalu podávání. Renální funkce dozrávají přibližně v šesti měsících věku.

## 2.1 Analgetika a sedativa používaná v dětské anestézii

### 2.1.1 Opioidy

Opioidy jsou v péči o dětské pacienty neúčinnějšími analgetiky. Dlouhodobě je však provází obava z nežádoucích účinků mnohdy vedoucí k jejich poddávkování. Jejich působení v nejnižších věkových kategoriích je skutečně prodlouženo a nežádoucí vedlejší účinky jsou zdůrazněny. Dosažení požadované hloubky analgezie v perioperačním období nebo při řešení závažného traumatu může provázet útlum dýchání vyžadující umělou plicní ventilaci. Příčinou je snadnější přístup opiátů hematoencefalickou bariérou a vyšší citlivost opiátových receptorů.

Často diskutovaná fyzická závislost na opiáty provázená abstinencií příznaky po jejich vysazení se obvykle dostavuje po dvou nebo třech dnech až týdnu podávání. Po jednorázovém podání není nutno se jí zabývat avšak při léčbě následků závažných operačních výkonů nebo traumat může situaci zkomplikovat. Jako neúčelnější se jeví symptomatická léčba vegetativních příznaků a křečí (thiapridal, propofol, dexmedetomidin) a hlavně návrat ke kontinuální dávce opiátů a její velmi obezřetné, pomalejší snižování.

*Morfin* je v léčbě intenzivní dětské bolesti nepoužívanějším opiátem. Nástup jeho účinku je poměrně pomalý, po i.m. podání 30 a více minut. Používá se však obvykle v kontinuálním podání. V účinné dávce poskytuje analgezií a uvolnění napětí a úzkosti bez podstatného ovlivnění vědomí. Při vyšším dávkování se dostavuje nauzea, zvracení, pruritus a křeče. Hemodynamický efekt morfinu je minimální, významná je ovšem deprese dýchání způsobená snížením citlivosti respiračních center v mozkovém kmeni na hypoxii a hyperkapnii. Bradypnoe je způsobena útlumem příslušných center v prodloužené míše. Morfin rovněž potlačuje kašlací reflex, zpomaluje motilitu hladkého svalstva střev, zvyšuje tonus Oddiho svěrače a močového měchýře a ureterů.

*Sufentanil a fentanylové deriváty* se používají jak v přednemocniční péči, tak v průběhu anestézie a stále častěji i v pooperační péči. Jsou podstatně účinnější než morfin (sufentanil 1000x) avšak vlastnosti jednotlivých zástupců této skupiny se liší. Jsou výrazně lipofilní, nástup jejich účinku je díky snadnému prostupu hematoencefalickou bariérou rychlý. Záhy dochází k jejich redistribuci do tkání, a proto je trvání jejich účinku poměrně krátké. Při opakovaném podání však plasmatická hladina klesá pomaleji a účinek se prodlužuje. Zejména u malých dětí, které mají nižší hladinu plasmatických bílkovin redukovánou, je délka účinku špatně odhadnutelná.

Hemodynamika zůstává po podání fentanylových derivátů stabilní, deprese dýchání je výrazná a po i.v. podání nastupuje velmi rychle. Rigidita hrudní stěny, kterou tyto preparáty způsobují, respirační obtíže ještě prohlubuje. Od starších fentanylových preparátů se do značné míry liší *sufentanil* s výrazně potlačeným útlumem dechového centra, minimální depresí oběhu a vynikajícím hypnosedativním účinkem. Tyto vlastnosti jej předurčují právě pro péči o dětského pacienta (tab. 4).

**Tabulka 4** Dávkování opioidů v dětské urgentní a intenzivní péči. Zdůrazněny jsou dávky, které neohroží spontánní ventilaci

	<b>jednorázová dávka</b>	<b>kontinuální dávka</b>
Morfin	0,05-0,2 mg/kg i.m., i.v.	0,01-0,02 mg/kg/h; 0,5-1 mg/kg/den
Fentanyl	1-4 µg/kg i.m., i.v.	1-2 µg/kg/h
Sufentanil	0,1-0,5 µg/kg i.m., i.v.	0,2-1 µg/kg/h
meperidin (pethidin)	1 mg/kg i.m., i.v.	
Piritramid	0,05-0,2 mg/kg i.m., s.c.; 0,05-0,1 mg/kg i.v.	
Nalbufin	100-250 µg/kg	
Tramadol	1-1,5 mg/kg i.v., i.m., p.o., p.r.	1-2 mg/kg/h
Remifentanil	0,5-1 µg/kg i.v.	0,3-0,5-1,0 µg/kg/min

Specifické vlastnosti vykazuje *remifentanil*. Je označován jako ultrakrátce působící opiát, je nutno jej podávat kontinuálně, neboť v organismu je velmi rychle rozkládán nespécifickými esterázami. Používá se k alternativním způsobům vedení anestezie například pro neurochirurgické výkony, endoskopie a podobně.

Dík doporučením nepodávat v pooperační péči dětem silné opiáty v bolusech je zaznamenán značný ústup od používání *piritramidu* a *petidinu*. Petidin navíc způsobuje nauzeu, zvracení, bronchospasmus a má prokazatelně negativně inotropní účinky.

Bezpečným a účinným analgetikem používaným v dětské urgentní péči je *nalbufin*. Tento smíšený opiátový agonista-antagonista (kappa agonista, míl antagonist) je používán pro tlumení středně silné bolesti. Netlumí dýchání, působí centrální analgosedaci. Nelze jej kombinovat s ostatními opioidními agonisty a u závislých může způsobit překvapivě rychle nastupující abstinenci syndrom.

Široce používaným opiátovým antagonistou je *naloxon*. V titrované dávce až do 10 µg/kg i.v., nebo i.m. ruší nejen útlum dýchání, sedaci a většinu nežádoucích účinků opiátů, ale také analgezií. Poločas jeho účinku je poměrně krátký (40 - 60 minut), proto hrozí nebezpečí návratu zejména dechové deprese. Prudká i.v. antagonizace opiátů může mít navíc za následek oběhovou nestabilitu se vzestupem tlaku a srdeční frekvence a zmatenost dítěte. Podání naloxonu rozhodně není standardním způsobem ukončení opiátové anestezie, ale prostředkem řešení předávkování opiátů.

*Tramadol* je středně účinným analgetikem v péči o dětské pacienty dosud hojně používaným. Nemá tak silně vyznačené hypnotické a sedativní účinky jako silné opiáty, není euforizující ani návykový. Netlumí dýchání, avšak u dětí často vyvolává nevolnost a zvracení. Jeho výhodou je dobrá účinnost po perorálním, rektálním i parenterálním podání. Indikací tramadolu je analgezie málo a středně bolestivých stavů.

### 2.1.2 Ketamin

*Ketamin* je intravenózní disociativní anestetikum s analgetickým účinkem, ve vyšších dávkách je jeho podání provázené psychomimetickými jevy. Je určen k anestezii pro výkony na povrchu těla – převazy, ošetření popálenin, plastickochirurgické výkony apod. (obvyklá dávka je 2 - 5 mg/kg i.v. dle věku dítěte). V subanestetické dávce do 1 mg/kg i.v. (2 - 3 mg/kg i.m.) je výborným pohotovým analgetikem s rychlým nástupem, výrazným zklidněním pacienta a bez nežádoucích psychomimetických účinků. Nevýhodou je poměrně krátkodobé působení (10 - 20 minut). Indikován je k analgezií v přednemocniční péči zejména u popálení a opaření ale také u dalších traumat. Používá se také ke zklidnění dítěte před dalším ošetřením. Vzhledem k tomu, že minimálně alteruje oběhové parametry, je ketamin velmi vhodný k analgezií či anestezii oběhově nestabilních, šokovaných pacientů nebo dětí s vrozenou vývojovou vadou srdce.

### 2.1.3 Neopiátová analgetika

Neopiátová analgetika jsou v dětské perioperační péči používána častěji zejména v posledních letech, kdy jsou v řady z nich běžně dostupné jejich intravenózní formy. Účinkují především na periferní receptory v poškozené tkáni, mají však i centrální účinek.

Rozdělují se na:

- deriváty karboxylových kyselin: salicyláty, ibuprofen, ketoprofen, diklofenak, indometacin, koxiby
- deriváty pyrazolonu: metamizol
- deriváty anilinu: paracetamol (acetaminofen)

Jejich analgetické účinky jsou obecně slabší než účinky opiátů, je možno je s nimi kombinovat nebo použít k léčbě méně intenzivní bolesti. Z léků této skupiny jsou v péči o dětské pacienty nejčastěji používány paracetamol, metamizol a ibuprofen.

*Paracetamol* může být používán intravenózně, perorálně i rektálně již od novorozeneckého věku. Terapeuticky účinná (zejména antipyretická) plasmatická koncentrace je 20 µg/ml, maximální přípustná hodnota je do 120 µg/ml. Závažné hepatotoxické komplikace se zaznamenávají u koncentrací větších než 300 µg/ml. Dávkování paracetamolu je v tabulce 5.



Zatímco při zahájení p.o. či rektálního podání je třeba zvýšit iniciální dávku na 40 mg/kg, při i.v. aplikaci to vzhledem k rychlému nástupu plasmatické koncentrace není třeba.

*Metamizol* je analgetikum s přibližně stejným analgetickým účinkem jako paracetamol. Podobně jako paracetamol má účinek analgetický a antipyretický, navíc ještě protizánětlivý a spasmolytický. Je doporučován pro děti od 3 měsíců. V současné době převládá i.v. podání, nezanedbatelné je nebezpečí histaminogenní reakce při rychlé aplikaci. Naproti tomu často zmiňovaná agranulocytóza je spíš teoretickou komplikací.

*Ibuprofen* je používán jako doplňkové analgetikum v p.o. a rektální podobě, jeho podávání je doporučeno dětem starším šesti měsíců. Je kontraindikován při podezření na krvácení z peptických vředů a gastrointestinálního traktu obecně. V současné době je zaváděna i.v. forma.

*Diklofenak* a *indometacin* jsou v dětské pooperační analgezii indikovány velmi zřídka, selektivní *COX 2 inhibitory* se neprosadily.

#### 2.1.4 Sedativa

*Benzodiazepiny* podporují inhibiční účinek GABA na nervový přenos blokadou benzodiazepinových receptorů. Jsou používány jako anxiolytika, sedativa i jako antikonvulziva. Ve vyšších dávkách mají myorelaxační a hypnotický účinek. Poločas jejich eliminace je u novorozenců prodloužen až na několiknásobek a je špatně odhadnutelný zejména po opakovaném podání. V současné době je užíván především *midazolam* (Dormicum), oblíbený pro jeho klidnou, nebolestivou aplikaci, řadu aplikačních forem a poměrně standardní účinky v trvání kolem čtyř hodin. Jeho hlavní indikací je sedace pacienta při neklidu nebo při umělé plicní ventilaci. Krom zmíněných účinků způsobuje retrogradní amnézii, avšak nemá analgetický účinek. Nelze jej používat při závažné respirační insuficienci, myastenii gravis a při intoxikaci alkoholem, hypnotiky a opiáty. Nežádoucí účinky v podobě paradoxní reakce provázené neklidem a zmateností jsou ojedinělé.

*Diazepam* má poněkud delší dobu účinku a v přednemocniční péči je používán nejčastěji jako antikonvulsivum v léčbě a prevenci křečových záchvatů.

V případě potřeby lze použít titrovanou dávku antidota benzodiazepinů *flumazenilu* (Anexate).

*Chlorpromazin* (Plegomazin) patří mezi neuroleptika, působí zklidnění bez hypnotického či analgetického účinku. Používá se v zejména v psychiatrické přednemocniční péči a v na lůžkách intenzivní péče. Podobně lze ke zklidnění dítěte použít i.v., i.m. či p.o. podaná antihistaminika *prometazin* (Prothazin) nebo *bisulepin* (Dithiaden) nebo antidepresivum *dosulepin* (Prothiaden). Parenterální dávkování je v tabulce 5.

**Tabulka 5** Dávkování neopiátových analgetik a některých léků určených k sedaci dětí

paracetamol	7,5-15 mg/kg i.v.; 15-20 mg/kg p.r., max. 60 mg/kg
metamizol	15 mg/kg max. 4x denně
ketamin	1 mg/kg i.v., 2-3 mg/kg i.m.
Ibuprofen	20 mg/kg ve 3-4 dávkách p.o., p.r.
Diazepam	0,1-0,3 mg/kg i.v., i.m.; 0,2-0,5 mg/kg p.r.
midazolam	0,025-0,1 mg/kg i.v.; 0,2-0,5 mg/kg p.o. max. 10 mg 0,05-0,1 mg/kg/h kont. inf.
chloralhydrat	20-100 mg/kg p.o., p.r.
prometazin	0,5-1 mg/kg i.v., i.m.
chlorpromazin	0,5-1 mg/kg i.v.
flumazenil	0,01-0,05 mg/kg

*Chloralhydrát* je letité sedativum a hypnotikum, mnohdy považované za obsolentní. Je k dispozici pouze magistraliter. Při správném dávkování je neobyčejně účinné a bezpečné. V játrech se rychle metabolizuje na trichloretanol, účinnou látku s velmi pomalým vylučováním. Chloralhydrát nelze podávat společně s antiepileptiky, diuretiky nebo při otravě etanolem. Po opakovaných dávkách se, zejména u malých dětí, kumuluje. Netlumí dýchání, ale potencuje

účinek ostatních sedativ, sedace se stává neřiditelnou. Podává se p.o. ve formě sirupu nebo jako rektální nálev.

## 2.2 Svalová relaxancia

Svalová relaxancia jsou tradičně dělena na depolarizující a nedepolarizující. Způsobují paralýzu příčně pruhovaného svalstva, čímž zbaví pacienta spontánní dechové aktivity. Uvolněním hlasových vazů svalstva hrtanu umožňují snadnou endotracheální intubaci a řízenou ventilaci. Zatímco principem depolarizující blokády nervosvalové ploténky je její depolarizace a poté zablokování receptorů svalovým relaxanciem, molekuly nedepolarizujícího svalového relaxancia receptory obsadí přímo.

*Suxamethonium* (succinylcholinjodid) je jediným v praxi používaným depolarizujícím relaxanciem. Má velmi rychlý nástup a odezní během 2 - 3 minut. Svalové fascikulace po jeho podání pozorujeme u větších dětí, u malých kojenců chybí. Jeho účinná dávka (2 mg/kg) může zvýšit hladinu kalía v seru až o 1 mmol/l. Způsobuje bradykardii vagového původu, snadno odstranitelnou parasimpatikolytikem. Bývá označován jako spouštěč maligní hypertermie a větší děti si po jeho podání stěžují na myalgie. Užívá se k endotracheální intubaci zejména v urgentní situaci a při neodkladném úvodu do anestézie, event. k řešení laryngospasmu.

Ze skupiny nedepolarizujících svalových relaxancií je v anestezii dětí jednoznačně nejpoužívanější *atracurium* (Tracrium) a jeho izomer *cisatracurium* (Nimbex). Cistrakurium má poměrně rychlý nástup – tracheální intubace je možná po zhruba dvou minutách a svalová relaxace trvá 30 minut. Nástup svalové relaxace po atrakuriu se dostaví přibližně po třech minutách. Oba preparáty se v tkáních z velké části spontánně rozpadají, a proto u nich nehrozí riziko kumulace ani u pacientů s insuficientními játry a ledvinami. Nevýhodou atrakuria je uvolňování histaminu, u cisatracuria potlačené.

Z moderních nedepolarizujících relaxancií je dále užíváno *mivakurium* (Mivacron), vynikající účinkem nepřesahujícím 10 minut avšak silně uvolňující histamin a tradiční *vecuronium* (Norcuron) s minimálními vedlejšími účinky a trváním relaxace do 45 minut. *Rokuronium* (Esmeron) se v anestezii dětí dostává do popředí díky svému rychlému nástupu (30 - 40 s), kterým může do jisté míry nahradit succinyl. Pozoruhodný je specifický antagonist *sugamadex* (Bridion, 2 - 4 mg/kg i.v.) jehož účinek je i u nejmenších dětí nepochybný. Dávkování svalových relaxancií je v tabulce 6.

Inhalační anestetika zůstávají v dětské anestezii stále nejužívanějšími farmaky. Podání inhalačních anestetik vyžaduje anesteziologický přístroj vybavený specifickými odpařovači, jejich účinnost je charakterizována tzv. minimální alveolární koncentrací (MAC), což je koncentrace příslušného anestetika ve vdechované směsi, která u poloviny anestezovaných pacientů zabrání obranné reakci při chirurgické incizi. Nárůst alveolární koncentrace inhalačních anestetik a tím i hloubky znecitlivění je u dětí rychlejší. Je to dáno jak vyšším poměrem alveolární ventilace k velikosti funkční reziduální kapacity plic, tak i větším podílem perfuze směřované do hojně prokrvené tkáně mozku.

**Tabulka 6** Srovnání dávky, rychlosti nástupu a délky trvání účinku používaných svalových relaxancií

relaxans	dávka mg/kg	nástup max. účinku	max. trvání účinku
succinylcholin	1	0,8 min.	9 min.
mivakurium	0,25	2,1 min.	21 min.
rocuronium	0,6	1,6 min.	37 min.
vecuronium	0,1	2,4 min.	44 min.
atracurium	0,5	3,2 min.	46 min.
cisatracurium	0,2	2,7 min.	68 min.
pipecuronium	0,1	4,2 min	94 min.

#### 2.2.4 Inhalační anestetika

##### *Isofluran (Forane)*

V anestézii dětí již není doporučen. Způsobuje lehkou tachykardii, která může být zaměněna za tachykardii při nedostatečné analgezii. Nezvyšuje nitrolební tenzi a není hepatotoxický. Dráždí dýchací cesty, a proto jej nelze použít k inhalačnímu úvodu. Bylo u něj prokázáno neurotoxické působení na dozrávající dětský mozek.

##### *Desfluran (Suprane)*

Desfluran je moderní netoxické anestetikum s velmi rychlým nástupem účinku i odezněním. Vyžaduje použití speciálního odpařovače, který udržováním stálé teploty a tlaku koriguje tvorbu par anestetika. Účinky na dýchání a oběh jsou velmi podobné isofluranu. Velmi intenzivní dráždivý zápach nedovoluje provedení inhalačního úvodu, a proto je jeho použití v dětské anestezii omezeno.

##### *Sevofluran (Sevorane)*

Rychlý a příjemný inhalační úvod, dobrá říditelnost, uspokojivá bezpečnostní šíře a rychlé probuzení z anestezie – to jsou hlavní výhody, pro které je sevofluran v anestezii dětí v současné době nenahraditelný. Je používán ve všech věkových kategoriích, od nedonošených až po adolescenty, ve formě inhalační monoanestezie, doplňované anestezie i v kombinaci s některou z forem regionální anestezie.

Účinek na *kardiovaskulární systém* dítěte je charakterizovaný stabilitou tepové frekvence, poklesem krevního tlaku, který je patrný zejména ve vyšších dávkách, a je způsoben kombinací negativně inotropního a periferně vasodilatačního účinku. Nemá arytmogenní účinky a nesenzibilizuje myokard vůči účinkům katecholaminů. Z účinků na *dýchací systém* dominuje bronchodilatace, sevofluran nedráždí horní dýchací cesty a nezvyšuje tracheo-bronchiální sekreci. Nemá hepatotoxické účinky a jako všechna halogenovaná inhalační anestetika je možným spouštěčem maligní hypertermie. Vasodilataci cév *CNS* ve vysokých koncentracích způsobuje ještě méně než isofluran. V poslední době je studována jeho možná epileptogenní aktivita. Klinicky je hojně využíván jeho *myorelaxační účinek*, který za cenu výrazně zvýšené vdechované koncentrace (1,5 - 2,5 MAC) snižuje napětí příčně pruhovaných svalů a šetří svalová relaxancia - při vdechování 8% koncentrace po 3 - 4 minuty zcela eliminuje použití sukcylnylcholinjodidu při endotracheální intubaci a koncentrace 1,5 MAC při vedení anestezie snižuje spotřebu nedepolarizujících myorelaxancií o 50 %. Příčinu lze hledat ve sníženém prejunkčním uvolnění kvant acetylcholinu, vlivu na fluiditu lipidové vrstvy buněčné membrány i v přímém vlivu na membránový kalciový proud. Neklid, zmatenost až agresivita u určité skupiny dětských pacientů v období po zastavení přívodu sevofluranu je jedinou vážnější komplikací, kterou podávání sevofluranu přináší. Pro tento stav se vžil název emergence delirium (ED). Vyskytuje se přibližně u 25 % podaných anestézií, nejčastěji ve věku od 1 do 7 let. Jeho příčina není přesně známa, lze jej pozorovat nejen po anestezii sevofluranem, ale i po podání ostatních inhalačních anestetik a také po i.v. anestezii. Jeho projevy lze zmírnit podáním propofolu 1 mg/kg nebo midazolamu 0,2 mg/kg i.v.. Rozvinuté příznaky emergentního deliria mohou překvapit nejen přítomné rodiče dítěte, ale i zkušený personál.

Nosnou směsí pro podávání inhalačních anestetik je směs kyslíku a oxidu dusného ( $N_2O$ ) nebo vzduchu s koncentrací kyslíku neklesající pod 30 %.  $N_2O$  malým dětem nepodáváme, neboť difuzí do tělních dutin zvětšuje objem jejich plynové náplně (zejména v lumen střeva) a působí tak peroperační i pooperační komplikace. Čistý  $O_2$  jako nosnou směs lze použít v indikovaných případech a vždy je třeba dbát na jeho důkladné zvlhčení. Kyslík představuje určité riziko pro novorozence do zhruba 44. gestačního týdne. Při kontaktu s vyšším parciálním tlakem  $O_2$  může dojít k poškození sítnice a bronchopulmonální dysplázii. Udává se, že toto nebezpečí hrozí už při expozici  $PaO_2$  vyššímu než 80 mmHg po tři hodiny. V praxi to znamená udržovat  $SaO_2$  měřené v periferní krvi na hodnotách do 95 %.

#### 2.2.5 Intravenózní anestetika

K hluboké sedaci či analgosedaci lze v podmínkách urgentní medicíny použít rovněž léky ze skupiny intravenozních anestetik. *Thiopental* patří do skupiny ultrakrátce působících barbiturátů. Po i.v. podání se bezvědomí dostavuje velmi rychle. V dávce 2,5 - 5 mg/kg se

používal k úvodu do anestezie větších dětí. Může způsobit oběhovou nestabilitu svým negativně inotropním účinkem, krátkou apnoickou pauzu, u alergiků a astmatiků může způsobit histaminogenní reakci od mapovitého zarudnutí až po astmatický záchvat.

Především však snižuje metabolismus mozkových buněk a jejich nároky na kyslík a tím zmenšuje riziko vzniku edemu mozku. *Ketamin* (*Narcamon*, *Calypsol*, *Ketanest*) je disociativní intravenózní anestetikum blízké halucinogenům s výborným analgetickým účinkem. Používá se v dávce 3 - 5 mg/kg i.v. či i.m. k anestezii pro krátké, bolestivé výkony s převahou somatické bolesti. Zachovává stabilní krevní oběh a funkční obranné reflexy dýchacích cest. V současné době se používá především pro úvod do anestezie oběhově nestabilních, hypovolemických nebo šokovaných pacientů. Pro časté halucinace během probouzení je nutné jej kombinovat s i.v. podanými benzodiazepiny. V dávce 1 mg/kg i.v. či 2 - 3 mg/kg i.m. nebo p.r. je vynikajícím analgetikem pro prostředí přednemocniční péče. Je používán k léčbě bolesti popálených, opařených či jinak traumatizovaných dětí. Intenzívně je zkoušena jeho intranasální aplikace v kombinaci s midazolamem.

Dalším intravenózním anestetikem je *Propofol* (*Diprivan*, *Recofol*), moderní rychle nastupující i.v. anestetikum s minimálním analgetickým účinkem, dodávané v tukové emulzi. Při i.v. podání dávky k úvodu do anestezie (2,5 - 4 mg/kg) lze zaznamenat klinicky nevýznamný pokles systémové tenze a bradykardii. Propofol významně potlačuje pooperační nauzeu a zvracení. Je užíván k úvodu do anestezie větších dětí a v kontinuální dávce k sedaci v intenzivní péči o větší děti (1,5 - 4,5 mg/kg/h). Aplikace 1% propofolu je znepríjemněna značnou bolestivostí způsobenou drážděním endotelu žíly účinnou látkou. K prevenci bolesti se s různou měrou úspěchu používala kombinace s mesocainem, či opiáty nebo frakcionované podávání. Výrazné snížení bolestivosti přineslo až v poslední době zavedení 0,5% Propofolu Lipuro o nižší koncentraci propofolu a vhodnějším poměru dlouhých a středně dlouhých triglyceridových řetězců v nosné emulzi, která koncentraci volného propofolu ve srovnání se směsí složenou jen z dlouhých řetězců.

#### 2.2.6 Lokální anestetika

Lokální anestetika (LA) jsou určena k infiltrační a svodné anestezii. Tradičně rozeznáváme dvě skupiny lokálních anestetik - esterová (prokain) a amidová (lidokain, trimekain, levobupivacain, ropivacain a další). *Trimekain* (Mesocain) je určen spíše k infiltrační anestezii, ke svodné anestezii dětí je v současné době používán především *bupivakain* (Marcaine) a nejnověji *levobupivakain* (Chirocaine). Vyznačují se vynikající anestetickou potencí a dlouhotrvajícím účinkem (4 - 5 hod.). Aplikují se v 0,125 - 0,5% koncentraci v maximální dávce 2 mg/kg.

V regionální anestezii dětí jsou obávané jejich toxické komplikace. Vznikají při podání nesprávně vypočtené, příliš vysoké dávky nebo nechtěnou aplikací lokálního anestetika do intravazálního nebo intraoseálního prostoru a projeví se buď jako kardiotoxická reakce nebo neurotoxická komplikace. Kardiotoxická reakce se projeví ventrikulární arytmií, depresí myokardu, bradykardií vedoucí až k zástavě oběhu. Prudký nástup srdečního selhání lze zmírnit aplikací Intralipidu 20%, který váže molekuly lokálního anestetika. Zahajuje se dávkou 2 - 5 ml/kg a pokračuje se kontinuální dávkou 15 ml/kg/h, samozřejmě společně s farmakologickou resuscitací oběhu. Neurotoxické reakce v podobě křečí a poruchy vědomí můžeme být svědky zejména při špatně vypočítané kontinuální dávce lokálního anestetika v pooperační péči. V tomto případě je součástí symptomatické léčby podání benzodiazepinů jako antikonvulziv. Velmi zřídka se setkáváme se skutečnou alergickou reakcí na lokální anestetikum. Alergie, která bývá často udávána v dokumentaci dítěte, může být ve skutečnosti reakcí na přísady do LA, toxická reakce, kolapsový stav v souvislosti s ambulancním ošetřením rány a podobně. Přesto je vhodné zvážit jiný postup podání anestezie, případně mít k dispozici kompletní vybavení pro řešení anafylaktické reakce.

### 3 Anestézie dítěte, poznámky k praxi

#### 3.1 Předpoklady podávání dětské anestezie

V ČR je anesteziologická péče u dětí je poskytována lékařem se specializovanou způsobilostí (SZ) v oboru Anesteziologie a intenzivní medicína (AIM) nebo lékařem s odbor-

nou způsobilostí pod odborným dohledem/dozorem lékaře se SZ v AIM. Atestace nebo certifikovaný kurz v oboru dětská anestézie neexistuje.

Nedílnou součástí při poskytování anestezie u dětí je spolupráce lékaře se všeobecnou sestrou se specializací ARIP, optimálně ARIP v pediatrii.

Zřetelná je centralizace náročnějších operací do několika center dětské chirurgické péče, které má za následek malou šanci většiny anesteziologů setkat se se složitějšími výkony dětské anestézie.

Mimo osvojení si základních anesteziologických propedeutických postupů jsou k samostatné péči o dětského pacienta (prioritně pak ve věkové kategorii novorozence, kojence), nezbytné následující dovednosti:

- manipulace s novorozencem a komunikace s malým dítětem
- zavedení periferní žilní kanyly
- správné přiložení obličejové masky, oxygenace dítěte
- zavádění laryngeální masky
- výběr správné endotracheální rourky, oro i nasotracheální intubace dětí všech věkových kategorií
- zavedení centrálního žilního katétru a arteriálního katétru (trend USG navigace)
- epidurální techniky (jednorázové i kontinuální), v současnosti v našich podmínkách zejména jednorázové kaudální
- zavedení žaludeční sondy a močového katétru odpovídající věku pacienta.

### 3.2 Vyšetření dětského pacienta před výkonem v celkové anestezii

Pro dětské pacienty splňující kritéria **ASA 1 a 2** (normální zdravý pacient a pacient s lehkým celkovým onemocněním nebo chorobou bez omezení funkční výkonnosti) připravované k **elektivnímu výkonu s malou nebo střední chirurgickou zátěží** (například hernioplastika, cirkumcise, orchidopexie, adenotomie, tonzilektomie, drobné ortopedické výkony, korekce strabismu, endoskopie, CT, NMR atd.) je doporučeno před celkovou anestézií pouze pediatrické vyšetření s následující skladbou:

- rodinná anamnéza
- osobní anamnéza: alergologická a gynekologická anamnéza, nynější onemocnění
- komplikující onemocnění a případná dlouhodobá medikace
- základní klinické vyšetření.

Laboratorní vyšetření, RTG snímek plic a EKG vyšetření se provádí jen tehdy, pokud jeho nutnost vyplývá z pediatrického vyšetření.

### 3.3 Lačnění před operačním výkonem

- **2 hodiny od posledního příjmu tzv. čirých tekutin** (voda, čistý čaj, čisté ovocné šťávy bez dužiny) při časovém posunutí plánovaného výkonu o více než 2 hodiny je doporučeno příjem tekutin individuálně upravit a **předejít žíznění a dehydrataci**.

K zapití případné pravidelné medikace lze podat malé množství vody (do 30 ml)

- **4 hodiny od posledního kojení**
- **5 hodin od posledního příjmu kojenecké stravy**
- **6 hodin od posledního příjmu i tzv. lehkého jídla** (optimálně večer před výkonem).

### 3.4 Premedikace

Je tradičně považována za velmi důležitou a nedílnou součást anestezie a její volba záleží na ordinujícím anesteziologovi. Její úloha je soustředěna především na sedaci dítěte. Dříve doporučovaná antiemetická, antikonvulzivní, analgetická složka a řada dalších nejsou při současném použití moderních anestetik potřebné. Lékem volby u dětí je **midazolam v dávce 0,2 - 0,5 mg/ kg v perorální aplikaci**. Atropin v dávce 0,02 mg/kg p.o. je podáván v indikovaných případech pro svůj vagolytický a antisalivační (parasympatolytický) účinek. Premedikace se podává 30 - 45 minut před plánovaným úvodem do anestezie.

### 3.5 Příprava operačního sálu

Před příjezdem dítěte na sál je zapotřebí, aby lékař především zkontroloval:

- kalibraci a nastavení anesteziologického přístroje
- nastavení patientského monitoru a jeho příslušenství
- léky připravené sestrou podle pokynů lékaře
- kontrola potřeb pro zajištění obtížných dýchacích cest a defibrilátoru
- dokumentaci, předoperační vyšetření a souhlas zákonného zástupce dítěte s anestézií.

Po převzetí dítěte je nezbytně potřeba zkontrolovat jeho totožnost a označení místa operace, převzetí antibiotik a připravenost krevních derivátů.

### 3.6. Monitorování vitálních funkcí

Sledování vitálních funkcí pacienta je zahájeno vždy před úvodem do anestezie (pokud to neklid dítěte nedovolí, je třeba zahájit monitoraci ihned po ztrátě vědomí). Monitorování trvá až do zotavení pacienta z anestezie nebo do jeho překlada na oddělení.

V průběhu anestézie jsou monitorovány podle povahy operačního či diagnostického výkonu, sledovaného parametru a stavu pacienta (kontinuálně nebo v pravidelných přiměřených intervalech) následující základní ukazatele:

- **EKG** – 3 svody
- **srdeční frekvence**
- **krevní tlak** (neinvasivní metoda)
- **saturnace hemoglobinu kyslíkem** metodou pulzní oxymetrie
- **dechová frekvence** spontánně dýchajících pacientů
- **nastavení ventilátoru/** analýza vdechované a vydechované plyné směsi inhalačního anestetika, FiO<sub>2</sub>, parametry ventilace
- **tělesná teplota** (vždy u novorozenců a kojenců)
- **kapnometrie** (u všech výkonů, kde jsou zajištěny dýchací cesty tracheální intubací/tracheostomií, laryngeální maskou nebo jinou supraglotickou pomůckou)
- **hloubka nervosvalové blokády (NSB)** u všech výkonů s použitím nedepolarizujících svalových relaxancií.

K úspěšné monitoraci malých dětí je třeba zajistit čidla příslušných velikostí a i tak umístění EKG elektrod nebo čidla pulzního oxymetru může být problematické. Při použití kapnometrického čidla je doporučován systém side stream, místo odběru vzorku je obvykle na kondenzátoru vlhkosti (umělém nose), který musí být správně velikosti, aby se zabránilo nárůstu mrtvého prostoru. Měření hloubky svalové relaxace je velmi přínosné, v dětské anestézii v našich podmínkách je zatím používáno minimálně.

### 3.7 Úvod do anestézie dítěte

**Inhalační úvod do celkové anestézie** před zajištěním vstupu do krevního řečiště je postup všeobecně používaný a preferovaný u dětí:

- ve věkové kategorii do 6 - 8 let (často i se zajištěním žilným vstupem)
- u dětí, u nichž je zjevně obtížné zajištění žilního vstupu
- dětí, které si i.v. vstup nepřejí (nestavět dítě před neřešitelnou volbu, např. „chceš masku, nebo injekci?“)

Provádí se přiložením dýchacího systému naplněného směsí **O<sub>2</sub> + vzduch** s FiO<sub>2</sub> min. 40% a 8% sevofluranu rychle a těsně na obličej dítěte. Při hluboké spontánní dechové aktivitě nebo křiku dítě upadá do bezvědomí po cca 30 - 40 vteřinách, bezbolestná venepunkce je možná asi za 2 minuty a ETI bez svalové relaxace za 3 minuty.

Zajištění vstupu do krevního řečiště následuje v co nejkratší možné době po úvodu do anestézie.

**Nedoporučuje se** provádění inhalačního úvodu do celkové anestézie bez současně zajištěného vstupu do krevního řečiště u dítěte s **rizikem aspirace** (rapid sequence induction)

RSI), s existující poruchou průchodnosti dýchacích cest nebo s předpokladem jejího zhoršení, u dětí **oběhově nestabilních**.

Před každou celkovou anestézií je nezbytně nutný **kvalitní žilní vstup**. Lze jej zavést až po inhalačním úvodu, ovšem **vždy před zajištěním dýchacích cest**. Obecně platí, že inhalační úvod bez zabezpečeného i.v. vstupu je možný, důrazně se nedoporučuje supraglotické i infraglotické zajištění dýchacích cest bez i.v. vstupu.

V rámci spektra výkonů převážně s **malou nebo střední chirurgickou zátěží** je dostatečná 1 periferní i. v. kanyla. U závažnějších operací (nebo zcela výjimečně při nemožnosti zajištění periferního žilního vstupu) použijeme centrální žilní katétr (CŽK), nejčastěji zavedený cestou vena subklavia, vena jugularis, nebo vena femoralis, a to vždy v celkové anestezii. Arteriální vstup pro měření systémové tenze a odběr krevních vzorků a zavedení regionální anestézie (neuroaxiální i periferní) se zavádí rovněž až po úvodu do anestézie.

Úvod do celkové anestézie u **větších dětí** volíme spíše intravenózní **propofolem** v dávce 2 - 3 mg/kg, k vedení anestézie 200 - 300 µg/kg/min., k dosažení sedace 25 - 75 µg/kg/min. Alternativou je **thiopental** v dávce 5 mg/kg, pouze v případě oběhové nestability u větších dětí volíme spíše intravenózní aplikaci **ketaminu** v dávce 2 - 3 mg/kg.

Praxe ukázala, že v současné době jsou nejbezpečnějšími a nejspolehlivějšími látkami v dětské anestezii:

- inhalační anestetikum **sevofluran 2,5 - 8,0 %**
- nedepolarizující svalové relaxans **cisatrakurium** v dávce 0,15 mg/kg i.v., opakovaně 0,03 mg/kg i.v.
- intravenózní anestetikum **propofol**
- opioid **sufentanil**
- lokální anestetikum **levobupivacain**, jednorázová dávka by neměla překročit 2 mg/kg, kontinuálně 0,2 - 0,3 mg/kg/ hod.

Při minimalizaci délky expozice a racionalizaci dávkování jsou téměř prosty vedlejších a nežádoucích účinků.

Pro vyšší potenciální neurotoxicitu je doporučeno již v anestezii dětí nepoužívat inhalační anestetikum **isofluran**. Oxid dusný není doporučováno používat v anestezii u dětí ve věkové kategorii do 10 let, u dětí nad 10 let minimalizovat jeho používání (zvážit přínos jeho analgetické potence).



**Obrázek 5** Extraglotické pomůcky pro zajištění dýchacích cest dítěte: zleva laryngeální masky, obličejové masky, ústní vzduchovody a kojenecká kombi rourka



**Obrázek 6** Srovnání velikostí lžic laryngoskopu: zahnuté McIntosh, rovné Millerovy lžice, ty nejmenší vhodné pro intubaci novorozence. Vlevo dole zcela odlišně formovaná lžice videolaryngoskopu Glidescope.

**Anesteziologický okruh:** do 30 kg speciální dětský okruh (hadice o průměru 8,5 nebo 15 mm + dětský filtr) s minimálním mrtvým prostorem.

**Velikost LMA:** 1 = do 5 kg, 1,5 = 5 - 10 kg, 2 = 10 - 20 kg, 2,5 = 20 - 30 kg, 3 = 30 - 50 kg

**Velikost endotracheální rourky:** (číslo TR je vnitřní průměr v mm)

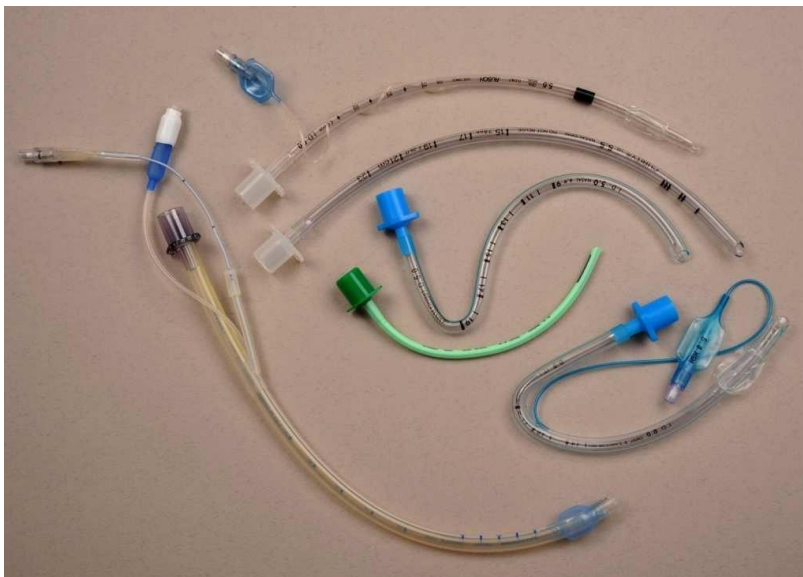
- 3,0 nedonošený novorozenec pod 1,5-2 kg
- 3,5 donošený novorozenec
- 4,0 1 měsíc života
- 4,5-5,0 1-2 rok života
- 5,0-5,5 3-5 rok života
- 5,5-6,5 6-8 rok života
- 6,5-7,5 8-12 rok života.

Velikost rourky případně lze vypočítat podle vzorce:  $16 + \text{věk (roky)}/4$ . Tracheální rourku s těsnící manžetou je možno použít i u nejmenších dětí. Je nutno volit válcovou, velkoobjemovou nízkotlakou manžetu z adhezivního materiálu (Microcuff)

**Hloubka** zavedení endotracheální rourky při orotracheální intubaci:  $12 + (\text{věk (roky)}/2)$   
novorozenci: hmotnost (kg) + 6. U řady rourek doporučená hloubka zavedení označena kalibrací na hrotu rourky.

**Základní ventilační parametry** VT 7 - 10ml/kg, event.. PInsp. 10 - 12cm H<sub>2</sub>O, f dle věku dítěte, I : E 1 : 1,5, PEEP 4 - 5 cm H<sub>2</sub>O, FiO<sub>2</sub> > 0,30





**Obrázek 7** Endotracheální rourky používané v anestézii dětí: zleva rourka Univent 4,5 pro selektivní intubaci plic, rourky typu sever a jih pro operace v oblasti obličeje, zelená novorozenecká rourka z měkkého materiálu a nad ní standardní dětské rourky s a bez těsnící manžety.



**Obrázek 8** Vysokoobjemová nízkotlaká válcová manžeta tracheální rourky č. 5,0



**Obrázek 9** Jednocestný systém podle Jacksona-Reese přímo vycházející z Ayreova T (nazývaný též Mapleson F). Jednoduchý, v současné době v anestézii dětí nejčastěji používaný.

### 3.8 Vedení anestezie

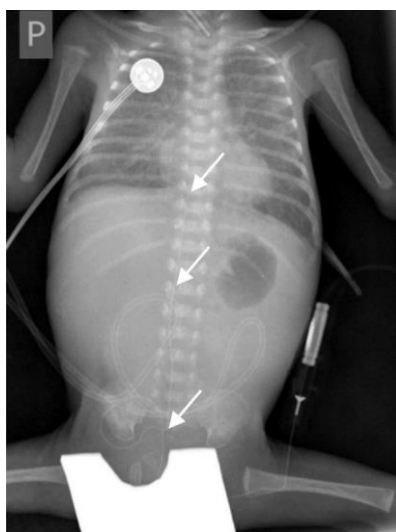
Anestézie je vedena obvykle jako **doplňovaná se systémovou analgezií** nebo jako **kombinovaná s regionální analgezií** a dle potřeby svalovým relaxanciem. **Sevoran** použitý ve vyšších koncentracích (1,5 - 2 MAC) má **myorelaxační účinek** a minimalizuje nutnost použití svalové relaxace, Vyžaduje-li druh a délka operace opakované podávání **opioidů** podáváme je nikoliv pravidelně ale podle kolísání vitálních funkcí. Stejně tak svalová relaxancia přidáváme podle výsledku TOF nebo podle počínající interference s ventilátorem, případně na přání chirurga. Obě zmiňované skupiny léků lze do jisté míry substituovat regulací hladiny inhalačního anestetika. Je-li anestézie vedena k extubaci po skončení operace, je tento postup dokonce nezbytný. Jestliže je rozhodnuto o pooperační UPV, pak můžeme být v dávkování opioidů i svalové relaxace poněkud velkorysejší.

K **extubaci** přistupujeme buď ještě v poměrně hluboké anestézii při přítomnosti dostatečné spontánní ventilace, nebo až při plném vědomí a zachovaných obraných reflexech. Odstranění supraglotické pomůcky je možné v mělké anestézii. Farmakologickou **dekurarizaci** (atropin 0,015 mg/kg i.v., neostigmin 0,04 mg/kg i.v.) při známkách reziduální svalové slabosti akceptujeme jako obvyklou. Eliminaci rokuronia sugamadexem lze použít i v nejmenších věkových kategoriích. **Antagonizace opioidů** naloxonem by měla být rezervována jen pro kritické situace předávkování.

### 3.9 Regionální anestezie

V současné době jsou metody svodného znečítlivění standardní součástí kombinované anestezie u dětí. Přináší úsporu opiátových analgetik a nesporné zkvalitnění peroperační a pooperační analgezie s minimem vedlejších účinků. **Všechny metody svodné anestezie se dětem aplikují vždy v celkové anestézii a za přísně sterilních podmínek.** V našich podmínkách je nejčastěji používaným způsobem svodné anestezie u dětí epidurální znečítlivění **kaudálním blokem** s jednorázovou aplikací lokálního anestetika (účinek asi 4 hod.). K nespornému zkvalitnění peroperační a pooperační analgezie by přispělo zahájení uplatňování **kontinuálních epidurálních technik**. Jsou prováděny kaudální, lumbální i hrudní epidurální cestou a je možno je použít u většiny operačních výkonů v oblasti hrudní, břišní a v oblasti dolních končetin. Zejména kontinuální kaudální forma je používána i v oblasti chirurgie nedonošených.

Periferní blokády jsou v anestézii dětí používány méně. Obvyklý je penilní, ilioinquinální či axilární blok, ostatní jsou méně časté. K jejich zvládnutí je potřeba ovládat ultrazvukovou navigaci.



**Obrázek 10** Kontinuální kaudální epidurální anestézie těžce nedonošeného dítěte (580 g). Průběh katetru vyznačen šipkami.

### 3.10 Perioperační analgezie

**Celková anestezie zbavuje dítě bolesti jen minimálně**, je nutné ji doplnit odpovídající dávkou analgetik a zajistit důkladnou pooperační analgezií. Pooperační analgezie je nedílnou součástí pooperační péče o dětského pacienta na všech úrovních, kde je poskytována (standardní odd., JIRP, ARO). Je důležitou součástí anestetického plánu a plynule navazuje na celkovou anestézii, analgeticky by měl být zajištěn i překlad pacienta ze sálu na pooperační lůžko. Analgezie by měla být dostatečná a relativně bezpečná, možné nežádoucí účinky musí být monitorovány. Pro pooperační analgezií dětí lze použít systémovou aplikaci neopiátových analgetik i opioidů podávaných intermitentně i v kontinuální infuzi. Významné místo v pooperační analgezií zaujímají regionální blokády s užitím lokálních anestetik.

Z **opioidů** je lékem volby **sufentanil**, následován především **morfinem** v kontinuální dávce. Z **neopiátových analgetik** je v i. v. formě používán především **paracetamol a metamizol**. Oba preparáty jsou k dispozici i v p.o. a rektální formě a spolu s **ibuprofenem** podávány k léčení slabších pooperačních bolestí.

- **sufentanil**\_ iničiální dávka 0,1 - 0,2 µg/kg i.v., kontinuálně 0,5 - 1,5 µg/kg/hod
- **morfin**

**novorozenci a kojenci do 3.měsíce:**

- iničiální dávka 25 - 75 µg/kg i.v., kontinuálně 5 – 15 µg/kg/hod

**kojenci nad 3.měsíce a starší děti:**

- iničiální dávka 50 - 100 µg/kg, kontinuálně 10 – 30 µg/kg/hod

- **metamizol** 15 mg/kg i.v á 6 hod, od 3. měsíců věku
- **paracetamol**

**novorozenci a kojenci 5-10kg:** 7,5 mg/kg i.v. á 4-6 hod, max. 30 mg/kg/24 hod

**kojenci nad 10 kg a starší děti:** 15 mg/kg i.v. á 4-6 hod, max. 60 mg/kg/24 hod

**novorozenci a kojenci do 3.měsíce:**

- iničiální dávka 20 mg/kg p.o., max.60 mg/kg/24 hod
- iničiální dávka 30 mg/kg p.r., max. 60 mg/kg/24 hod

**kojenci nad 3.měsíce a starší děti:**

- iničiální dávka 20 mg/kg p.o., max.90 mg/kg/24 hod
- iničiální dávka 40 mg/kg p.r., max. 90 mg/kg/24 hod

- **ibuprofen** 10 mg/kg p. o. ev. p. r. max. 40 mg/kg/24 hod. I.v. forma není v ČR dosud rozšířena.

### 3.11 Perioperační tekutinová bilance

V rámci krátkých a středně dlouhých výkonů bez krevních ztrát se strategie infuzní terapie odvíjí od **základního dávkování 10 ml/kg/hod balancovaného krystaloidního roztoku, u novorozenců a kojenců s přidávkem 1% glukózy**. U delších výkonů, zejména nitrobršních, se dávka zvyšuje na **20 ml/kg/hod**, při monitoraci hodinové diurézy. V případech krvácivé chirurgické komplikaci je indikována neodkladná náhrada unklého objemu krevními deriváty erymasou (skupinová, deleukotizovaná, ozářená) a mraženou plazmou až do dosažení oběhové stability a věku odpovídající hodnoty hemoglobinu. K přesnému dávkování objemu a udržování dávkovací rychlosti intravenózní infuze u dětí ve váhové kategorii do 30 kg je vhodné použít volumetrickou infuzní pumpu. Cílem tekutinové a krevní terapie jsou adekvátní hodnoty krevního tlaku, perfuze tkání a udržení hodinové diurézy (0,5 - 1,0 ml/kg/hod).

### 3.12 Pooperační nauzea a zvracení (PONV)

PONV je relativně častou pooperační komplikací a patří mezi nejčastější důvody podávání stížností rodičů dítěte na perioperační péči. K rizikovým faktorům výskytu PONV patří nesporně délka trvání operačního výkonu více než 30 min., věk dítěte > 3 roky, oční a ORL výkony, použití oxidu dusného (N<sub>2</sub>O) jako součást celkové anestezie, pooperační bolest a anamnestický údaj PONV.

**Prevence PONV:** neexistují přesné schéma a postupy, platí jen všeobecné pravidla. Lékem volby v dětském věku je nesporně **dexametazon** v dávce 150 µg/kg, max. dávka 4 mg i.v. a

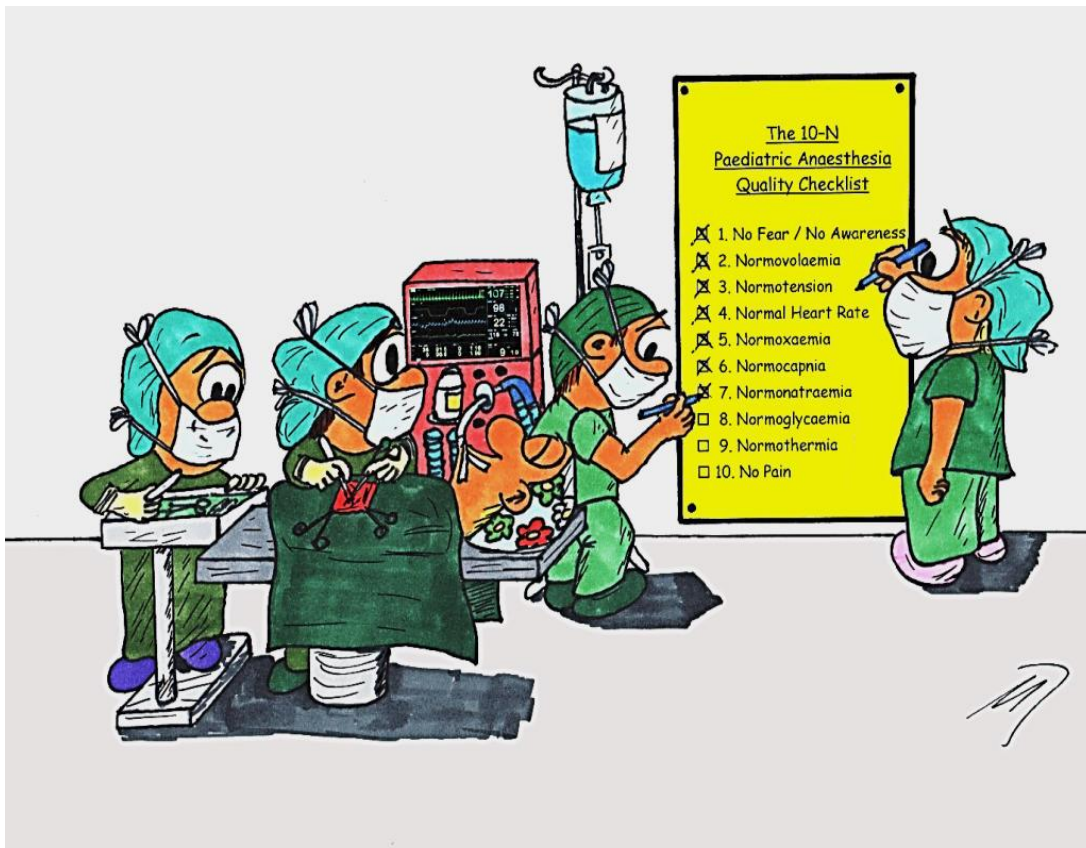
**ondansetron** jako účinný, vysoce selektivní antagonist 5-HT<sub>3</sub> receptorů v dávce 0,1 mg/kg, max. dávka 4 mg i.v. **Propofol** má významné antiemetické vlastnosti, které přispívají k nízké incidenci zvracení po anestezii propofolem. Subanestetická dávka propofolu může být použita k léčbě nevolnosti a zvracení v časném pooperačním období.

### 3.13 Pooperační směřování pacienta

Pooperační směřování pacienta záleží na **typu výkonu a použité anestezii, věku dítěte a případných perioperačních komplikacích**. Spontánně ventilující pacient s dostatečně obnovenými obrannými reflexy HCD a svalovou silou, u větších dětí i komunikující, je předáván na JIRP, nebo standardní oddělení nebo JIP. V prvním případě je předáván střednímu zdravotnickému pracovníkovi, v případě JIP lékaři.

Pooperační umělá plicní ventilace je indikována u těžkých, komplikovaných výkonů. Možnost umístit pacienta na ventilované lůžko je ve většině nemocnic faktorem limitujícím složení dětského operačního programu.

Vzhledem k výrazně vyššímu útlumu dýchání po opioidech, které pozorujeme u novorozenců a malých kojenců, je pooperační UPV potřebná takřka po všech větších operačních výkonech. Zjednodušeně lze říci, že pyloromyotomie je výkonem, kde se o extubaci rozhodujeme dle stavu pacienta. Všechny složitější a delší operace vyžadují pooperační ventilaci. Hernioplastiky a podobné výkony je naopak možné provádět bez nároku na UPV v kombinaci inhalační a kaudální epidurální anestézie.



**Obrázek 11** Vtípek, který však přesně vystihuje cíle a zároveň cestu k úspěšné dětské anestézii