



**POLSKIE TOWARZYSTWO
ANESTEZJOLOGII I INTENSYWNEJ
TERAPII**

■■■■■■■ **Stanowisko**
Sekcji Anestezjologii
i Intensywnej Terapii
Dziecięcej PTAiT
w sprawie znieczulania
dzieci przed ukończeniem
3. roku życia

Wszelkie prawa zastrzeżone. Żadna część tej publikacji nie może być kopiowana, przechowywana w jakiegokolwiek formie pamięci ani przesyłana elektronicznie, mechanicznie, za pomocą fotokopii, nagrań lub w inny sposób, bez uprzedniej pisemnej zgody Polskiego Towarzystwa Anestezjologii i Intensywnej Terapii.

Ta publikacja ma charakter informacyjno-edukacyjny. Chociaż starano się, aby zawarte w niej informacje, zwłaszcza dotyczące dawkowania leków, były poprawne, ostateczne decyzje dotyczące ich stosowania należą do lekarza.

Publikacja nie ma na celu zastąpienia profesjonalnej opieki medycznej w zakresie diagnozy ani terapii. Autorzy ponoszą odpowiedzialność za treść publikacji, która nie jest równoznaczna z indywidualnymi poradami lekarskimi. W odniesieniu do informacji o lekach starano się zapewnić rzetelność i aktualność, ale ostateczne źródło informacji o lekach stanowią obowiązujące akty prawne, a informacje handlowe są dostępne w ofertach aptek. Jedyną prawidłową informacją na temat leków jest aktualna charakterystyka produktu leczniczego (ChPL) oraz ulotka producenta.

Autorzy, konsultanci i wydawcy publikacji nie ponoszą odpowiedzialności za ewentualne błędy lub szkody wynikłe z korzystania z zawartych w niej informacji. W szczególności nie są odpowiedzialni za roszczenia prawne dotyczące leków i substancji chemicznych znajdujących się w fazie badań klinicznych.

■ Stanowisko Sekcji Anestezjologii i Intensywnej Terapii Dziecięcej PTAiT w sprawie znieczulania dzieci przed ukończeniem 3. roku życia

Marzena Zielińska^{1,2}, Alicja Bartkowska-Śniatkowska³, Magdalena Mierzewska-Schmidt⁴, Jowita Biernawska⁵, Elżbieta Byrska-Maciejasz⁶, Maciej Cettler⁷, Magdalena Chęcińska², Maria Damps⁸, Anna Kubica-Cielińska^{1,2}, Małgorzata Mikaszewska-Sokolewicz⁹, Jowita Rosada-Kurasińska³, Beata Rybojad^{10,11}, Tomasz Sikorski^{12,13}, Magdalena Świder¹⁴, Mariola Tałałaj¹⁵, Izabela Pągowska-Klimek⁴

- ¹ Katedra Anestezjologii i Intensywnej Terapii, Uniwersytet Medyczny im. Piastów Śląskich we Wrocławiu
- ² Oddział Kliniczny Anestezjologii i Intensywnej Terapii Dziecięcej, Uniwersytecki Szpital Kliniczny we Wrocławiu
- ³ Uniwersytet Medyczny im. Karola Marcinkowskiego w Poznaniu, Instytut Pediatrii / Klinika Anestezjologii i Intensywnej Terapii Pediatrycznej
- ⁴ Klinika Anestezjologii i Intensywnej Terapii Dziecięcej, Warszawski Uniwersytet Medyczny
- ⁵ Klinika Anestezjologii i Intensywnej Terapii, Pomorski Uniwersytet Medyczny w Szczecinie
- ⁶ Oddział Anestezjologii i Intensywnej Terapii, Uniwersytecki Szpital Dziecięcy w Krakowie
- ⁷ Oddział Anestezjologii i Intensywnej Terapii dla Dzieci, Wojewódzki Szpital Zespolony im. L. Rydgiera w Toruniu
- ⁸ Katedra Anestezjologii i Intensywnej Terapii, Górnośląskie Centrum Zdrowia Dziecka, Wydział Nauk Medycznych w Katowicach, Śląski Uniwersytet Medyczny w Katowicach
- ⁹ Klinika Anestezjologii i Intensywnej Terapii, Instytut Pomnik – Centrum Zdrowia Dziecka w Warszawie
- ¹⁰ Klinika Anestezjologii i Intensywnej Terapii, Wydział Lekarski, Uniwersytet Medyczny w Lublinie
- ¹¹ Oddział Anestezjologii i Intensywnej Terapii, Uniwersytecki Szpital Dziecięcy w Lublinie
- ¹² Klinika Anestezjologii i Intensywnej Terapii „B”, Instytut Centrum Zdrowia Matki Polki w Łodzi
- ¹³ Klinika Anestezjologii i Intensywnej Terapii, Uniwersytet Medyczny w Łodzi
- ¹⁴ Klinika Intensywnej Terapii i Anestezjologii z Ośrodkiem Ostrejch Zatruc, Pododdział Anestezjologii i Intensywnej Terapii dla Dzieci i Noworodków, Kliniczny Szpital Wojewódzki nr 2 w Rzeszowie
- ¹⁵ Klinika Anestezjologii i Intensywnej Terapii Dzieci i Młodzieży z Pododdziałem Pooperacyjnym i Leczenia Bólu, Uniwersytecki Dziecięcy Szpital Kliniczny w Białymstoku

■ **Streszczenie:** The anaesthesia of a young child under 3 years of age is a challenge for every anaesthesiologist. The peculiarities of this group of patients, particularly neonates and infants, resulting primarily from differences in both physiology, anatomy and the immaturity of individual organs which translate into different pharmacokinetics and pharmacodynamics of the drugs used in anaesthesiology, underlie the significantly more frequently recorded critical events during anaesthesia compared with the adult patient population. Concerned about the safety of children undergoing anaesthesia and aiming to ensure the highest possible quality and uniform standard of anaesthetic services, the Expert Panel of the Section of Paediatric Anaesthesiology and Intensive Therapy has prepared a Section position paper on anaesthesia in children under 3 years of age.

■ **Słowa kluczowe:** children, general anaesthesia, statement, under 3 years old

Adres do korespondencji: Marzena Zielińska, Katedra i Klinika Anestezjologii i Intensywnej Terapii, Uniwersytet Medyczny we Wrocławiu, ul. Borowska 213, 50-556 Wrocław, e-mail: marzena.zielinska@umw.edu.pl

■ SPIS TREŚCI

Spis skrótów i akronimów	3	Indukcja wziewna	18
Wprowadzenie	5	Indukcja dożylna	18
Odrębności anatomiczne i fizjologiczne małego dziecka	5	Indukcja doodbytnicza	20
Układ oddechowy	6	Indukcja donosowa	20
Układ krążenia	7	Intubacja dotchawicza	20
Układ wydalniczy	7	Ocena stopnia trudności intubacji.....	21
Inne odrębności.....	7	Ciągłe natlenianie w okresie bezdechu	21
Neurotoksyczność leków znieczulenia ogólnego	8	Urządzenia zwiększające skuteczność i bezpieczeństwo intubacji.....	21
Wyposażenie sali operacyjnej, stanowiska do znieczulenia, stolika anestezjologicznego oraz sali nadzoru poznieczuleniowego	8	Nowe strategie intubacji.....	21
Sala operacyjna	9	Techniki hybrydowe.....	21
Stanowisko znieczulenia	9	Maski krtaniowe	23
Sala nadzoru poznieczuleniowego.....	10	Podtrzymanie znieczulenia ogólnego	23
Zespół anestezjologiczny	11	Monitorowanie	23
Przygotowanie dzieci do znieczulenia	11	Tlenoterapia i wentylacja mechaniczna	23
Choroby współistniejące	12	Stosowanie tlenu w czasie znieczulenia	23
Badania dodatkowe.....	13	Wentylacja mechaniczna płuc	25
Przyjmowane leki.....	14	Objętość wentylacji.....	26
Inhibitory konwertazy angiotensyny.....	14	Częstość oddechów	26
Leki z grupy antagonistów wapnia.....	14	Dodatnie ciśnienie końcowo-wydechowe	26
Leki przeciwzakrzepowe	14	Manewry rekrutacyjne	26
Wcześniejsze przetoczenia preparatów krwi i ich ewentualne powikłania	15	Płynoterapia okołooperacyjna	26
Premedykacja	15	Płynoterapia przedoperacyjna.....	27
Zgoda na znieczulenie	16	Płynoterapia śródoperacyjna	27
Karencja pokarmowa	16	Płynoterapia pooperacyjna.....	28
Znieczulenie dziecka z pełnym żołądkiem	16	Wybudzanie	28
Plan operacyjny	18	Nudności i wymioty pooperacyjne	29
Metody indukcji znieczulenia	18	Skurcz głośni	30
		Leczenie bólu pooperacyjnego	30
		Podsumowanie	35
		Piśmiennictwo	35

SPIS SKRÓTÓW I AKRONIMÓW

ACEI – <i>angiotensin-converting enzyme inhibitors</i> – inhibitory konwertazy angiotensyny	EKG – elektrokardiografia
ADD – <i>attention deficit disorder</i> – zaburzenia koncentracji uwagi	EMA – <i>European Medicines Agency</i> – Europejska Agencja Leków
ADH – <i>antidiuretic hormone</i> – hormon antydiuretyczny	ERAS – <i>enhanced recovery after surgery</i>
ADHD – <i>attention deficit hyperactivity disorder</i> – zespół nadpobudliwości psychoruchowej z deficytem uwagi	ESC – <i>European Society of Cardiology</i>
AEFI – <i>adverse event following immunization</i> – odczyn poszczepienny	ESPA – <i>European Society for Paediatric Anaesthesiology</i>
ALT – <i>alanine aminotransferase</i> – aminotransferaza alaninowa	ETT – <i>endotracheal tube</i> – rurka intubacyjna
APRICOT – <i>Anaesthesia PRactice in Children Observational Trial</i>	FDA – <i>Food and Drug Administration</i> – Agencja do spraw Żywności i Leków
aPTT – <i>activated partial thromboplastin time</i> – czas częściowej tromboplastyny po aktywacji	FiO ₂ – <i>fraction of inspired oxygen</i> – ilość tlenu w mieszaninie oddechowej
ARB – <i>angiotensin receptor blockers</i> – antagonist receptoru angiotensyny	FLACC – <i>Face, Legs, Activity, Cry, Consolability scale</i>
ASA – <i>acetylosalicylic acid</i> – kwas acetylosalicylowy	FRC – <i>functional residual capacity</i> – czynnościowa pojemność zalegająca
ASA – <i>American Society of Anesthesiologists</i>	GABA – <i>gamma-aminobutyric acid</i> – kwas gamma-aminomasłowy
AST – <i>aspartate aminotransferase</i> – aminotransferaza asparaginianowa	GAS study – <i>general anaesthesia and awake-regional anaesthesia in infancy</i>
BP – <i>blood pressure</i> – ciśnienie tętnicze	GFR – <i>glomerular filtration rate</i> – wskaźnik przesączenia kłębuszkowego
BPD – <i>bronchopulmonary dysplasia</i> – dysplazja oskrzelowo-płucna	HbF – <i>fetal hemoglobin</i> – hemoglobina płodowa
CBF – <i>cerebral blood flow</i> – przepływ mózgowy krwi	HR – <i>heart rate</i> – częstość akcji serca
CMRO ₂ – <i>cerebral metabolic rate for oxygen</i> – zużycie mózgowe tlenu	IASP – <i>International Association for the Study of Pain</i> – Międzynarodowe Stowarzyszenie Badań nad Bólem
CUPURway Score – <i>Colorado Pediatric Airway Score</i>	IBW – <i>ideal body weight</i> – idealna masa ciała
CPP – <i>cerebral perfusion pressure</i> – ciśnienie perfuzyjne mózgu	ICH – <i>intracranial hemorrhage</i> – krwawienie śródczaszkowe
CRIES – <i>Cry, Requires increased oxygen administration, Increased vital signs, Expression, Sleepless</i>	ICP – <i>intracranial pressure</i> – ciśnienie śródczaszkowe
CVP – <i>central venous pressure</i> – ośrodkowe ciśnienie żyłne	ID – <i>internal diameter</i> – wewnętrzna średnica
DeHaBePA – Deklaracja Helsińska o Bezpieczeństwie Pacjenta w Anestezjologii	INR – <i>international normalized ratio</i> – międzynarodowy wskaźnik znormalizowany
DL – <i>direct laryngoscopy</i> – laryngoskopia bezpośrednia	IOP – <i>intraocular pressure</i> – ciśnienie śródgałkowe
DMD – <i>Duchenne muscular dystrophy</i> – dystrofia mięśni Duchenne'a	KOR – <i>κ-opioid receptor</i> – κ-receptor opioidowy
DOAC – <i>direct oral anticoagulant inhibitors</i> – bezpośrednie doustne inhibitory krzepnięcia	LFA – <i>low-flow anaesthesia</i> – technika małych przepływów
DOR – <i>δ-opioid receptor</i> – δ-receptor opioidowy	LMA – <i>laryngeal mask airway</i> – maska krtaniowa
ECHO – echokardiografia	LMWH – <i>low-molecular-heparin weight</i> – heparyna drobnocząsteczkowa
	LVEF – <i>left ventricular ejection fraction</i> – frakcja wyrzutowa lewej komory
	LZM – leki znieczulenia miejscowego
	MAP – <i>mean arterial pressure</i> – średnie ciśnienie tętnicze

MOR – <i>μ-opioid receptor</i> – μ -receptor opioidowy	PIP – <i>peak inspiratory pressure</i> – szczytowe ciśnienie wdechowe
MR – <i>magnetic resonance</i> – rezonans magnetyczny	PONV – <i>post-operative nausea and vomiting</i> – nudności i/lub wymioty w okresie pooperacyjnym
NCA – <i>nurse-controlled analgesia</i> – analgezja kontrolowana przez pielęgniarkę	POV – <i>post-operative vomiting</i> – wymioty w okresie pooperacyjnym
NEC – <i>necrotizing enterocolitis</i> – martwicze zapalenie jelit	PRVC – <i>pressure-regulated volume control</i> – wentylacja regulowana ciśnieniem z kontrolowaną objętością
NECTARINE – <i>The NEonate-Children sTudy of Anaesthesia pRactice IN Europe</i>	PSV – <i>pressure support ventilation</i> – wentylacja wspomagana ciśnieniem
NIRS – <i>near infrared spectroscopy</i> – spektroskopia bliskiej podczerwieni	PT – <i>prothrombin time</i> – czas protrombinowy
NLPZ – niesteroidowe leki przeciwzapalne	RF – <i>respiratory frequency</i> – częstość oddechów
NMDA – <i>N-methyl-D-aspartate</i> – N-metylo-D-asparaginian	RSI – <i>rapid sequence induction</i> – „szybka indukcja”
NPA – <i>nasopharyngeal airway</i> – rurka nosowo-gardłowa	RTG – rentgenografia
NRS – <i>numerical rating scale</i> – numeryczna skala bólu	SGA – <i>small for gestational age</i> – mały jak na wiek ciążowy
OITD – oddział intensywnej terapii noworodka	SpO ₂ – saturacja krwi (wysycenie hemoglobiny tlenem)
OPA – <i>oropharyngeal airway</i> – maska ustno-gardłowa	TENS – <i>transcutaneous electrical nerve stimulation</i> – przezskórna elektrostymulacja
OSA – <i>obstructive sleep apnoea</i> – obturacyjny bezdech senny	tPA – <i>tissue plasminogen activator</i> – tkankowy aktywator plazminogenu
OUN – ośrodkowy układ nerwowy	TIVA – <i>total intravenous anaesthesia</i> – znieczulenie całkowicie dożylnie
AI-1 – <i>plasminogen activator inhibitor-1</i> – inhibitor aktywatora plazminogenu 1	TK – tomografia komputerowa
PCA – <i>patient-controlled analgesia</i> – analgezja kontrolowana przez pacjenta	TOF – <i>train of four</i> – ciąg czterech impulsów
PCV – <i>pressure-controlled ventilation</i> – wentylacja kontrolowana ciśnieniem	TV – <i>tidal volume</i> – objętość oddechowa
PCV-VG – <i>pressure-controlled ventilation-volume guarantee</i> – wentylacja kontrolowana ciśnieniem z gwarantowaną objętością	UFH – <i>unfractionated heparin</i> – heparyna niefrakcjonowana
PDA – <i>patient ductus arteriosus</i> – przetrwały przewód tętniczy	VAS – <i>visual analogue scale</i> – wizualna skala analogowa
PeDIR – Rejestr Trudnych Intubacji Pediatrycznych	VCV – <i>volume-controlled ventilation</i> – wentylacja kontrolowana objętością
PEEP – <i>positive and expiratory pressure</i> – dodatnie ciśnienie końcowo-wydechowe	VIMA – <i>volatile induction and maintenance of anaesthesia</i> – wziewna indukcja znieczulenia
	VR – <i>virtual reality</i> – rzeczywistość wirtualna

Wprowadzenie

Znieczulenie małego dziecka do ukończenia 3. r.ż. stanowi wyzwanie dla każdego anestezjologa. Specyfika tej grupy pacjentów, a w tym szczególnie noworodków i niemowląt, wynika przede wszystkim z odmienności zarówno w zakresie fizjologii, anatomii, jak i niedojrzałości poszczególnych narządów, co przekłada się na odmienną farmakokinetykę i farmakodynamikę stosowanych w anestezjologii leków. Stoi to u podstaw znacznie częściej rejestrowanych zdarzeń krytycznych w trakcie znieczulenia w porównaniu z populacją osób dorosłych [1–4].

Częstość zdarzeń krytycznych, zarówno tych ze strony układu oddechowego, jak i układu krążenia, u dzieci znieczulanych w Europie zgodnie z danymi pochodzącymi z badania *Anaesthesia PRactice in Children Observational Trial* (APRICOT) opublikowanego w 2018 roku wynosiła 5,3%. Dane pobrano z 261 szpitali z 31 krajów europejskich i objęły grupę ponad 30 tys. znieczulanych w tych ośrodkach dzieci. Dominowały przede wszystkim zdarzenia krytyczne ze strony układu oddechowego, jednak częstość zdarzeń niepożądanych ze strony układu krążenia w tym badaniu również osiągnęła znaczący odsetek, bo aż 1,9% [1].

Im młodsze dziecko, tym większe prawdopodobieństwo wystąpienia takich zdarzeń. Potwierdził to wynik kolejnego wieloośrodkowego badania europejskiego *The NEonate-Children sTudy of Anaesthesia pRactice IN Europe* (NECTARINE) poświęconego analizie tychże w populacji dzieci najmłodszych, poniżej 3. m.ż. W tej grupie pacjentów odnotowano aż 35,3% zdarzeń krytycznych wymagających interwencji anestezjologa [2].

Wśród czynników ryzyka zdarzeń niepożądanych/krytycznych wymienia się:

- 1) wiek dziecka (< 3. r.ż.),
- 2) schorzenia współistniejące,
- 3) aktualny stan fizyczny.

Te trzy wskaźniki istotnie statystycznie wpływają na częstość występowania powikłań.

Z kolei czynnikiem zmniejszającym ryzyko wystąpienia powikłań, zwłaszcza u najciężiej chorych dzieci – na który zwrócono szczególną uwagę – było doświadczenie anestezjologa znieczulającego dziecko. Każdy rok dodatkowego doświadczenia w pracy z dziećmi zmniejszał o 1% ryzyko wystąpienia zarówno krytycznych zdarzeń oddechowych, jak i krążeniowych [1].

U podstaw bezpieczeństwa znieczulanych dzieci stoją zatem wiedza i doświadczenie osób odpowiedzialnych za znieczulenie, zarówno lekarza

anestezjologa, jak i pielęgniarki anestezjologicznej wraz z odpowiednio wyposażoną salą operacyjną, stanowiskiem znieczulenia oraz salą nadzoru poznieczuleniowego.

Sekcja Anestezjologii i Intensywnej Terapii Dziecięcej Polskiego Towarzystwa Anestezjologii i Intensywnej Terapii (PTAiT) uważnie śledzi dokonujące się w ostatnich dwóch dekadach dynamiczne zmiany na rynku świadczeń medycznych – rosnącą liczbę usługodawców, poszerzający się wachlarz świadczeń oferowanych w znieczuleniu, coraz większy odsetek podmiotów jednoosobowych oferujących świadczenia anestezjologiczne, wprowadzone zmiany w zakresie szkolenia i egzekwowania wiedzy, umiejętności i kompetencji specjalistów anestezjologii i intensywnej terapii oraz często niesymetryczne zróżnicowanie zespołów pod względem doświadczenia, wiedzy, wieku, umiejętności i kompetencji.

W trosce o bezpieczeństwo znieczulanych dzieci i dążeniu do zapewnienia możliwie wysokiej jakości i jednolitego standardu świadczeń anestezjologicznych Panel Ekspertów Sekcji Anestezjologii i Intensywnej Terapii Dziecięcej przygotował stanowisko Sekcji w sprawie znieczulania dzieci do 3. r.ż.

Do zagwarantowania tego bezpieczeństwa zobowiązują Karta Praw Dziecka oraz Konwencja o Prawach Dziecka z 20 listopada 1989 roku, a także Deklaracja Helsińska o Bezpieczeństwie Pacjenta w Anestezjologii (DeHaBePA) podpisana przez Polskie Towarzystwo Anestezjologii i Intensywnej Terapii 13 czerwca 2010 roku [5, 6].

Wierzimy, że Stanowisko spotka się z zainteresowaniem i uznaniem specjalistów i szkolących się lekarzy oraz zachęci lekarzy anestezjologów do zgłębiania wiedzy i pozyskania praktycznych umiejętności w jednostkach prowadzących szkolenie w zakresie anestezjologii i intensywnej terapii dzieci.

Odrębności anatomiczne i fizjologiczne małego dziecka

Odmienności anatomiczne i fizjologiczne dziecka, a zwłaszcza noworodka, sprawiają, że znieczulenie pacjenta pediatrycznego wymaga odrębnych kwalifikacji i doświadczenia, a dla anestezjologów niepracujących na co dzień z dziećmi stanowią prawdziwe wyzwanie. Są one przyczyną nieco innych reakcji dziecka na znieczulenie obserwowane u dorosłych i – jak wspomniano – stanowią czynniki ryzyka rozwoju powikłań, zarówno oddechowych, jak i krążeniowych.

Adaptacja do życia pozałonowego jest okresem ogromnych przekształceń w organizmie człowieka i jakakolwiek ingerencja medyczna w tym czasie stwarza znaczące ryzyko zaburzeń kruchej homeostazy ustrojowej. Planowe operacje – inne niż te wynikające z konieczności korekcji wad wrodzonych – nie powinny być wykonywane u dzieci przed ukończeniem przez nie 46.–48. tygodnia życia, licząc od poczęcia [7].

Układ oddechowy

Budowa dróg oddechowych w okresie noworodkowym odbiega od opisywanej u starszych dzieci i dorosłych. Jest dostosowana do stopnia dojrzałości tkanek płuc i odmiennej w tym okresie życia mechaniki oddychania.

Drogi oddechowe noworodka charakteryzują:

- wąskie i długie nozdrza,
- duży w stosunku do wymiarów jamy ustnej język, przesunięty ku tyłowi (nasada łatwo blokuje wejście do górnych dróg oddechowych),
- wysokie ustawienie krtani,
- wąska, długa i zwisająca nagłośnia (utrudnia intubację),
- ostry kąt utworzony przez szparę głośni i podstawy języka (z tego powodu na ogół łatwiej jest zaintubować tchawicę noworodka przy użyciu prostej łopatki laryngoskopu),
- położenie strun głosowych na wysokości czwartego kręgu szyjnego (C4),
- tak zwane fizjologiczne zwężenie podgłośnia będące najwęższym miejscem krtani – na wysokości chrząstki pierścieniowatej tuż poniżej strun głosowych, powodowane skośnym w stosunku do tylnej ściany krtani ustawieniem błony pierścienno-tarczowej,
- krótka i wąska tchawica (konieczna precyzyjna ocena głębokości, na jaką wsuwa się rurkę intubacyjną),
- błona śluzowa wyściełająca górne drogi oddechowe luźno związana z podłożem (sprzyja to gromadzeniu się pod jej powierzchnią płynu przesiąkowego wydzielanego jako efekt reakcji zapalnej, a także urazu związanego z intubacją i tym samym prowadzi do szybkiego narastania obrzęku),
- niewielka odległość pomiędzy fizjologicznym zwężeniem podgłośniowym – chrząstką pierścieniową a rozwidleniem tchawicy (łatwe

przemieszczanie się rurki intubacyjnej do jednego z oskrzeli głównych),

- mniejsza średnica światła oskrzeli i oskrzelików (większe prawdopodobieństwo ich obturacji),
- brak skostnienia żeber (mniejsza stabilność klatki piersiowej, jej duża podatność),
- miękka struktura tkanki chrzęstnej budującej krtań i tchawicę (sprzyjająca zapadaniu się ich światła).

Układ oddechowy dziecka w okresie adaptacyjnym jest wysoce niedojrzały. Podstawowy mięsień oddechowy – przepona – oraz elastyczna klatka piersiowa uniemożliwiają pogłębianie oddechu.

Czynnościowa pojemność zalegająca (FRC – *functional residual capacity*) zależy od mało wydolnej funkcji czynnika powierzchniowego w nabłonku płucnym – surfaktantu (czynnik statyczny) – oraz od utrzymywania stałego dodatniego ciśnienia w drogach oddechowych poprzez fizjologiczne zwężenie podgłośnia, krótki czas wydechu oraz nieotwierającą się całkowicie głośnię (czynniki aktywne). Intubacja tchawicy noworodka znosi działanie czynników aktywnych i stąd między innymi wynika konieczność zapewnienia zaintubowanemu noworodkowi i niemowlęciu stałego dodatniego ciśnienia końcowo-wydechowego (PEEP – *positive and expiratory pressure*) [7–10].

Należy też pamiętać, że niemożność pogłębiania oddechu powoduje, że niemowlęta rozprężają sobie płuca podczas aktywnego wydechu, płaczu i stękania, dlatego po usunięciu rurki intubacyjnej (ETT – *endotracheal tube*) istotne jest szybkie odzyskanie świadomości i odruchów obronnych, w tym płaczu.

Regulacja oddychania w dużej mierze zależy od neuronów powierzchni chemowrażliwych rdzenia przedłużonego, a impulsacja z kłębków szyjnych nie jest dobrze odbierana w neuronach oddechowych mostu i rdzenia przedłużonego. Należy tu też pamiętać, że jest ona skutecznie tłumiona przez stosunkowo niewielkie stężenia halogenowych środków wziewnych (w stężeniu > 0,1 MAC). Napęd oddechowy determinuje więc przede wszystkim pH płynu mózgowo-rdzeniowego, w którym zmiany są odwrotnie proporcjonalne do PaCO_2 i oczywiście zachodzą stosunkowo wolno. Przy znacznie szybszym niż u człowieka dorosłego zużyciu tlenu w stosunku do jego zawartości w FRC niezmernie łatwo dochodzi do niedotlenienia ustroju [7–12].

W tabeli 1 przedstawiono wartości wybranych parametrów oddechowych w poszczególnych grupach pacjentów.

Tabela 1. Wartości wybranych parametrów układu oddechowego w poszczególnych grupach wiekowych

Parametr	Niemowlę	Dziecko	Dorosły
Podatność	1,5–2 ml cm H ₂ O ⁻¹ kg ⁻¹	2,5–3 ml cm H ₂ O ⁻¹ kg ⁻¹	100 ml cm H ₂ O ⁻¹
Opór dróg oddechowych	20–40 cm H ₂ O l ⁻¹ s ⁻¹	20–40 cm H ₂ O l ⁻¹ s ⁻¹	1–2 cm H ₂ O l ⁻¹ s ⁻¹
Objętość oddechowa	4–8 ml kg ⁻¹	4–8 ml kg ⁻¹	6–8 ml kg ⁻¹
Częstość oddechów na minutę	20–60	20–30	12–20

Tabela 2. Wartości wybranych parametrów układu krążenia w poszczególnych grupach wiekowych dzieci

Wiek	Częstość akcji serca [min ⁻¹]	Skurczowe ciśnienie tętnicze [mm Hg]
Noworodek	120–160	60–75
1.–6. miesiąca	110–140	65–85
6.–12. miesiąca	100–140	70–90
1–2 lat	90–130	75–95
3–5 lat	80–120	80–100
6–8 lat	75–115	85–105
9–12 lat	70–110	90–115
13–16 lat	60–110	95–120
> 16. r.ż.	60–100	100–125

Układ krążenia

Duże zapotrzebowanie na tlen sprawia, że w pierwszych miesiącach życia dziecko potrzebuje relatywnie znacznie większego rzutu serca. U noworodka rzut serca jest trzy razy większy w porównaniu z dorosłym człowiekiem.

Układ krążenia dziecka cechuje się niezdolnością serca do zwiększania objętości wyrzutowej w myśl prawa Franka-Starlinga i, co za tym idzie, złą tolerancją obciążenia płynami, niskooporowym krążeniem systemowym i wysokooporowym łóżyskiem płucnym. Ciśnienie tętnicze w tym okresie życia zależy praktycznie od częstości akcji serca (HR – *heart rate*) i wypełnienia łóżyska naczyniowego, a depresja mięśnia sercowego przez środki anestetyczne czy też spowodowane przez nie rozszerzenie łóżyska obwodowego są źle tolerowane i trudne do odwrócenia.

W porównaniu z dojrzałym sercem serce noworodka ma gorszą podatność rozkurczową. Jest za to bardzo wrażliwe na stężenie wapnia zjonizowanego [8–10, 13].

Dominacja układu przywspółczulnego powoduje, że dziecko ma tendencję do odruchowej bradykardii, na przykład przy skurczu głośni. Bradykardia prowadzi do spadku rzutu serca i hipotensji, przy słabej reakcji na katecholaminy, wynikającej z niewielkiej

gęstości receptorów alfa-adrenergicznych w naczyniach obwodowych.

W tabeli 2 przedstawiono wartości wybranych parametrów układu krążenia w poszczególnych grupach wiekowych dzieci.

Układ wydalniczy

Układ wydalniczy u dzieci i dorosłych różni się:

- wskaźnikiem przesączenia kłębuszkowego (GFR – *glomerular filtration rate*) – jest mniejszy z powodu niskiego ciśnienia filtracji, wysokiego oporu naczyń nerkowych i małej powierzchni filtracji,
- niedojrzałym zagęszczaniem (ale też gorszym rozcieńczaniem) moczu oraz regulacją stężenia sodu.

Niedojrzałość układu wydalniczego powoduje zmniejszoną tolerancję na przewodnienie i opóźnioną eliminację leków wydalanych przez nerki → konieczne są staranny bilans płynowy i odpowiednie dawkowanie leków [8, 9, 13].

Inne odrębności

Wśród pozostałych odrębności charakteryzujących dzieci do 3. r.ż. wymienia się:

- niedojrzałość wątroby – znaczącą dla metabolizmu leków,

- mniejsze rezerwy glikogenu – skutkujące skłonnością do hipoglikemii,
- niedojrzałość układu odpornościowego – sprzyjającą zakażeniom → konieczne są szczególnie reżim sanitarny, odpowiednia antybiotykowa profilaktyka okołoperacyjna,
- dysproporcję pomiędzy masą i powierzchnią ciała – usposabiającą do wychłodzenia → konieczne zapewnienie komfortu cieplnego,
- niedojrzałą skórę – sprzyjającą dużej niedostrzegalnej utracie wody,
- niskie stężenie albumin u noworodków – zwiększające frakcję wolną, czyli aktywną leków [8, 9, 13].

Neurotoksyczność leków znieczulenia ogólnego

Od ponad dwóch dekad trwa w środowisku anestezyjologów (zwłaszcza tych, którzy na co dzień zajmują się znieczuleniem dzieci) dyskusja na temat potencjalnie neurotoksycznego wpływu środków anestetycznych na niedojrzały, rozwijający się ośrodkowy układ nerwowy (OUN) małego dziecka. Podstawą do tych rozważań stały się opublikowane przez Jevtovic-Todorovic i wsp. [14] wyniki badań przedklinicznych nad wpływem na funkcje poznawcze leków wykorzystywanych w znieczuleniu ogólnym podawanych zwierzętom – gryzoniom w okresie noworodkowym. Wyniki przeprowadzanych i publikowanych badań tego i innych zespołów nad wpływem ketaminy, benzodiazepin, barbituranów, propofolu, a wreszcie anestetyków wziewnych, między innymi izofluranu, na niedojrzały mózg przedstawicieli różnych gatunków zwierząt, w tym również naczelnych, w znakomitej większości przypadków dowodziły ich silnie neurodegeneracyjnego działania, głównie w mechanizmie znacznego nasilenia apoptozy [15–17].

Piśmiennictwo medyczne z obszaru badań laboratoryjnych dostarcza wielu dowodów popierających tezę o neurotoksycznym i neurodegeneracyjnym wpływie anestetyków na niedojrzały mózg. Problem polega na tym, że nie znajdują one wystarczającego odzwierciedlenia w badaniach klinicznych przeprowadzonych u ludzi. Dostępne badania kohortowe nie pozwalają na formułowanie jednoznacznych wniosków.

Wyniki części z nich potwierdzają, że jednokrotna ekspozycja na anestetyki w okresie największego zagrożenia ich potencjalnym neurotoksycznym działaniem na dojrzewający OUN dziecka nie powinna wywołać trwałych zaburzeń funkcji poznawczych ani

zaburzeń behawioralnych. Powtarzanie ekspozycji (podczas kilku następujących po sobie zabiegów operacyjnych) zwiększa jednak istotnie prawdopodobieństwo powstania owych zaburzeń [18–21].

Wynik wielośrodkowego, prospektywnego badania z randomizacją (o roboczym tytule *GAS study – general anaesthesia and awake-regional anaesthesia in infancy*), w którym porównano wpływ dwóch metod znieczulenia: ogólnego i regionalnego (podpajęcznikowego) u niemowląt operowanych w pierwszych 3 m.ż. z powodu przepukliny pachwinowej na iloraz inteligencji tych dzieci mierzony za pomocą specjalnego testu w 5. r.ż., wykazał, że otrzymane wyniki nie różniły się w sposób istotny pomiędzy obiema badanymi grupami dzieci. Pozwoliło to na sformułowanie wniosku, że jednorazowa ekspozycja dziecka na działanie leków znieczulenia ogólnego poddanego operacji trwającej do jednej godziny nie wpływa na jego funkcje behawioralne i kognitywne oceniane zarówno w 2., jak i w 5. r.ż. [22].

Wobec braku jednoznacznych wyników badań klinicznych i jednocześnie alarmujących wyników badań laboratoryjnych Sekcja Anestezjologii i Intensywnej Terapii Dziecięcej PTaIT, podobnie jak amerykańska Agencja do spraw Żywności i Leków (FDA – *Food and Drug Administration*) i ESPA (*European Society for Paediatric Anaesthesiology*), podtrzymuje swoje stanowisko sformułowane po raz pierwszy w 2012 roku i zaleca daleko idącą ostrożność w kwalifikacji najmłodszych dzieci, poniżej 3. r.ż., do zabiegów planowych (mogących się odbyć bez szkody dla zdrowia pacjenta w późniejszym wieku) w znieczuleniu ogólnym [13, 23–26].

Wyposażenie sali operacyjnej, stanowiska do znieczulenia, stolika anestezjologicznego oraz sali nadzoru poznieczuleniowego

Wiek i masa ciała znieczulanego dziecka wpływają na system przygotowań i determinują rodzaj sprzętu, jaki musi być zapewniony na sali operacyjnej, stanowisku do znieczulenia oraz na sali nadzoru poznieczuleniowego.

Dzieci nie powinny przebywać w pomieszczeniach przeznaczonych dla pacjentów dorosłych. W szpitalu, w którym leczone, znieczulane i operowane są dzieci, muszą być wydzielone osobne pomieszczenia przeznaczone tylko dla nich.

Wystrój pomieszczeń powinien zaspokajać specyficzne dla ich wieku potrzeby emocjonalne i estetyczne. W szpitalu, w którym są wykonywane zabiegi na rzecz pacjentów dorosłych oraz na rzecz dzieci, plan zabiegów powinien dodatkowo uwzględniać zasadę rozdziału czasowego lub przestrzennego wykonywania zabiegów dla tych grup pacjentów [12].

Sala operacyjna

Środowisko sali operacyjnej musi umożliwiać regulację temperatury w zakresie 19–24°C, zwykle $\pm 2^\circ\text{C}$ w stosunku do zaplanowanej. Należy pamiętać, że temperatura sali operacyjnej powinna być dostosowana do wieku chorego i rodzaju planowanej operacji. Wyższa temperatura sali – najlepiej 23–24°C – obowiązuje, kiedy znieczulany jest noworodek [12]. Temperatura neutralna, czyli taka, w której szybkość metabolizmu oraz tak zwana konsumpcja tlenu są minimalne, w inkubatorze dla urodzonego o czasie noworodka wynosi około 33°C, a dla wcześniaka – około 36°C.

Urządzenia umożliwiające utrzymanie normotermii operowanego dziecka to:

- inkubator operacyjny z systemem lamp grzewczych,
- materacyk grzewczy,
- urządzenie podgrzewające środowisko wokół dziecka za pomocą ciepłego powietrza,
- okrycie głowy chroniące przed utratą ciepła przez głowę,
- folie termoizolacyjne,
- systemy podgrzewające płyny infuzyjne,
- nawilżacz i ogrzewacz mieszaniny oddechowej.

Komfort cieplny dziecka można zapewnić także poprzez:

- unikanie utraty ciepła przez przewodzenie,
- minimalizację jego kontaktu z chłodnymi elementami wyposażenia,
- zmniejszenie strat ciepła przez parowanie poprzez ograniczenie do minimum powierzchni ciała poddawanych myciu czy dezynfekcji,
- zapobieganie utracie ciepła przez konwekcję – ograniczenie ruchu chłodnego powietrza wokół chorego,
- wykonywanie procedur w sposób zaplanowany, celowany i bez zbędnej zwłoki.

Należy także zwrócić uwagę na wrażliwość skóry noworodków, a zwłaszcza wcześniaków, na oparzenia. Dlatego niedozwolone jest stosowanie jakichkolwiek

sposobów bezpośredniego ogrzewania dziecka, które nie dają możliwości kontroli temperatury [8, 10, 12, 27].

Stanowisko znieczulenia

Wypożyczenie stanowiska znieczulenia powinno być zgodne z obowiązującym Rozporządzeniem Ministra Zdrowia z dnia 16 grudnia 2016 roku (z późniejszymi zmianami) w sprawie standardu organizacyjnego opieki zdrowotnej w dziedzinie anestezjologii i intensywnej terapii [27].

Ze względu na masę ciała oraz wiek znieczulanego pacjenta stanowisko musi zawierać elementy uwzględniające specyfikę znieczulenia małego dziecka:

1. Aparat do znieczulenia wyposażony w:

- respirator umożliwiający wentylację płuc dziecka o parametrach dostosowanych do masy ciała i wieku dziecka, tj. o małej podatności, z regulacją małych objętości oddechowych (od 10 ml), dużej częstości oddechów (do 80 min⁻¹), różnych ciśnień wdechowych (10–60 mm Hg),
- nawilżacz i ogrzewacz gazów oddechowych,
- układ okrężny z odpowiednio małą średnicą przewodów układu oddechowego,
- parowniki anestetyków wziewnych,
- ssak,
- alarm nadmiernego ciśnienia w układzie oddechowym,
- alarm rozłączenia w układzie oddechowym,
- urządzenie ciągłego pomiaru częstości oddychania,
- urządzenie ciągłego pomiaru objętości oddechowych.

2. Dostosowane do wieku i masy ciała chorego systemy monitorujące następujące parametry [27, 28]:

- HR
- zapis elektrokardiograficzny (muszą być dostępne elektrody przeznaczone dla noworodka),
- wysycenie tlenem hemoglobiny krwi tętniczej (pulsoksymetr musi być wyposażony w opaski lub klipsy przeznaczone do pomiaru saturacji u noworodka i niemowlęcia),
- nieinwazyjny pomiar ciśnienia tętniczego (komplet mankietów noworodkowych i niemowlęcych),
- inwazyjny pomiar ciśnienia tętniczego,
- analizę składu mieszaniny oddechowej,
- monitorowanie gazów anestetycznych,
- centralną i obwodową temperaturę ciała,
- pomiar blokady nerwowo-mięśniowej.

Dodatkowo warto zapewnić możliwość monitorowania oksymetrii mózgowej (NIRS – *near infrared spectroscopy*).

3. Stolik anestezjologiczny wyposażony w:

- cewniki do dostępów do żył centralnych (o średnicy 3–4,5 F; dla wcześniaków rekomendowane mniejsze rozmiary),
- cewniki do dostępów do żył obwodowych (o średnicy 0,6–1,0 mm),
- cewniki do kaniulacji tętnic (22 G i 20 G),
- cewniki do odsysania – od 6 F, 8 F i 10 F (średnica cewnika powinna wynosić 1/3 średnicy rurki intubacyjnej),
- rurki intubacyjne o wymiarach 2–5 mm (bez mankieta lub z mankiem niskociśnieniowym),
- setony,
- rurki ustno-gardłowe (od: 000, 00, 0, poprzez większe dla większych dzieci),
- przezroczyste maski twarzowe (od rozmiaru ≥ 0),
- maski krtaniowe (rozmiary od: 1 i 1,5 i 2, dostosowane do masy ciała dziecka),
- laryngoskop/wideolaryngoskop z łopatką intubacyjną małą prostą i/lub zakrzywioną – rozmiary od: 000, 00, 0, 1 (dla najmniejszych pacjentów zalecany laryngoskop z bocznym dostępem tlenu),
- prowadnica światłowodowa lub/i bronchofibroskop,
- worki samorozprężalne dostosowane objętością do wieku i masy ciała pacjenta,
- zgłębniki żołądkowe,
- prowadnice do rurek intubacyjnych dostosowane do ich wielkości, długa i sprężysta (typ *bougie*),
- kleszczyki Magilla (małe i średnie),
- stetoskop,
- stetoskop przełykowy (opcjonalnie),
- sprzęt do szybkich przetoczeń płynów,
- sprzęt do regulowanych przetoczeń płynów,
- cewniki do cewnikowania pęcherza moczowego (od 6–10 F),
- zestaw do trudnej intubacji, a w tym wideolaryngoskop, bronchofibroskop, prowadnica światłowodowa, prowadnice typu *bougie*,
- urządzenie typu *quick-trach* do ratunkowej konikotomii dla dzieci powyżej wieku niemowlęcego,
- pompy infuzyjne strzykawkowe – co najmniej 3 sztuki,
- defibrylator z możliwością wykonania kardiowersji i elektrostymulacji – co najmniej jeden na zespół połączonych ze sobą stanowisk znieczulenia lub wyodrębnioną salę operacyjną.

Pomocne mogą być różnego typu aplikacje na telefon (np. PediHelp, Anesthesiologist) z przeliczaniem dawek względem wieku i masy ciała lub wydrukowane schematy postępowania anestezjologicznego z dawkowaniem poszczególnych leków.

W przypadkach wykonywania blokad regionalnych:

- igły i/lub zestawy do wykonania znieczulenia regionalnego centralnego z odpowiedniej wielkości cewnikami,
- igły do znieczulenia regionalnego obwodowego o rozmiarach dostosowanych dla poszczególnych grup pacjentów pediatrycznych (najlepiej z oznaczeniami widocznymi w USG),
- pompy elastomerowe (z ustalonym, najlepiej regulowanym, przepływem do znieczulenia regionalnego), ewentualnie pompy strzykawkowe do infuzji ciągłej (specjalnie zabezpieczone przed przypadkowym podaniem większej dawki leku), dostosowane do wieku i masy ciała dziecka,
- aparat USG,
- neurostymulator – opcjonalnie,
- miernik ciśnienia iniekcji – opcjonalnie,
- 20-procentowa emulsja tłuszczowa.

Sala nadzoru poznieczuleniowego

W bezpośrednim okresie pooperacyjnym pacjenta umieszcza się na sali nadzoru poznieczuleniowego:

- odrębnej dla dzieci i znajdującej się w obrębie bloku operacyjnego lub w jego bliskim sąsiedztwie,
- **z zalecaną stałą obecnością na niej lekarza specjalisty anestezjologii i intensywnej terapii lub co najmniej zapewnionym stałym z nim kontaktem,**
- z bezpośrednim nadzorem nad pacjentem prowadzonym przez pielęgniarki anestezjologiczne, którym należy zapewnić środki techniczne umożliwiające stały kontakt z lekarzem specjalistą anestezjologii i intensywnej terapii,
- ze stosunkiem liczby pielęgniarek anestezjologicznych na każdej zmianie do liczby faktycznie obłożonych stanowisk nadzoru poznieczuleniowego nie mniejszym niż 1:4 – wskazane jest, by na 2 dzieci przypadała 1 pielęgniarka.

Zgodnie ze wspomnianym rozporządzeniem ministra zdrowia na sali nadzoru poznieczuleniowego powinny się znajdować [26]:

- wózek reanimacyjny i zestaw do konikotomii,
- defibrylator z możliwością wykonania kardiowersji,

- respirator z możliwością regulacji stężenia tlenu w zakresie 21–100%,
- elektryczne urządzenia do ssania (co najmniej 1 na 3 stanowiska nadzoru).

Stanowiska nadzoru poznieczuleniowego muszą być wyposażone w:

- źródło tlenu, powietrza i próżni,
- aparat do pomiaru ciśnienia tętniczego,
- monitor elektrokardiograficzny,
- pulsoksymetr,
- termometr.

Na sali nadzoru poznieczuleniowego konieczne jest **zapewnienie możliwości bezpośredniej obserwacji pacjenta** lub przy użyciu kamer wyposażonych w funkcje autostartu, pozwalających w szczególności na obserwację twarzy.

Na tego typu sali powinien się także znajdować przyłóżkowy aparat USG, który obecnie uważany jest za narzędzie standardowo używane przy wykonywaniu inwazyjnych procedur: kaniulacji naczyń czy znieczulenia regionalnego. Wykorzystuje się go także do rozpoznawania ewentualnych powikłań i oceny poszczególnych narządów (np. płuc, jamy brzusznej i innych).

Zaleca się również wyposażenie sali nadzoru poznieczuleniowego w aparat do pomiaru parametrów krytycznych, a także w zestaw sprzętu do udrożnienia dróg oddechowych na wypadek zaistnienia konieczności ich nagłego zabezpieczenia. Elementy składowe takiego zestawu opisane zostały w stanowisku Sekcji Anestezjologii i Intensywnej Terapii Dziecięcej, Sekcji Przyrządowego Udrażniania Dróg Oddechowych Polskiego Towarzystwa Anestezjologii i Intensywnej Terapii oraz Polskiego Towarzystwa Neonatologicznego” [29].

Zespół anestezjologiczny

Zgodnie z §11 Rozporządzenia Ministra Zdrowia z dnia 16 grudnia 2016 roku (z późniejszymi zmianami) „znieczulenie u noworodka lub niemowlęcia może wykonać specjalista anestezjologii i intensywnej terapii lub lekarz anestezjolog za pisemną zgodą lekarza kierującego oddziałem anestezjologii i intensywnej terapii, oddziałem anestezjologii i intensywnej terapii dla dzieci lub oddziałem anestezjologii dla dzieci, a także lekarz

w trakcie specjalizacji pod bezpośrednim nadzorem specjalisty anestezjologii i intensywnej terapii” [28].

Zdaniem specjalistów anestezjologii i intensywnej terapii zrzeszonych w Sekcji Anestezjologii i Intensywnej Terapii Dziecięcej PTAiIT dzieci do lat 3 powinny być znieczulane przez specjalistę anestezjologii i intensywnej terapii, który ma wiedzę i doświadczenie w znieczulaniu pacjentów z tej grupy wiekowej. Jest to zgodne z opinią *European Society for Paediatric Anaesthesiology* (ESPA) i potwierdzone wynikami doświadczeń badań (APRICOT) [1].

Lekarzowi musi towarzyszyć pielęgniarka anestezjologiczna mająca wiedzę i doświadczenie z zakresu opieki nad dzieckiem poniżej 3. r.ż.

Przygotowanie dzieci do znieczulenia

Zgodnie ze wspomnianym rozporządzeniem ministra zdrowia [28] lekarz specjalista anestezjologii i intensywnej terapii lub lekarz anestezjolog, lub lekarz w trakcie specjalizacji jest zobowiązany do przeprowadzenia badań podmiotowego oraz przedmiotowego dziecka przynajmniej 24 godz. przed planową operacją w celu zakwalifikowania do znieczulenia. Według najnowszych zasad wskazane jest powołanie w szpitalu poradni anestezjologicznej, stwarzającej dogodne i komfortowe warunki do przeprowadzenia badań podmiotowego i przedmiotowego, najlepiej w specjalnym pomieszczeniu, przystosowanym do różnych grup wiekowych dzieci. Taki pokój pozwala na zachowanie intymności podczas zbierania wywiadu czy badania pacjenta.

Celem głównym podczas kwalifikacji anestezjologicznej jest postępowanie pozwalające na wybór takiej metody znieczulenia, która w optymalny sposób zapewni bezpieczeństwo pacjenta podczas znieczulania, co jest zgodne z DeHaBePA podpisaną przez Polskie Towarzystwo Anestezjologii i Intensywnej Terapii 13 czerwca 2010 roku [6]. Aby znieczulenie było bezpieczne, konieczne jest zapoznanie się z aktualną dokumentacją pacjenta, zawierającą informacje o jego stanie zdrowia, jak również innymi dokumentami, zwłaszcza dotyczącymi poprzednich pobytów szpitalnych, zabiegów i znieczuleń czy chorób współistniejących.

Podczas wizyty anestezjologicznej należy zwrócić szczególną uwagę na poniższe kwestie:

- aktualne rozpoznanie oraz planowany rodzaj zabiegu,

- dotychczasowy przebieg choroby (będącej wskazaniem do leczenia chirurgicznego lub badania diagnostycznego),
- wywiad okołoporodowy,
- choroby infekcyjne.

Przebyte choroby zakaźne w okresie 2 tygodni poprzedzających znieczulenie wykluczają możliwość przeprowadzenia zabiegu w trybie planowym ze względu na zwiększone ryzyko powikłań śród- i pooperacyjnych. Należy pamiętać, że po przebytych zakażeniach nadwrażliwość drzewa oskrzelowego może się utrzymywać nawet przez 6 tygodni, a w przypadku dzieci może to również zwiększać ryzyko powikłań ze strony układu oddechowego, przez co w określonych przypadkach ze względów bezpieczeństwa może być wskazaniem do odroczenia zabiegu o co najmniej 2 tygodnie od ustąpienia ostrych objawów.

Kryteria dyskwalifikacji z planowego znieczulenia dotyczące zakażeń obejmują:

- ostry nieżyt górnych i/lub dolnych dróg oddechowych (zaczernione gardło, katar, wilgotny kaszel, podwyższona ciepłota ciała ($> 37,8^{\circ}\text{C}$), zmiany osłuchowe nad płucami),
- antybiotykoterapia (związana z infekcją dróg oddechowych) do 2 tygodni po zakończeniu leczenia,
- choroby zakaźne.

Poniżej przedstawiono wybrane choroby zakaźne i okres, w którym pacjent nie może być znieczulany w trybie planowym:

- oспа wietrzna do 21 dni po kontakcie – chorobę uważa się za przebytą w momencie, gdy wyschnie ostatni wykwit,
- świnka do 24 dni po kontakcie – chorobę uważa się za przebytą po 10 dniach, po wystąpieniu zmian skórnych,
- odra do 12 dni po kontakcie – chorobę uważa się za przebytą po 5 dniach od wystąpienia zmian skórnych,
- różyczka do 21 dni po kontakcie – chorobę uważa się za przebytą po 7 dniach od wystąpienia zmian skórnych,
- krztusiec do 20 dni po kontakcie – chorobę uważa się za przebytą po 21 dniach od pierwszych objawów,
- w przypadku zakażenia syncytialnym wirusem oddechowym (RSV – *respiratory syncytial virus*) czas od zakończenia choroby musi wynosić 4–6 tygodni.

Choroby współistniejące

Istotne są choroby układowe mogące istotnie wpływać na planowe znieczulenie, takie jak: choroby nerwowo-mięśniowe (w tym dystrofie mięśniowe), hipertermia złośliwa, która wystąpiła u dziecka podczas poprzedniego znieczulenia lub jej występowanie w rodzinie, wrodzone zaburzenia układu krzepnięcia, wrodzone wady serca, wady i choroby innych narządów i układów. U dzieci z astmą zawsze istnieje ryzyko powikłań okołoperacyjnych, które mogą być związane na przykład ze skurczem oskrzeli. Aby znieczulenie w tej grupie chorych było bezpiecznie, konieczna jest optymalizacja ich stanu.

Istotne dla bezpieczeństwa znieczulenia są następujące sytuacje:

- **alergie/uczulenia** – należy zwrócić uwagę na uczulenia oraz alergie, szczególnie na leki, zwłaszcza te stosowane podczas znieczulenia. Trzeba uwzględnić uczulenie na lateks i alergeny powodujące reakcje krzyżowe z lateksem, takie jak kiwi, czekolada w grupie dzieci po wielokrotnych operacjach (> 5), dzieci z wrodzonymi zaburzeniami układu moczowego oraz po operacji przepukliny oponowo-rdzeniowej. Również dzieci z atopowym zapaleniem skóry należą do tej grupy;
- **szczepienia** – w przypadku szczepionek żywych (gruźlica, świnka, różyczka, odra, oспа wietrzna, rotawirusy) pacjent nie powinien być znieczulany w trybie planowym w okresie 2 tygodni od szczepienia, natomiast w przypadku pozostałych szczepionek – w okresie 2 dni od szczepienia. Jest to podyktowane ryzykiem wystąpienia poszczepiennych odczynów (AEFI – *adverse event following immunization*) i trudnością w ich diagnostyce różnicowej z pooperacyjnymi działaniami niepożądanymi;
- **wywiad rodzinny** – istotne są choroby dziedziczne w rodzinie, przebyte operacje oraz ewentualne zgony w związku z leczeniem operacyjnym. Należy zwrócić szczególną uwagę w przypadku obecności wymienionej już wyżej hipertermii złośliwej w rodzinie lub u pacjenta przy poprzednich znieczuleniach. Wymusza to zastosowanie wzmożonych środków ostrożności (pacjent powinien być operowany danego dnia jako pierwszy) i zmodyfikowanie sposobu znieczulenia, aby było bezpieczne dla pacjenta.

Badania dodatkowe

Przed znieczuleniem oraz zabiegiem anestezjolog musi zapoznać się z wynikami badań laboratoryjnych oraz obrazowych, których zakres zależy od rodzaju oraz rozległości operacji.

Na ogół u dzieci oceniane w skali *American Society of Anesthesiologists* (ASA) I lub II kwalifikowanych do zabiegów z zakresu chirurgii jednego dnia i nieobciążonych dużym ryzykiem krwawienia zaleca się wykonanie jedynie morfologii (choć i konieczność wykonania tego badania bywa w części krajów europejskich kwestionowana).

U dziecka ocenianego w skali ASA na co najmniej III lub w przypadku, gdy zabieg wiąże się z utratą dużej objętości krwi, konieczne są:

- oznaczenie grupy krwi,
- oznaczenie stężenia elektrolitów w surowicy,
- badanie układu krzepnięcia,
- oznaczenie niektórych parametrów biochemicznych, takich jak stężenia w surowicy mocznika, kreatyniny, glukozy, aktywność aminotransferazy alaninowej (ALT – *alanine aminotransferase*) oraz aminotransferazy asparaginianowej (AST – *aspartate aminotransferase*), a także ocena równowagi kwasowo-zasadowej.

Wykonanie pozostałych badań [elektrokardiografia – EKG, echokardiografia – ECHO, rentgenografia – RTG, tomografia komputerowa – TK, rezonans magnetyczny (MR – *magnetic resonance*)] powinno być uzależnione od schorzeń współistniejących, stanu ogólnego pacjenta oraz rodzaju i zakresu operacji.

U dzieci w dobrym stanie ogólnym i nieobciążonych schorzeniami współistniejącymi (w tym onkologicznymi) możliwe jest zaakceptowanie badań wykonanych 3 miesiące przed znieczuleniem, pod warunkiem że od czasu ich wykonania stan dziecka nie uległ istotnej zmianie, a wyniki tych badań były prawidłowe.

Odchylenia od normy w badaniach laboratoryjnych dyskwalifikujące z planowego zabiegu to:

- niedokrwistość: hemoglobina $< 8 \text{ g dl}^{-1}$, hematokryt $< 28\%$ w przypadku noworodków hemoglobina $< 10 \text{ g dl}^{-1}$ (z wyłączeniem pacjentów onkologicznych). Niedokrwistość stanowi istotny czynnik zwiększonego ryzyka powikłań okołoperacyjnych, dlatego należy dążyć do uzyskania wartości referencyjnych; jeżeli u dziecka stwierdzono anemię, zaleca się odroczenie planowego zabiegu, rozpoczęcie procesu diagnostycznego

i leczenia w celu wyrównania niedoborów przed operacją [30].

- dyselektrolitemie: potas, sód, wapń – poza wartościami referencyjnymi dla danej grupy wiekowej. Poniżej wartości referencyjne dla poszczególnych grup wiekowych:

- potas u dzieci do 4. t.ż.: $3,6\text{--}6,1 \text{ mmol l}^{-1}$; 2.–12. m.ż.: $3,6\text{--}5,8 \text{ mmol l}^{-1}$; 1.–18. r.ż.: $3,1\text{--}5,1 \text{ mmol l}^{-1}$;
- sód u dzieci do 4. t.ż.: $132\text{--}147 \text{ mmol l}^{-1}$; 2.–12. m.ż.: $129\text{--}143 \text{ mmol l}^{-1}$; 1.–18. r.ż.: $132\text{--}145 \text{ mmol l}^{-1}$;
- wapń (całkowity) u dzieci 0.–10. d.ż.: $1,90\text{--}2,60 \text{ mmol l}^{-1}$; 11. d.ż. do 24. m.ż.: $2,25\text{--}2,75 \text{ mmol l}^{-1}$; 2.–12. r.ż.: $2,20\text{--}2,7 \text{ mmol l}^{-1}$; powyżej 12. r.ż.: $2,20\text{--}2,65 \text{ mmol l}^{-1}$;

- małopłytkowość – pacjent zakwalifikowany do zabiegu planowego w zasadzie powinien mieć wartości prawidłowe (w zakresie normy dla wieku) liczby trombocytów; u pacjentów z objawami i chorobami współistniejącymi, mogącymi zaburzać stan układu krzepnięcia, należy ocenić takie czynniki ryzyka, jak: obecność krwawienia, rodzaj procedury operacyjnej i związane z nią ryzyko krwawienia, inne zaburzenia w badaniu koagulologicznym. Należy przetoczyć preparat płytek przed inwazyjnymi procedurami chirurgicznymi, jeśli liczba płytek wynosi $< 20 \text{ G l}^{-1}$. Jeżeli liczba płytek wynosi $20\text{--}50 \text{ G l}^{-1}$ – należy najpierw rozważyć powyższe czynniki ryzyka i wynikający z przetoczenia lub nie stosunek ryzyko/korzyści.

Zgodnie z najnowszymi rekomendacjami w przypadku braku aktywnego krwawienia należy przyjąć, że przed planowanym dużym zabiegiem operacyjnym liczba płytek nie powinna być mniejsza niż 50 G l^{-1} , przed założeniem wkłucia centralnego 20 G l^{-1} , przed biopsją wątroby 50 G l^{-1} . Liczba płytek krwi poniżej 80 G l^{-1} jest wskazaniem do diagnostyki przedoperacyjnej.

- Zaleca się wdrożenie postępowania wyrównawczego, jeśli wartości czasu protrombinowego (PT – *prothrombin time*), międzynarodowego wskaźnika znormalizowanego (INR – *international normalized ratio*) oraz czasu częściowej tromboplastyny po aktywacji (aPTT – *activated partial thromboplastin time*) przekraczają co najmniej 2 razy wartości referencyjne (dla poszczególnych grup wiekowych) [31, 32]:

- PT: $80\text{--}120\%$;
- INR: 0.–5. d.ż.: $0,53\text{--}1,62$; 6. d.ż.–3. m.ż.: $0,53\text{--}1,26$; powyżej 3. m.ż.: $0,85\text{--}1,25$;

- aPTT: 0–1 d.ż.: 31,5–54,5 s; 2.–5. d.ż.: 25,5–59,0 s;
6.–30. d.ż.: 25,5–55,5 s; 1.–3. m.ż.: 24,0–50,0 s; 4.–6.
m.ż.: 27,0–43,0 s; powyżej 6. m.ż.: 25,9–36,6 s

Uwaga!

U wcześniaków i noworodków z niską w stosunku do normy masą urodzeniową ciała (SGA – *small for gestational age*) górna granica normy aPTT może sięgać odpowiednio 95 i 77 s.

Przyjmowane leki

Anestezjolog jest zobowiązany zapoznać się z przyjmowanymi przez pacjenta lekami oraz wprowadzić modyfikacje w farmakoterapii, jeśli uzna, że dany lek może mieć wpływ na bezpieczeństwo pacjenta. Warto zaznaczyć, że niewiele jest leków, których podaż należy zaprzestać w dniach poprzedzających operację lub w dniu operacji. Do tych, których z pewnością nie należy odstawiać, zaliczają się leki przeciwpadaczkowe.

W podanych niżej przykładach zastosowano zasady analogiczne jak w przypadku wytycznych z 2022 roku odnoszących się do znieczulenia pacjenta dorosłego według Europejskiego Towarzystwa Kardiologicznego (ESC – *European Society of Cardiology*) – ocena ryzyka sercowo-naczyniowego i postępowania u pacjentów poddawanych operacjom niekardiologicznym [33].

Inhibitory konwertazy angiotensyny

Dane dotyczące leków z tej grupy w okresie przedoperacyjnym są niekonkluzywne, lecz wyniki większości badań sugerują, że kontynuacja stosowania leków z tej grupy wiąże się z wyższym ryzykiem hipotensji i jej powikłaniami, takimi jak udar mózgu czy niedokrwienie mięśnia sercowego, oraz innymi powikłaniami narządów, takimi jak uszkodzenie nerek. Stwierdzono, że niepodanie leków z grupy antagonistów receptora angiotensyny (ARB – *angiotensin receptor blockers*)/inhibitorów konwertazy angiotensyny (ACEI – *angiotensin-converting enzyme inhibitors*) rano w dniu zabiegu wiązało się z rzadszym występowaniem hipotensji śródoperacyjnej oraz nie powodowało wzrostu częstości występowania zgonów lub niepożądanych poważnych zdarzeń sercowo-naczyniowych. Jeśli przed operacją odstawiono dawkę powyższych leków, to należało powrócić do terapii jak najszybciej w okresie pooperacyjnym.

Leki z grupy antagonistów wapnia

Podobne zalecenia jak w przypadku ACEI/ARB dotyczą leków z grupy antagonistów wapnia. W tej grupie

leków zaleca się odstawienie leku w dniu zabiegu, w celu uniknięcia hipotensji w okresie śródoperacyjnym i pooperacyjnym.

Leki przeciwzakrzepowe

Większość zaleceń w pediatrii jest oparta na wytycznych dla populacji dorosłych pacjentów, ale należy uwzględnić zmiany w układzie krzepnięcia w populacji dziecięcej, gdyż wpływają na znaczną dynamikę i różnice w zależności od wieku. U noworodków i niemowląt aktywność układu krzepnięcia jest zmniejszona o około 50% ze względu na mniejsze stężenia czynników II, VII, IX, X, XI i XII, jak również białek C i S, alfa₁-antytrypsyny i alfa₂-makroglobuliny. Podobnie, układ fibrynolizy wykazuje zmniejszoną aktywność ze względu na mniejsze stężenia tkankowego aktywatora plazminogenu (tPA – *tissue plasminogen activator*) i inhibitora aktywatora plazminogenu 1 (PAI-1 – *plasminogen activator inhibitor-1*). Proces dojrzewania tego układu zachodzi w dzieciństwie, jednak pełną dojrzałość, podobną do dorosłych, osiąga dopiero u nastolatków.

1. Heparyny drobnocząsteczkowe

W przypadku profilaktyki z zastosowaniem heparyn drobnocząsteczkowych ((LMWH – *low-molecular-heparin weight*)) należy odstawić lek jeden dzień przed operacją, niezależnie od stopnia okołoperacyjnego ryzyka zakrzepicy (małe, średnie, duże), ponowna podaż LMWH powinna nastąpić 6–12 godzin po operacji, pod kontrolą ryzyka krwawienia pooperacyjnego.

2. Kwas acetylosalicylowy

U pacjenta, u którego możliwe jest bez szkody odstawienie kwasu acetylosalicylowego (ASA – *acetylosalicylic acid*), należy zaprzestać podawania 7–10 dni przed zabiegiem.

3. Kłopidogrel

Kłopidogrel należy odstawić 5 dni przed planowaną operacją [33].

4. Warfaryna

Warfarynę należy odstawić 4 dni przed planowaną operacją.

- Małe ryzyko zakrzepicy – przedoperacyjnie nie wymaga podażi innych leków, 6–12 godz. po operacji włączyć LMWH, pod warunkiem oceny ryzyka krwawienia pooperacyjnego.
- Średnie ryzyko zakrzepicy – w okresie przedoperacyjnym należy włączyć LMWH w dniach 3.–1. przed operacją, 6–12 godz. po operacji włączyć

LMWH, pod warunkiem oceny ryzyka krwawienia pooperacyjnego.

- Duże ryzyko zakrzepicy – w okresie przedoperacyjnym należy włączyć LMWH w dniach 3.–1. przed operacją, 6–12 godz. po operacji włączyć LMWH pod warunkiem oceny ryzyka krwawienia pooperacyjnego.

5. Endoxaban, apixaban, rivaroxaban – bezpośrednio doustne inhibitory krzepnięcia (DOAC – direct oral anticoagulant inhibitors)

- Małe, średnie, duże ryzyko zakrzepicy i drobny zabieg chirurgiczny – odstawić lek 24 godz. przed operacją, jeśli klirens kreatyniny $>50 \text{ ml min}^{-1}$ odstawić lek 48 godz. przed operacją, jeśli klirens kreatyniny $30\text{--}50 \text{ ml min}^{-1}$
- Małe, średnie, duże ryzyko zakrzepicy i duży zabieg chirurgiczny $30\text{--}50 \text{ ml min}^{-1}$ – odstawić lek 48 godz. przed operacją, jeśli klirens kreatyniny mieści się w zakresie $30\text{--}50 \text{ ml min}^{-1}$.
- Pooperacyjnie powrót do podaży DOAC po 6–8 godz., jeśli nie stwierdza się krwawienia, w przypadku zwiększonego ryzyka krwawienia pooperacyjnego podać LMWH 6–12 godz. po operacji; w grupie pacjentów z wysokim ryzykiem zakrzepicy można rozważyć podać heparyny niefrakcjonowanej (UFH – unfractionated heparin).

6. Dabigatran (DOAC)

Małe, średnie, duże ryzyko zakrzepicy i drobny zabieg chirurgiczny – odstawić lek:

- 24 godz. przed operacją, jeśli klirens kreatyniny $> 80 \text{ ml min}^{-1}$
- 36 godz. przed operacją, jeśli klirens kreatyniny mieści się w zakresie $50\text{--}80 \text{ ml min}^{-1}$
- 48 godz. przed operacją, jeśli klirens kreatyniny mieści się w zakresie $30\text{--}50 \text{ ml min}^{-1}$

Małe, średnie, duże ryzyko zakrzepicy i duży zabieg chirurgiczny – odstawić lek:

- 72 godz. przed operacją, jeśli klirens kreatyniny $> 80 \text{ ml min}^{-1}$
- 72 godz. przed operacją, jeśli klirens kreatyniny mieści się w zakresie $50\text{--}80 \text{ ml min}^{-1}$
- 96 godz. przed operacją, jeśli klirens kreatyniny mieści się w zakresie $30\text{--}50 \text{ ml min}^{-1}$

Pooperacyjnie do podaży DOAC wrócić 6–8 godz. po operacji, jeśli nie stwierdza się krwawienia, w przypadku zwiększonego ryzyka krwawienia pooperacyjnego podać LMWH powinna nastąpić 6–12 godz. po operacji; w grupie pacjentów z wysokim ryzykiem zakrzepicy można rozważyć podać UFH.

Szczegółowe zasady postępowania okołoperacyjnego zależą od rodzaju zabiegu oraz stosowanego preparatu, a także stopnia ryzyka zakrzepicy [33].

7. Preparaty roślinne

- Imbir (pogorszenie agregacji płytek krwi poprzez hamowanie syntetazy tromboksanu).
- Czosnek, miłorząb japoński (*Ginkgo biloba*), dziurawiec zwyczajny (hamowanie aktywności płytek krwi i potencjalizacja działania antykoagulacyjnych warfaryny).
- Żeń-szeń (działanie synergistyczne z anestetykami).

8. Inhibitory kotransporterów sodowo-glukozowych 2 (SGLT2 – sodium-glucose co-transporter 2) – tak zwane flozyny

Powinny zostać odstawione 3–4 dni przed planowanym zabiegiem.

Wcześniejsze przetoczenia preparatów krwi i ich ewentualne powikłania

Dodatkowe badania i konsultacje przed operacją

Po zapoznaniu się z informacjami w kwestionariuszu oraz historią choroby anestezjolog może zdecydować o konieczności wykonania dodatkowych badań i/lub konsultacji specjalistycznych.

W trakcie wizyty anestezjolog ma również obowiązek przeprowadzić badanie przedmiotowe, a jego zakres zależy od wywiadu uzyskanego od rodziców lub w przypadku starszych pacjentów również od nich samych. Szczególną uwagę należy zwrócić na ocenę nosa, jamy ustnej i anomalii anatomicznych, przeprowadzić badanie tj. osłuchiwanie klatki piersiowej (serce, płuca), a także ocenić ewentualne trudności intubacji [34].

Premedykacja

Ostatnim elementem przygotowania dziecka do znieczulenia jest zaplanowanie premedykacji przed zabiegiem, która w dużej mierze zależy nie tylko od wieku pacjenta, ale też jego stanu psychoemocjonalnego. Celem tego działania jest zmniejszenie lęku i uspokojenie znieczulanego, a także leczenie przeciwbólowe, jeśli dziecko takie dolegliwości zgłasza lub planowane jest zastosowanie analgezji z wyprzedzeniem.

Tabela 3 przedstawia najczęściej stosowane leki w premedykacji wraz z ich dawkowaniem i możliwą drogą podaż.

Tabela 3. Premedykacja farmakologiczna

Lek	Droga podaży			
	Doustna	Donosowa	Dożylna	Doodbytnicza
Midazolam	0,3–0,5 mg kg ⁻¹ (maks. 15 mg)	0,2 mg kg ⁻¹ *	0,1 mg kg ⁻¹	0,5 mg kg ⁻¹ ***
Deksmedetomidyna	1–4 µg kg ⁻¹ **	1 µg kg ⁻¹	–	–
Klonidyna	4–5 µg kg ⁻¹	2 µg kg ⁻¹	–	–
Ketamina	10 mg kg ⁻¹	1–3 mg kg ⁻¹	0,1–0,5 mg kg ⁻¹	5 mg kg ⁻¹

*pH roztworu midazolamu wynosi około 4,0, uczucie palenia w jamie nosowej **pH roztworu deksmedetomidyny zbliżone do fizjologicznego tj. około 7,0 ***podaż doodbytnicza nie jest rutynowo wskazana

W ostatnich latach pojawił się trend unikania podaży benzodiazepin podczas premedykacji ze względu na niezamierzony efekt działania odwrotnego, prowadzącego do irytacji i pobudzenia dzieci, a także na wyższe ryzyko działania neurotoksycznego, zwłaszcza u niemowląt i małych dzieci do 4. r.ż., w okresie dojrzewania OUN. Agoniści alfa₂-receptorów poprzez działanie zbliżone do fizjologicznego stymulują uspokojenie i sen w mechanizmie zbliżonym do naturalnego, hamując receptory w miejscu sinawym w mózgu.

Na modyfikację tego postępowania w ostatnich latach wpłynęło zwiększenie liczby rozpoznań u dzieci i młodzieży zaburzeń o typie zespołu nadpobudliwości psychoruchowej z deficytem uwagi (ADHD – *attention deficit hyperactivity disorder*), zaburzeń koncentracji uwagi (ADD – *attention deficit disorder*), spektrum autyzmu, zespołu Aspergera i innych. Coraz częściej zaleca się metody nefarmakologiczne, z zastosowaniem dystraktorów, takie jak: techniki lustrzane, animacja wirtualna, desensytyzacja systemowa, trening behawioralny, okulary wirtualnej rzeczywistości i (VR – *virtual reality*) itp., które poprzez przygotowanie przedoperacyjne i/lub odwrócenie uwagi oraz zmniejszenie lęku śródoperacyjnie pozwalają na zmniejszenie czy wręcz uniknięcie podaży leków.

Zgoda na znieczulenie

Wizytę anestezjologiczną kończy uzyskanie pisemnej świadomej zgody na znieczulenie, po przedstawieniu rodzaju znieczulenia (ogólne/regionalne/analgose-dacja proceduralna) oraz udzieleniu odpowiedzi na pytania dotyczące znieczulenia. Zgodę wyrażają rodzice lub opiekunowie prawni; w przypadku braku takich zgodę wyraża sąd rodzinny.

Karencja pokarmowa

Obowiązujące obecnie zasady karencji pokarmowych w populacji pediatrycznej przez znieczuleniem w trybie planowym dotyczą poniższych ograniczeń [35].

Należy odstawić:

- 6 godz. przed znieczuleniem – pokarmy stałe,
- 4 godz. przed znieczuleniem – mleko modyfikowane,
- 3 godz. przed znieczuleniem – mleko matki,
- 1 godz. przed znieczuleniem klarowne płyny (woda, herbata, klarowny sok jabłkowy).

Znieczulenie dziecka z pełnym żołądkiem

Znieczulenie dziecka z pełnym żołądkiem zwiększa ryzyko wystąpienia powikłań z powodu niebezpieczeństwa aspiracji treści pokarmowej do dróg oddechowych. Stany związane z ryzykiem aspiracji i pełnym żołądkiem przedstawiono w tabeli 4.

Obecnie zaleca się, w miarę możliwości i umiejętności, ultrasonograficzną ocenę zawartości żołądka [36].

W przypadku znieczulenia małego dziecka z pełnym żołądkiem należy przed indukcją zawsze uzyskać dostęp dożylny, a w przypadku niepowodzenia – dostęp doszpikowy. U noworodka w pierwszych godzinach życia alternatywnie można założyć dostęp do żyły pępkowej. Obecność dostępu donaczyniowego lub doszpikowego umożliwia wprowadzenie do znieczulenia metodą kontrolowanej szybkiej indukcji znieczulenia, tj. z wentylacją przed intubacją. Wentylacja przed intubacją jest niezbędna, gdyż im młodsze dziecko, tym większy metabolizm, a tym samym także zapotrzebowanie na tlen, jednocześnie tym mniejsza objętościowo FRC, co utrudnia

Tabela 4. Stany związane z ryzykiem aspiracji i pełnym żołądkiem

Pelny żołądek (uraz, krwawiące migdałki, niedrożność jelit, przedoperacyjne nudności/wymioty, przerostowe zwężenie odźwiernika)
Opóźnione opróżnianie żołądka (ostry brzuch, porażenna niedrożność przewodu pokarmowego, refluks żołądkowo-przełykowy, guz nowotworowy brzucha/przestrzeni zaotrzewnowej)
Wady wrodzone przewodu pokarmowego
Dziecko we wstrząsie z niestabilnością hemodynamiczną
Ostry ból (pourazowy, ostre zapalenie wyrostka robaczkowego)
Zaburzenia odruchów z górnych dróg oddechowych (choroby neurologiczne)

„magazynowanie” tlenu, dlatego jeżeli dziecko nie jest natleniane bardzo szybko, pojawia się desaturacja.

Tradycyjna „szybka indukcja” (RSI – *rapid sequence induction*), czyli preoksygenacja bierna, następnie szybkie podanie leku usypiającego i chlorosukcynylocholiny, jako najszybciej i najkrócej działającego środka zwiotczającego, a następnie intubacja bez wentylacji przez maskę, jest przeciwwskazana u najmłodszych dzieci. Bezdech, nawet po wcześniejszym natlenieniu, tolerowany jest bardzo krótko, a intubacja może być trudniejsza niż u dzieci starszych. Wykazano, że wentylacja niskimi ciśnieniami i objętościami oddechowymi przez maskę twarzową z możliwością wentylacji dodatnim ciśnieniem (PIP – *positive inhalation pressure*) maks. 15 mm Hg i ilości tlenu w mieszaninie oddechowej (FiO₂) 0,8 nie zwiększa ryzyka zachłyśnięcia, a znacząco zwiększa bezpieczeństwo pacjenta. W tej grupie wiekowej zalecana jest kontynuacja natleniania w trakcie intubacji, co umożliwiają niektóre wideolaryngoskopy, lub za pomocą kaniuli umieszczonej w nosogardle.

Do uwidocznienia krtani powinno się używać laryngoskopu oraz łopatki (prosta v. zakrzywiona), wybierając te narzędzia, z których użyciem ma się największe doświadczenie. Jeżeli anestezjolog sprawnie posługuje się wideolaryngoskopem i jest on dostępny w odpowiednim rozmiarze, zaleca się jego użycie jako sprzętu z wyboru.

Anestetykiem z wyboru u stabilnego hemodynamicznie pacjenta jest propofol (u noworodka stosowany poza rejestracją – *off-label*, zgodnie z rejestracją można zastosować tiopental), a u noworodka i dziecka we wstrząsie i/lub hipowolemii – ketamina.

Zazwyczaj stosuje się także opioid – zwykle fentanyl. Należy przy tym jednak pamiętać, że jego podanie może skutkować wymiotami. W celu niezbędnego do sprawnej i nieurazowej intubacji zwiotczenia mięśni najczęściej stosuje się rokuronium. Jego zaletą

– oprócz szybkiego, porównywalnego z chlorosukcynylocholiną, początku działania – jest możliwość natychmiastowego odwrócenia działania za pomocą sugammadeksu. Ze względu na dłuższy czas działania u noworodka w tej grupie wiekowej często stosuje się atrakurium lub cisatrakurium, których metabolizm nie zależy od funkcji nerek i wątroby.

Nie zaleca się ucisku chrząstki pierścieniowej – nie udowodniono skuteczności tego manewru (manewr Sellicka) w zapobieganiu regurgitacji, natomiast nierzadko powoduje on problemy z wentylacją bądź intubacją.

Nie wykazano jednoznacznie, kiedy powinien być założony zgłębnik żołądkowy oraz czy w przypadku, gdy jest on założony wcześniej, powinien być pozostawiony na czas indukcji, czy też lepiej go usunąć. Dlatego decyzja w tej kwestii zależy od doświadczenia anestezjologa. W każdym przypadku indukcję u małego dziecka z pełnym żołądkiem powinien przeprowadzać doświadczony anestezjolog lub przynajmniej być obecny na sali, gotowy do natychmiastowej pomocy.

Wybór rurki intubacyjnej zależy od doświadczenia anestezjologa i posiadanego sprzętu. Niegdyś u najmłodszych dzieci stosowano rurki intubacyjne bez mankieta, nawet w przypadku chorych z pełnym żołądkiem – przy prawidłowo dobranej rurce nie zwiększa to ryzyka zachłyśnięcia. Obecnie dostępne rurki intubacyjne z mikromankietem (mankietem niskociśnieniowym) umożliwiają intubację tego typu rurką nawet donoszonych noworodków. Dzięki zastosowaniu rurek z mankieta rzadziej zachodzi konieczność reintubacji pacjenta, co u dziecka z pełnym żołądkiem zwiększa bezpieczeństwo znieczulenia. Trzeba pamiętać, żeby wybrać rurkę o pół rozmiaru mniejszą od rozmiaru bez mankieta. Wskazane jest użycie prowadnicy w celu uniknięcia manipulacji rurką i skrócenia czasu intubacji [37, 38].

Plan operacyjny

Kolejność operacji wykonywanych na bloku operacyjnym oraz zabiegów wymagających znieczulenia wykonywanych poza blokiem operacyjnym powinna uwzględniać wiek operowanych chorych. Im mniejsze dziecko, tym wcześniej powinno być one znieczulone i operowane, aby zredukować u niego ryzyko odwodnienia i pojawienia się ewentualnej hipoglikemii. W razie opóźnienia zabiegu dziecku należy podać klarowny płyn lub podłączyć wlew kroplowy (10 ml kg^{-1} roztworu zbilansowanego). Przy planowaniu procedury operacyjnej należy ustalić możliwość przekazania dziecka w bezpośrednim okresie pooperacyjnym na oddział intensywnej terapii dla dzieci (OITD). Dotyczy to zwłaszcza noworodków i dzieci operowanych w ciężkim stanie.

Metody indukcji znieczulenia

Wyróżnia się następujące sposoby indukcji znieczulenia:

- wziewną,
- dożylną,
- doodbytniczą,
- donosową.

Indukcja wziewna

Indukcja wziewna uznawana jest za metodę, która pozwala znieczulić dzieci wykazujące wysoki poziom lęku przed igłą lub takie, u których założenie dostępu naczyniowego jest bardzo trudne.

Proponuje się dwie metody indukcji wziewnej. Pierwsza polega na stopniowym zwiększaniu stężenia środka wziewnego, druga zaś na stosowaniu od początku wysokich stężeń anestetyku. Metoda druga umożliwia szybką indukcję znieczulenia, szczególnie istotną w przypadku niewspółpracujących chorych, jednak jest obciążona dużo wyższym ryzykiem działań niepożądanych. Jedynym anestetykiem stosowanym obecnie do indukcji drogą wziewną jest sewofluran, w stężeniu nieprzekraczającym 5 vol%. Wyjątek stanowi trudna intubacja przeprowadzona w znieczuleniu wziewnym, kiedy można stosować wyższe stężenia sewofluranu – do 6 vol%, a nawet według niektórych źródeł do 7–8 vol%. Istotne dla bezpieczeństwa i skuteczności tej metody indukcji jest utrzymanie pełnej drożności dróg oddechowych.

U noworodków i wcześniaków – ze względu na trudności związane z utrzymaniem drożności dróg

oddechowych przy wentylacji przez maskę – zaleca się rutynowe wykonywanie intubacji lub, jeśli rodzaj zabiegu na to pozwala, założenie maski krtaniowej. Intubacja jest obowiązkowa przy zabiegach trwających dłużej niż godzinę, przeprowadzanych w ułożeniu na boku lub na brzuchu oraz w przypadku zabiegów w obrębie głowy i szyi.

Środków wziewnych można użyć zarówno do indukcji znieczulenia, jak i do jego podtrzymania. Można też zastosować środek wziewny jako jedyny lek anestetyczny w trakcie całego znieczulenia. Metoda ta nosi nazwę wziewnej indukcji znieczulenia (VIMA – *volatile induction and maintenance of anaesthesia*). Indukcja wziewna jest niewskazana u dzieci z hipowolemią, niewydolnością krążenia oraz z prawo-lewym przeciekiem w sercu, ponieważ depresja miokardium i poszerzenie naczyń mogą doprowadzić do głębokiej hipoperfuzji i zatrzymania krążenia u tych pacjentów. Wyższymi stężeniami sewofluranu często towarzyszy bradykardia, szczególnie u dzieci z zespołem Downa [8, 9, 13, 39–41].

Indukcja dożylna

Indukcja dożylna jest możliwa u dzieci w każdym wieku, ale wymaga wcześniejszego założenia dostępu naczyniowego, co u najmłodszych dzieci bywa trudne i bolesne. Ból związany z nakłuciem żyły można złagodzić, stosując krem/żel zawierający środki znieczulenia miejscowego.

U dzieci korzystne jest założenie dostępu dożylnego poza blokiem operacyjnym w okresie poprzedzającym zabieg. Zmniejsza to niepotrzebny stres na bloku – zarówno dla dziecka, jak i personelu – oraz usprawnia pracę. Jeśli na oddziale macierzystym nie udaje się założyć kaniuli do żyły dziecka, to wprowadzenie do znieczulenia można wykonać metodą alternatywną (wziewną, donosową, doodbytniczą). Po wprowadzeniu dziecka do znieczulenia zawsze należy założyć dostęp dożylny.

Do wprowadzenia dożylnego wykorzystuje się:

- propofol – w każdej grupie wiekowej powyżej 1. m.ż., u dzieci poniżej 1. m.ż. *off-label*,
- tiopental – w każdej grupie wiekowej (obecnie rzadko),
- ketaminę – w każdej grupie wiekowej – rekomendowaną u pacjentów w stanie ciężkim, niestabilnych krążeniowo, we wstrząsie oraz u dzieci z wadą serca (z wyjątkiem koarktacji aorty i zwężenia naczyń wieńcowych),

Tabela 5. Anestetyki dożylnie stosowane u dzieci

Nazwa	Ketamina	Tiopental	Propofol	Etomidat*	Deksmedetomidyna
Pochodna	Fencyklidyny i cykloheksaminy	Tiobarbituranu	Alkilofenolu	Karboksylogowany imidazol	Organiczna pochodna pierścieniowa imidazolu i 1,2-ksylenu
Receptory	NMDA cholinergiczne muskarynowe, pośrednio opioidowe MOR, KOR, DOR	(+) GABA-A Hamowanie aktywności neuronów	(+) GABA-A glicynowe, (-) 5-HT nikotynowe	Pobudzanie receptorów GABA	Alfa ₂
Efekty kliniczne	Działanie przeciwbólowe, pobudzanie układu współczulnego	Działanie nasenne i przeciwdrgawkowe	Działanie nasenne i przeciwdrgawkowe	Mały wpływ na krążenie, drżenia mięśniowe	Działanie nasenne, przeciwlękowe, Hamowanie układu współczulnego
OUN	Układ nerwowy – ICP ↑, CBF ↑, CMRO ₂ ↑, IOP ↑	Układ nerwowy – CBF ↓, ICP ↓, IOP ↓, CMRO ₂ ↓	Układ nerwowy – ICP ↓, CPP ↓, CMRO ₂ ↓	Układ nerwowy – IOP ↓, CBF ↓, ICP ↓, CMRO ₂ ↓	Układ nerwowy – IOP ↓, CBF ↓, ICP ↓, CMRO ₂ ↓
Działanie na układ krążenia	Układ krążenia – HR ↑, rzut serca ↑, BP ↑, CVP ↑	Depresyjne na układ krążenia – BP ↓, CVP ↓, działanie inotropowe ujemne, spadek rzutu serca, HR ↓, ryzyko wystąpienia zaburzeń rytmu ↑	Depresyjne na układ krążenia – BP ↓, CVP ↓, rzut serca ↓, brak wpływu na HR	Układ krążenia – MAP ↓, HR ↓	Układ krążenia – MAP ↓, HR ↓
Inne efekty	Układ oddechowy – rozszerza oskrzela, nie wywołuje depresji układu oddechowego	Układ oddechowy – RF ↓, TV ↓	Układ oddechowy – TV ↓, RF ↑	Układ oddechowy – TV ↓, RF ↓	Układ oddechowy – TV ↓, RF ↓
Dawkowanie	1–2 mg kg m.c. ⁻¹ dożylnie 2–4 mg kg m.c. ⁻¹ domięśniowo	3–5 mg kg m.c. ⁻¹	2–5 mg kg m.c. ⁻¹	0,3 mg kg m.c. ⁻¹	0,7 µg kg m.c. ⁻¹

↓ – zmniejszenie; ↑ – zwiększenie; BP (blood pressure) – ciśnienie tętnicze; CBF (cerebral blood flow) – przepływ mózgowy krwi; CMRO₂ (cerebral metabolic rate for oxygen) – zużycie mózgowie tlenu; CPP (cerebral perfusion pressure) – ciśnienie perfuzyjne mózgu; CVP (central venous pressure) – ośrodkowe ciśnienie żyłne; DOR (δ-opioid receptor) – δ-receptor opioidowy; GABA (gamma-aminobutyric acid) – kwas gamma-aminomastłowy; HR (heart rate) – częstość akcji serca; ICP (intracranial pressure) – ciśnienie śródczaszkowe; IOP (intraocular pressure) – ciśnienie śródgałkowe; KOR (κ-opioid receptor) – κ-receptor opioidowy; MAP (mean arterial pressure) – średnie ciśnienie tętnicze; MOR (μ-opioid receptor) – μ-receptor opioidowy; NMDA (N-methyl-D-aspartate) – N-metylo-D-asparaginian; RF (respiratory frequency) – częstość oddechów; TV (tidal volume) – objętość oddechowa

*Uwaga: supresja nadnerczy, jeśli jest stosowany w długich wlewach, w elektroencefalografii aktywność drgawkopodobna, wpływa na wydłużenie odstępu QT, najslabsze i zarazem niezależne od dawki działanie przeciwdrgawkowe

- etomidat – u dzieci powyżej 6. m.ż. – z kardiomiopatią i/lub frakcją wyrzutową lewej komory (LVEF – left ventricular ejection fraction) < 40%,
- midazolam – w każdej grupie wiekowej.

Najczęściej do indukcji u dzieci stosuje się propofol w dawce 2–5 mg kg m.c.⁻¹. Aby zmniejszyć ból związany z jego wstrzyknięciem, można poprzedzić jego aplikację podaniem fentanylu w dawce 1–2 mcg kg⁻¹ m.c. lub lidokainy w dawce 1–2 µg kg m.c.⁻¹. Dostępne są także roztwory 0,5-procentowe roztwory propofolu,

które w trakcie iniekcji zwykle nie wywołują bólu lub znacznie zmniejszają jego nasilenie.

W tabeli 5 podano anestetyki dożylnie stosowane u dzieci.

Wprowadzenie do znieczulenia powinno być „płynne” – bez wahań ciśnienia tętniczego ani tętna, niezależnie od stosowania środków dożylnych czy wziewnych. Wprowadzenie powinno zawierać następujące etapy:

1) natlenianie pacjenta mieszaniną tlenu i powietrza pod kontrolą saturacji krwi (SpO_2),

2) podanie indukcyjnej dawki środka analgetycznego (przy zapewnieniu wcześniejszym dostępu dożylnego, w pozostałych przypadkach po jego uzyskaniu),

3) wywołanie znieczulenia lekiem dożylnym lub uspienie środkiem wziewnym,

4) zwiótczenie mięśni – opcjonalne,

5) intubacja lub założenie maski krtaniowej.

Przed podaniem środka nasennego, jeżeli przewiduje się intubację, wskazane jest podanie fentanylu ($1\text{--}2\text{ }\mu\text{g kg m.c.}^{-1}$) lub sufentanylu ($0,25\text{ }\mu\text{g kg m.c.}^{-1}$). Silne opioidy, takie jak na przykład fentanyl, powinny być podawane metodą miareczkowania, by uniknąć pojawiającej się przy zbyt szybkiej podaży tego leku sztywności mięśni klatki piersiowej, która może uniemożliwić prawidłową wentylację dziecka [8, 9, 13, 38–40].

Uwaga!

W przypadku sytuacji nagłej, w której założenie dostępu dożylnego jest niemożliwe, można wykorzystać dostęp doszpikowy.

Indukcja doodbytnicza

W szczególnych przypadkach, gdy założenie dostępu dożylnego jest bardzo trudne lub niemożliwe, można u dziecka wykonać indukcję doodbytniczą. Najczęściej tą metodą uzyskuje się głęboką sedację, którą następnie można pogłębić do znieczulenia ogólnego z zastosowaniem środka wziewnego. W metodzie tej wykorzystuje się ketaminę w dawce $10\text{ mg kg m.c.}^{-1}$ podawaną z midazolamem w dawce $0,5\text{ mg kg m.c.}^{-1}$. Po podaniu tych leków doodbytniczo dziecko zwykle zasypia po upływie 15–20 min.

Indukcja donosowa

Ten rodzaj indukcji polega na podaniu do nosa, za pomocą specjalnego aplikatora, anestetyku i /lub analgetyku w postaci łatwo wchłanianej przez śluzówkę nosa mgiełki. Można go wykorzystać w sytuacjach, gdy silny niepokój dziecka połączony z lękiem przed igłą uniemożliwia założenie dostępu dożylnego, a dziecko przejawia równie duży lęk przed przyłożeniem maski do twarzy. Tą drogą można aplikować midazolam, ketaminę, sufentanyl, fentanyl, a także deksmedetomidynę. Podobnie jak w indukcji doodbytniczej częściej uzyskuje się w ten sposób sedację niż rzeczywiste głębokie uspienie dziecka, lecz – tak jak w poprzednio omawianej metodzie – zdecydowanie

łatwiejsze jest dalsze pogłębienie znieczulenia, czyli uzyskanie faktycznej indukcji poprzez zastosowanie chociażby sewofluranu. Z tego powodu częściej uznaje się tę metodę za sposób premedykacji, a nie rodzaj indukcji [8, 9, 40].

U małych dzieci często może dochodzić do pobudzenia nerwu błędnego i odruchowej bradykardii w trakcie manipulacji związanych z indukcją znieczulenia. W trakcie indukcji znieczulenia nie zaleca się jednak rutynowego podawania atropiny noworodkom ani niemowlętom.

Strzykawka z odpowiednio sporządzonym roztworem tego leku powinna być zawsze przygotowana przed rozpoczęciem znieczulenia, na wypadek konieczności jej nagłego zastosowania.

Intubacja dotchawicza

Przed wykonaniem intubacji dotchawiczej konieczne jest stwierdzenie, że doszło do zniesienia świadomości u dziecka i odpowiedniego natlenienia. Podczas natleniania w grupie noworodków i wcześniaków należy ostrożnie podawać tlen w stężeniu 100% ze względu na jego toksyczne działanie w tej grupie pacjentów.

Uważa się, że intubację tchawicy u dzieci powinno się wykonywać w miarę możliwości po podaniu środka niedepolaryzującego. Współczesne leki niedepolaryzujące działają szybko przy minimalnym ryzyku zaburzeń elektrolitowych i krążeniowych.

Chlorosukcynylocholinę można stosować jedynie w wyjątkowych sytuacjach, na przykład w przypadku znieczulenia pacjenta z pełnym żołądkiem czy też wtedy, gdy przewidywana jest trudna intubacja. Nie powinno się stosować tego leku u chłopców poniżej 2. r.ż. z uwagi na ryzyko istnienia bezobjawowej jeszcze w tym wieku dystrofii mięśniowej, na przykład Duchenne'a (DMD). Szczególna wrażliwość na chlorosukcynylocholinę, przejawiająca się wystąpieniem opornego na defibrylację migotania komór, występuje u tych dzieci dużo wcześniej niż pierwsze objawy tej choroby.

Możliwa jest też intubacja dziecka bez zwiótczenia, ale zawsze w głębokim uspieniu i dostatecznej analgezji.

W ostatnich kilkunastu latach do powszechnego użytku wprowadzono nowe urządzenia pozwalające na opracowanie metod zwiększających skuteczność i bezpieczeństwo intubacji zarówno przy prawidłowych, jak i trudnych drogach oddechowych. Powstał

też Rejestr Trudnych Intubacji Pediatrycznych (PeDIR) oraz dostępne są jego raporty [42–44].

Ukazało się również wiele opracowań, badań perspektywnych i wytycznych towarzystw naukowych dotyczących poprawy jakości postępowania w przypadku trudnych dróg oddechowych [45–48].

Ocena stopnia trudności intubacji

Przed przystąpieniem do znieczulenia należy zbadać dziecko i oszacować stopień trudności utrzymania drożności dróg oddechowych. Noworodki i niemowlęta stanowią grupę wrażliwą, o zwiększonym ryzyku powikłań i mniejszym stopniu przewidywalności wystąpienia trudnych dróg oddechowych. Odsetek trudnych intubacji w tej grupie wynosi 5,8% w porównaniu z 0,88% w całej populacji dziecięcej. U 9% spośród tych dzieci występują też problemy z wentylacją za pomocą maski twarzowej [1, 2, 49, 50].

Skala *Colorado Pediatric Airway Score* (COPURway Score) uwzględnia wywiad, testy przyłóżkowe i pomiary antropometryczne oraz sugeruje zabezpieczenie odpowiedniego sprzętu do intubacji. Łączy w sobie elementy skal Mallampati i Cormack Lehane [51] (tab. 6A, B).

Ciągłe natlenianie w okresie bezdechu

Tradycyjna preoksygenacja z użyciem maski twarzowej w przypadku dzieci jest trudna do realizacji ze względu na brak współpracy i niepokój dziecka. Termin „preoksygenacja” oznacza ciągłą podaż tlenu podczas indukcji znieczulenia i w trakcie intubacji zarówno w okresie aktywnego oddychania, jak i bezdechu dziecka, aż do momentu skutecznego zabezpieczenia dróg oddechowych. Takie postępowanie ogranicza niebezpieczeństwo wystąpienia desaturacji i wydłuża czas „bezpiecznego bezdechu” definiowanego jako czas utrzymania saturacji powyżej 90% [48, 52, 53]. Ciągłe natlenianie w okresie bezdechu przyczynia się do większego powodzenia intubacji przy pierwszej próbie i zmniejsza liczbę prób intubacji poprzez wydłużenie czasu dostępnego na wykonanie procedury [46, 47]. Technika ta jest szczególnie ważna u pacjentów, u których należy unikać wentylacji za pomocą maski twarzowej po indukcji znieczulenia oraz u pacjentów obciążonych zwiększonym ryzykiem hipoksemii.

Techniki stosowane podczas natleniania w okresie bezdechu przedstawiono w tabeli 7 [48, 53].

Urządzenia zwiększające skuteczność i bezpieczeństwo intubacji

Wśród urządzeń zwiększających skuteczność i bezpieczeństwo intubacji wymienia się:

- wideolaryngoskopy ze standardową łopatką typu Macintosh lub Miller (mogą służyć również do laryngoskopii bezpośredniej), na przykład C-MAC,
- wideolaryngoskopy z szerokokątnym polem widzenia, na przykład GlideScope,
- bronchofibroskopy,
- wideolaryngoskopy do intubacji hybrydowej wyposażone w fibroskop intubacyjny,
- laryngoskopy standardowe ze zintegrowanym dopływem tlenu,
- urządzenia nadgłośniowe, głównie maski krtaniowe (LMA – *laryngeal mask airway*),
- rurki nosowo-gardłowe (NPA – *nasopharyngeal airway*), ustno-gardłowe (OPA – *oropharyngeal airway*), maski twarzowe, rurki intubacyjne.

Nowe strategie intubacji

Zalecane jest stosowanie wideolaryngoskopu z dostosowaną do wieku standardową łopatką (Macintosh lub Miller) jako metody pierwszego wyboru do intubacji tchawicy u noworodków i niemowląt, w tym do intubacji tchawicy w pozycji bocznej [46, 48].

Należy unikać wielokrotnie powtarzanych prób intubacji za pomocą tego samego urządzenia, ponieważ zwiększa to liczbę powikłań [45, 46].

Według części autorów wideolaryngoskopia z suplementacją tlenem o dużym przepływie powinna być standardem opieki w przypadku intubacji tchawicy u noworodków, niemowląt i dzieci [54].

Równoważnie skuteczną metodą jest intubacja z wykorzystaniem bronchofibroskopu – pozostaje ona „złotym standardem” dla pacjentów z ograniczonym otwarciem ust oraz przy objawach niestabilności kręgosłupa szyjnego [55]. Konieczne jest jednak dobre wyszkolenie i nabranie doświadczenia stosowaniu tej metody, gdyż może ona zająć zbyt dużo czasu.

Techniki hybrydowe

W łączeniu technik wykorzystuje się mocne strony urządzeń, w szczególności wideolaryngoskopii i fibroskopii. Techniki hybrydowe wymagają współpracy dwóch lekarzy – jednego odpowiedzialnego za uwidocznienie krtani za pomocą wideolaryngoskopu

Tabela 6A. Pediatric Colorado Airway Score (COPURway Score)

	Obserwacja	Ocena	Punktacja
1. C	Podbródek – obserwuj profil dziecka	1. Normalny rozmiar 2. Mały, umiarkowanie hipoplastyczny 3. Wyraźnie recesywny 4. Skrajnie hipoplastyczny	1 2 3 4
2. O	Stopień otwarcia ust – odległość między zębami przednimi, u noworodków i niemowląt – 3 palce dziecka stanowią odległość równoważną z 40 mm u dziecka starszego	1. 40 mm (u noworodków i niemowląt – 3 palce dziecka) 2. 20–40 mm 3. 10–20 mm 4. < 10 mm	1 2 3 4
3. P	Poprzednie intubacje, OSA	1. Poprzednie intubacje bez trudności 2. Brak intubacji w przeszłości, brak objawów OSA 3. Poprzednie trudne intubacje lub objawy OSA 4. Trudna intubacja — skrajna lub nieudana; tracheotomia ratunkowa; niemożność spania na plecach	1 2 3 4
4. U	Język – obserwuj podniebienie przy otwartych ustach i wysuniętym języku	1. Widoczny czubek języka 2. Język częściowo widoczny 3. Język ukryty, podniebienie miękkie widoczne 4. Podniebienie miękkie w ogóle niewidoczne	1 2 3 4
5. R	Stopień ruchomości szyi – obserwuj linię od ucha do oczodołu, oszacuj zakres ruchu, patrząc z góry i z dołu	1. > 120° 2. 60–120° 3. 30–60° 4. < 30°	1 2 3 4
6.	Modyfikatory – dodaj 1 punkt za:	1. Wystające przednie zęby 2. Bardzo duży język, makroglosja 3. Skrajna otyłość 4. Mukopolisacharydozy	1 1 1 2

OSA (*obstructive sleep apnoea*) – obturacyjny bezdech senny**Tabela 6B. Pediatric Colorado Airway Score (COPURway Score)**

Punktacja	Ocena trudności intubacji	Widok głośni w DL
5–7	Łatwa intubacja	1
8–10	Intubacja trudniejsza, ucisk na chrząstkę tarczową może pomóc	2
12	Trudna intubacja, rozważ użycie fiberoskopu	3
14	Trudna intubacja, użyj fiberoskopu lub innych zaawansowanych metod	3
16	Bardzo trudna intubacja, użyj zaawansowanych metod, przygotuj się do tracheotomii	4
16+	Konieczna sztuczna droga oddechowa do utrzymania życia	–

DL (*direct laryngoscopy*) – laryngoskopia bezpośrednia**Tabela 7. Techniki natleniania w okresie bezdechu**

Urządzenie	Technika	Przepływ tlenu (FiO ₂ 1,0)
Rurka nosowo-gardłowa	Połączenie z układem oddechowym	6 l min ⁻¹ przy otwartej zastawce wydechowej
Kaniule nosowe niskoprzepływowe	Połączenie z osobnym źródłem tlenu	0,2–1,0 l kg ⁻¹ min ⁻¹
Kaniule nosowe wysokoprzepływowe	Połączenie z urządzeniem do terapii wysokoprzepływowej typu Optilow/Airvo	2,0 l kg ⁻¹ min ⁻¹ , maks. 20 l min ⁻¹
Dopływ tlenu zintegrowany z łopatką laryngoskopu	Wideolaryngoskop lub laryngoskop z możliwością ciągłej podaży tlenu (C-MAC, Oxyscop, Truview)	2–6 l min ⁻¹

FiO₂ (*fraction of inspired oxygen*) – ilość tlenu w mieszaninie oddechowej

i drugiego, który wprowadza fiberoskop do dróg oddechowych. Postępowanie takie umożliwia wizualizację przez cały okres intubacji [56].

W przypadku trudnych dróg oddechowych można też wykorzystać inną technikę hybrydową polegającą na zabezpieczeniu w okresie początkowym wentylacji za pomocą maski krtaniowej, a następnie wprowadzeniu za pomocą bronchofiberoskopu – poprzez kanał maski – rurki intubacyjnej [45, 47].

Maski krtaniowe

Wśród wielu urządzeń nadgłośniowych LMA znalazły stałe miejsce w anestezjologii dziecięcej jako sprzęt alternatywny do intubacji. Stanowią wystarczające zabezpieczenie drożności dróg oddechowych w czasie planowego znieczulenia do odpowiednio dobranych zabiegów, a także służą jako pośrednie ogniwo ułatwiające intubację w przypadku trudnych dróg oddechowych. Nie powinny być rutynowo stosowane w przypadku znieczulenia dziecka z pełnym żołądkiem.

Maski typu i-gel lub LMA *supreme* mają dodatkowy kanał umożliwiający wprowadzenie zgłębnika żołądkowego i ewakuację treści żołądkowej.

W tabelach 8–11 przedstawiono rodzaje i rozmiary sprzętu stosowanego w udrażnianiu dróg oddechowych u dzieci. W tabeli 12 zawarto niedepolaryzujące środki zwiotczające stosowane w znieczuleniu u dzieci.

Podtrzymanie znieczulenia ogólnego

W fazie podtrzymania znieczulenia najczęściej stosuje się opioidy i anestetyki wziewne w mieszaninie tlenu z powietrzem. Obecnie większość anestezjologów unika stosowania podtlenku azotu ze względu na jego przenikanie do wolnych przestrzeni, co znacznie utrudnia zastosowanie endoskopowych technik operacyjnych – laparoskopii i torakoskopii, a także na jego znacząco negatywny wpływ na środowisko.

W światowych rekomendacjach wskazuje się również na unikanie desfluranu jako gazu silnie drażniącego drogi oddechowe oraz znacząco wpływającego na efekt cieplarniany – niektóre kraje stopniowo wycofują desfluran z użycia [57].

W uzasadnionych przypadkach można prowadzić znieczulenie całkowicie dożylnie (TIVA – *total intravenous anaesthesia*) z użyciem propofolu (najczęściej),

tiopentalu lub ketaminy (tej ostatniej u dzieci niestabilnych hemodynamicznie) [58].

Podczas operacji wymagających zwiotczenia mięśni podanie środków zwiotczających powinno obligować do monitorowania przewodnictwa nerwowo-mięśniowego. Dawkę środka zwiotczającego w podtrzymaniu znieczulenia należy dobierać indywidualnie, z uwzględnieniem spodziewanego czasu trwania zabiegu, interakcji z lekami podawanymi przed znieczuleniem i w czasie znieczulenia oraz stanu dziecka (na podstawie charakterystyki produktu leczniczego). Anestetyki wziewne nasilają działanie środków zwiotczających. Dostępne preparaty dożylnie niedepolaryzacyjnych środków zwiotczających to: rokuronium, wekuronium, atrakurium, cisatrakurium, miwakurium. Czas działania i ustępowania bloku jest krótszy niż u dorosłych.

Dopuszcza się stosowanie technik małych przepływów (LFA – *low-flow anaesthesia*), ale przy zastosowaniu tej techniki należy pamiętać o zachowaniu stężenia tlenu w mieszaninie końcowo-wydechowej powyżej 25% [59].

Monitorowanie

W czasie znieczulenia obowiązuje monitorowanie parametrów życiowych pacjenta zgodnie z Rozporządzeniem Ministra Zdrowia z dnia 16 grudnia 2016 roku (z późniejszymi zmianami) w sprawie standardu organizacyjnego opieki zdrowotnej w dziedzinie anestezjologii i intensywnej terapii [28].

Tlenoterapia i wentylacja mechaniczna

Stosowanie tlenu w czasie znieczulenia

Tlen to podstawowy składnik umożliwiający komórkowe procesy metaboliczne, dlatego odpowiednia podaż tlenu jest niezbędna podczas znieczulenia. Przez wiele lat w praktyce klinicznej stosowano duże stężenia tlenu w mieszaninie oddechowej z obawy przed hipoksją, jednak obecnie jest coraz więcej dowodów na to, że hiperoksja także jest szkodliwa, zwłaszcza w skrajnych grupach wiekowych. U dzieci nadmierne stężenie tlenu w tkankach powoduje między innymi wzrost oporu naczyniowego, który prowadzi do zwężenia naczyń mózgowych i powoduje spadek mózgowego przepływu krwi (CBF – *cerebral blood flow*), przyczynia się także do powstawania ognisk niedodmy w płucach. U wcześniaków hiperoksja stanowi istotne ryzyko

Tabela 8. Rurki intubacyjne (ETT – endotracheal tube)

Wiek dziecka	Masa ciała [kg]	ETT (ID) bez mankieta [mm]	ETT (ID) z mankiem [mm]	ETT głębokość [cm] od poziomu ust	Laryngoskop – rozmiar łopatki
Noworodek	< 1	2,0–2,5	–	7	Miller 0
Noworodek	1–2	2,5–3,0	–	8	Miller 0
Noworodek	2–3	3,0	3,0	9	Miller 0/1
Noworodek	> 3	3,5	3,0	10	Miller 1
1–6 mies.	4–6	3,5–4,0	3,0	11	Miller 1
6–12 mies.	6–10	3,5–4,0	3,5	12	Miller1/MAC1
1–2 lata	10–12	4,0	3,5–4,0	13	MAC1
2–4 lata	12–16	4,5	4,5	14	MAC1/MAC2

ID (internal diameter) – wewnętrzna średnica

Tabela 9. Średnica i głębokość wprowadzenia rurki intubacyjnej (ETT – endotracheal tube) w zależności od wieku

Średnica wewnętrzna ETT bez mankieta	(Wiek dziecka/4) + 4 mm
Średnica wewnętrzna ETT z mankiem	(Wiek dziecka/4) + 3 mm
Głębokość ETT wprowadzonej przez usta	(Wiek dziecka/2) + 12 cm
Głębokość ETT wprowadzonej przez nos	(Wiek dziecka/2) + 15 cm

Tabela 10. Maski krtaniowe (LMA – laryngeal mask airway) typu i-gel

Rozmiar i-gel	Kolor	Masa ciała [kg]	Maksymalny rozmiar zgłębnika nosowo-żołądkowego	Maksymalny rozmiar rurki intubacyjnej
1	Różowy	2–5	Nie ma kanału	3
1,5	Niebieski	5–12	10	4
2	Szary	10–25	12	5
2,5	Biały	25–35	12	5
3	Żółty	30–60	12	6

Tabela 11. Rurki nosowo-gardłowe (NPA – oropharyngeal airway) i rurki ustno-gardłowe (OPA – oropharyngeal airway)

Wiek	Rozmiar NPA	Rozmiar cewnika do odsysania	Rozmiar OPA	Grupa wiekowa
< 1 mies.	3	6	000–40 mm	Noworodki
1–6 mies.	3,5	8	00–50 mm	Niemowlęta
6–18 mies.	4	8	0–60 mm	Małe dzieci
18 mies.–3. r.ż.	4,5	8	1–70 mm	Starsze dzieci

Tabela 12. Niedepolaryzujące środki zwiotczające stosowane w znieczuleniu u dzieci

Wskazania	Lek	Dawka do intubacji [mg kg m.c. ⁻¹]	Dawka podtrzymująca [mg kg m.c. ⁻¹]	Czas działania leku [min]
Podstawowy	Rokuronium	0,5	0,2	30–40
Niewydolność nerek/wątroby	Atrakurium	0,6	0,2	15–35
Noworodki	Atrakurium	0,4	0,15	15–35
Anestezja do 15 min	Miwakurium	0,25	0,1	13–23
Anestezja > 20 min	Wekuronium	0,15	0,05	20–40
Szybka intubacja, anestezja > 30 min	Rokuronium	0,6–1,2	0,2	30–40

powstania retinopatii wcześniaczej i predysponuje do rozwoju dysplazji oskrzelowo-płucnej, dlatego obecnie coraz większą wagę przywiązuje się do unikania nadmiernej ekspozycji na tlen [60, 61]. Dlatego zaleca się staranne miareczkowanie podaży tlenu w czasie znieczulenia ogólnego tak, aby saturacja mieściła się w granicach optymalnych dla pacjenta:

- wcześniaka – 88–94%,
- noworodka urodzonego u czasie – 92–96%,
- dziecka starszego – powyżej 95%.

Należy pamiętać o ograniczeniach pulsoksymetrii. Wynik pomiaru mogą bowiem zostać znacząco zafałszowane przez takie stany, jak niedokrwistość, hipotermia, wstrząs czy duże stężenie hemoglobiny płodowej (HbF – *fetal hemoglobin*).

W trakcie rutynowo prowadzonego znieczulenia ogólnego, poza szczególnymi wskazaniami klinicznymi, nie należy przekraczać stężenia 80% tlenu w czasie indukcji i wybudzania ze znieczulenia, ponieważ wyższe stężenia tlenu szybko indukują zamykanie dróg oddechowych i zapadanie się pęcherzyków płucnych, co wywołuje powstawanie ognisk niedodmy. Powodują także zwężenie mózgowych naczyń krwionośnych i spadek przepływu krwi. W fazie podtrzymania znieczulenia ogólnego wystarczające wydaje się stężenie FiO₂ 25–35% [60].

Należy pamiętać, że w bezpośrednim okresie pooperacyjnym tlenoterapia bierna może maskować objawy hipowentylacji lub zaburzenia drożności dróg oddechowych i opóźniać adekwatną reakcję, co jest dodatkowym powodem, aby unikać rutynowego podawania tlenu na sali wybudzeniowej u zdrowych dzieci z saturacją powyżej 95% [62].

Wentylacja mechaniczna płuc

W czasie znieczulenia ogólnego stosowanie wentylacji dodatnim ciśnieniem jest niezbędnym elementem prowadzenia znieczulenia umożliwiającym zapewnienie prawidłowej wymiany gazowej. Przez wiele lat anestezjolodzy stosowali u dzieci głównie wentylację kontrolowaną ciśnieniem (PCV – *pressure-controlled ventilation*), co wynikało przede wszystkim z ograniczeń sprzętowych – ówczesne respiratory były mało dokładne w stosowaniu niewielkich objętości oddechowych i PCV zapewniała pacjentom pediatrycznym maksymalne bezpieczeństwo. Obecnie nowoczesne aparaty do znieczulenia zawierają respiratory wzorowane na stosowanych na oddziale intensywnej terapii. Pozwalają one na zastosowanie trybów kontrolowanych ciśnieniem lub objętością (VCV – *volume-controlled ventilation*) nawet u małych dzieci; wspomaganie ciśnieniowe, gdy pacjent oddycha spontanicznie, oraz tryby hybrydowe [wentylacja kontrolowana ciśnieniem z gwarantowaną objętością (PCV-VG – *pressure controlled ventilation-volume guarantee*) wentylacja regulowana ciśnieniem z kontrolowaną objętością [wentylację kontrolowaną ciśnieniem z gwarantowaną objętością (PRVC – *pressure-regulated volume control*)], które zapewniają zsynchronizowaną obowiązkową wentylację minutową oprócz wspomaganie ciśnieniowego. Wszystkie te tryby są potencjalnie przydatne dla pacjentów pediatrycznych poddawanych zabiegom chirurgicznym, ale należy rozumieć zalety i ograniczenia każdego z nich podczas wybierania sposobu wentylacji i ustawień respiratora.

U dzieci oddychających spontanicznie przez LMA niezwykle przydatna jest wentylacja wspomagana

ciśnieniem (PSV – *pressure support ventilation*) wyraźnie redukująca wysiłek oddechowy.

Zastosowanie PIP zawsze powoduje znaczące zmiany w fizjologii układu oddechowego, takie jak zwiększenie oporu dróg oddechowych, zmniejszenie FRC, pojawienie się ognisk niedodmy, zaburzenie stosunku wentylacji do perfuzji czy uszkodzenie surfaktantu [13]. Obecnie eksperci zgadzają się co do tego, że najlepszą strategią wentylacji w czasie znieczulenia ogólnego jest wentylacja oszczędzająca płuca prowadzona tak, aby zapobiegać negatywnym następstwom wentylacji zastępczej i minimalizować ryzyko wentylacyjnego uszkodzenia płuc. Powinno się ją prowadzić w taki sposób, aby parametry gazometryczne mieściły się w zakresie wartości referencyjnych – należy unikać zarówno hipo-, jak i hiperoksji, ale także hipo- i hiperkapnii [63].

Objętość wentylacji

Obecnie powszechnie przyjmuje się, że prawidłowa objętość oddechowa (TV – *tidal volume*) u dzieci powinna wynosić 6–8 ml na kg idealnej masy ciała (IBW – *ideal body weight*). U zdrowych noworodków średnia objętość oddechowa wynosi 4–6 ml kg⁻¹, a wentylacja minutowa 0,2–0,3 l min kg m.c.⁻¹ [64].

Częstość oddechów

Zapewnienie prawidłowej częstości oddechów jest kluczowe dla umożliwienia pacjentowi odpowiedniej wentylacji minutowej. W ustaleniu wartości prawidłowej należy brać pod uwagę wiek pacjenta (dla wcześniaka prawidłowa częstość oddechów to 30–60/min, dla dziecka rocznego – 20–40/min, a dla 10-latka – 12–20/min), odrębności anatomiczne (np. wynikające z otyłości, nieprawidłowości w budowie klatki piersiowej czy płuc) oraz choroby przewlekłe, takie jak astma czy dysplazja oskrzelowo-płucna. Należy pamiętać o konieczności dostosowania do wymaganej częstości oddechów parametru czasu wdechu tak, aby zapewnić pacjentowi fizjologiczne fazy wdechowo-wydechowe.

Dodatnie ciśnienie końcowo-wydechowe

Stosowanie dodatniego ciśnienia końcowo-wydechowego (PEEP, *positive end-expiratory pressure*) jest obecnie integralną częścią strategii wentylacji oszczędzającej płuca. Minimalizuje ryzyko zapadania dystalnych pęcherzyków i powstawania ognisk niedodmy oraz

redukuje przeciek wewnątrzpłucny. Brakuje jednak zdecydowanych zaleceń co do tego, jaka wartość PEEP jest najlepsza w czasie wentylacji płuc zdrowego dziecka w czasie znieczulenia. Powszechnie za optymalny u zdrowych pacjentów uznaje się poziom PEEP 5–7 cm H₂O [65, 66].

Manewry rekrutacyjne

Celem manewrów rekrutacyjnych, polegających na przejściowym zwiększeniu ciśnienia *plateu* wewnątrz klatki piersiowej, jest upowietrzenie zapadniętych pęcherzyków płucnych i zapobieganie powstawaniu niedodmy. Chociaż dane z piśmiennictwa na temat zastosowania manewrów rekrutacyjnych w trakcie znieczulenia ogólnego u dzieci są skąpe, to wydaje się, że w określonych sytuacjach klinicznych związanych z dużym ryzykiem pojawienia się ognisk niedodmy (np. po odsysaniu z dróg oddechowych czy w czasie zabiegów laparoskopowych) mogą mieć korzystne działanie i zapobiegać rozwojowi pooperacyjnych powikłań płucnych. Szczególnie wskazane są przy obserwowanym niekiedy stopniowym obniżaniu się saturacji. Prawidłowy manewr rekrutacyjny ma zapobiegać późniejszym powikłaniom.

U dzieci z zachowanym oddechem własnym w czasie znieczulenia warto rozważyć stosowanie PSV, ponieważ dodatnie ciśnienie wdechowe kompensuje opory sztucznych dróg oddechowych i redukuje pracę oddechową pacjenta [64]. Obiecujące są nowe metody wspomagania oddychania, takie jak wysokoprężowa tlenoterapia donosowa, i chociaż na razie jest niewiele doniesień na temat ich zastosowania w anestezji pediatrycznej, to wydaje się, że i dla nich znajdzie się miejsce w praktyce anestezjologicznej na sali operacyjnej.

Płynoterapia okołooperacyjna

Należy mieć na uwadze, że najmłodsi pacjenci, w szczególności noworodki i niemowlęta, ze względu na niedojrzałość nerek, są mniej odporni na błędy w płynoterapii – w przypadku zarówno niedoboru, jak i nadmiaru płynów. Wykazano, że nadmiar płynów wiąże się z potencjalnie dłuższą wentylacją mechaniczną, niewydolnością serca, ostrym uszkodzeniem nerek, wydłużeniem hospitalizacji, a także większą śmiertelnością [67]. U noworodków dodatni bilans płynów dodatkowo zwiększa ryzyko wystąpienia: dysplazji oskrzelowo-płucnej (BPD – *bronchopulmonary dysplasia*), krwawienia śródmózgowe

Tabela 13. Podstawowe zapotrzebowanie płynowe dziecka

Masa ciała [kg]	[ml kg d. ⁻¹]	Dawka na godzinę
Do 10	100 ml kg doba ⁻¹	4 ml kg godz. ⁻¹
10–20	1000 ml + 50 ml kg ⁻¹ między 10 a 20 kg m.c. doba ⁻¹	40 ml + 2 ml kg godz. ⁻¹
> 20	1500 ml + 20 ml kg ⁻¹ > 20 kg m.c. doba ⁻¹	60 ml + 1 ml kg godz. ⁻¹

(ICH – *intracranial hemorrhage*), martwiczego zapalenia jelit (NEC – *necrotizing enterocolitis*), zmiennego hemodynamicznego przetrwałego przewodu tętniczego (PDA – *patent ductus arteriosus*) [66]. U najmłodszych chorych niedojrzałe są także mechanizmy regulujące prawidłowe stężenie sodu, a zaburzenia natremii mogą negatywnie wpłynąć na OUN i dalszy rozwój dziecka. Podobnie częściej obserwuje się nieprawidłowe stężenia glukozy oraz hipo-, ale także hiperglikemię [67].

Z wyżej wymienionych powodów w tej grupie wiekowej staranność w zakresie terapii płynami jest szczególnie istotna.

Płynoterapia przedoperacyjna

W związku z faktem, że obecnie post przedoperacyjny powinien być bardzo krótki (1 godz. od płynów klarownych, 3 godz. odstępu od mleka matki, 4 godz. od mieszanki mlecznej), nawet najmłodsze dzieci nie powinny mieć deficytu płynów w przypadku znieczuleń do operacji planowych [68]. Dlatego nawet tak mali pacjenci zazwyczaj nie wymagają płynoterapii przed przekazaniem na blok operacyjny. W przypadku znacznego przedłużania się czasu rozpoczęcia zabiegu dziecku należy podać klarowny płyn lub podłączyć wlew kroplowy (10 ml kg⁻¹ izotonicznego zbilansowanego krystaloidu).

Deficyt płynów może występować przy zabiegach w trybie ostrodyżurowym [67]. Wówczas należy dążyć do wyrównania ewentualnych niedoborów płynów przed indukcją znieczulenia, ponieważ może ona ujawnić ukrytą wcześniej hipowolemię. Jeżeli nie jest to możliwe, warto rozważyć podanie bolusa/bolusów po 10 ml kg⁻¹ krystaloidu izotonicznego, najlepiej zbilansowanego, przed indukcją.

Płynoterapia śródoperacyjna

Celem płynoterapii śródoperacyjnej jest utrzymanie prawidłowej perfuzji tkankowej w trakcie zabiegu. Powinna ona uwzględniać zapotrzebowanie podstawowe, zachodzące straty oraz ewentualny

wcześniejszy deficyt. Orientacyjne zapotrzebowanie podstawowe dziecka przedstawiono w tabeli 13, a noworodka (dziecko do 28. dnia życia) – w tabeli 14.

Podobnie jak u dzieci starszych w przypadku niemowląt podczas znieczulenia zaleca się stosowanie izotonicznych roztworów krystaloidów (przyjmuje się, że są to płyny zawierające sód w stężeniu 130–155 mmol l⁻¹), najlepiej zbilansowanych, bez glukozy lub zawierające 1-procentową glukozę [68, 69]. Krystaloidy zbilansowane zawierają fizjologiczne stężenie chlorków oraz aniony organiczne, na przykład: octan, mleczan, glukonian, jabłczan, które stanowią substrat do wewnątrzustrojowej produkcji wodorowęglanów, dzięki czemu mają one działanie buforujące. Duże objętości płynów opartych na NaCl (np. 0,9-proc. NaCl, płyn Ringera) działają przeciwnie – mogą spowodować kwasicę metaboliczną hiperchloremiczną. Także u najmłodszych chorych, w wyniku reakcji hormonalnej na stres związany z operacją, stężenie glukozy w trakcie znieczulenia zazwyczaj się zwiększa, nawet jeśli stosuje się płyny niezawierające glukozy. Jednak najmłodszy pacjent – noworodek, w szczególności urodzony przedwcześnie i/lub hipotroficznego, donoszonego w pierwszych dobach życia, oraz niemowlęta i dzieci z dodatkowymi obciążeniami zdrowotnymi mogą wymagać śródoperacyjnej podaży glukozy i/lub częstej kontroli jej stężenia (tab. 15). Istotne znaczenie mają także rodzaj operacji i stosowanego znieczulenia, im dłuższa operacja i im skuteczniejsze znieczulenie (np.

Tabela 14. Podstawowe zapotrzebowanie płynowe noworodka

Doba życia	Ilość płynu [ml kg doba ⁻¹]
1.	60 (wcześniaki 80)
2.	80
3.	100
4.	120
5.	120

Tabela 15. Stany/sytuacje wymagające śródoperacyjnej podaży glukozy i/lub kontroli glikemii

Czynniki ryzyka śródoperacyjnej hipoglikemii
Noworodki, szczególnie < 48 godz. życia, i wcześniaki
Wielogodzinne znieczulenie
Blokada regionalna
Hipotrofia/niski wskaźnik masy ciała
Przedoperacyjne żywienie pozajelitowe
Choroby metaboliczne
Cukrzyca typu 1

blokada regionalna efektywnie znosząca impulsację bólową), tym wyższe ryzyko hipoglikemii.

W przypadku noworodków najczęściej stosuje się technikę dwóch infuzji, w jednej podając 10-procentową glukozę z prędkością około 50% zapotrzebowania podstawowego, a w drugiej krystaloid izotoniczny zbilansowany bez glukozy, którego objętość zależy od rodzaju operacji i zachodzących strat. U dzieci poniżej 1. r.ż. płyny należy bezwzględnie przetaczać za pomocą pompy infuzyjnej.

Zdecydowanie **przeciwwskazane jest stosowanie roztworów hipotonicznych** (np. 5% glukoza, mieszanek 5% glukozy z 0,9% NaCl: w stosunkach objętościowych 4:1, 2:1, 1:1), ze względu na ryzyko rozwoju ostrej hiponatremii i w konsekwencji obrzęku mózgu. Ryzyko to jest uwarunkowane potencjalnie nieadekwatnym wydzielaniem hormonu antydiuretycznego (ADH – *antidiuretic hormone*), który jest hormonem stresu. Dlatego wystąpienie ostrej hiponatremii jest możliwe, choć znacznie mniej prawdopodobne, także przy prawidłowo prowadzonej płynoterapii z zastosowaniem krystaloidów izotonicznych [68].

Płynoterapia pooperacyjna

Zaleca się możliwie najszybszy powrót do podaży płynów (i pokarmów) drogą doustną. Z punktu widzenia anestezjologa można przywrócić podaż doustną, jeżeli dziecko jest wybudzone. W przypadku noworodków i niemowląt po obudzeniu dziecko może być przedstawione do piersi. Jeżeli z przyczyn chirurgicznych lub stanu ogólnego dziecka pozostaje to niemożliwe, wskazane jest przetaczanie krystaloidów izotonicznych, najlepiej zbilansowanych, z 4–5-procentową glukozą [67, 68]. Noworodki, które przez dłuższy czas nie mogą przyjmować pokarmu drogą przewodu pokarmowego, mogą wymagać żywienia pozajelitowego,

natomiast w przypadku płynoterapii standardowo stosuje się 10-procentową glukozę z elektrolitami – sodem, wyjściowo 2 mmol kg doba⁻¹, potasem, wyjściowo 2 mmol kg doba⁻¹ i wapniem wyjściowo 1 mmol kg doba⁻¹. Skład płynu powinien być modyfikowany w zależności od kontrolnych oznaczeń gazometrii, elektrolitów, glukozy, kwasu mlekowego, bilansu płynów oraz masy ciała dziecka. Punktem wyjścia do wyliczenia objętości przetaczanych płynów powinno być zapotrzebowanie podstawowe (tab. 13, 14). Objętość ta, zależnie od okoliczności, powinna być zwiększona, jeżeli postępuje utrata płynów, noworodek przebywa w inkubatorze otwartym i/lub jest poddawany fototerapii lub częściej zredukowana o 30–50%, w szczególności po rozległych operacjach, gdy spodziewane jest nieadekwatnie wysokie stężenie ADH.

Wybudzanie

Jest to okres znieczulenia wymagający największej uwagi ze względu na duże ryzyko wystąpienia powikłań. Należy podkreślić, że bezproblemowa intubacja/założenie LMA nie gwarantuje równie bezproblemowego jej usunięcia. Wybudzaniu dziecka, a zwłaszcza po ekstubacji lub usunięciu LMA, mogą towarzyszyć zdarzenia niepożądane wynikające z podrażnienia dróg oddechowych na skutek przedostania się krwi, wydzielin, fragmentów tkanek w okolicę głośni czy też do drzewa oskrzelowego (szczególnej uwagi wymagają mali pacjenci otolaryngologiczni, nierzadko obciążeni alergią lub astmą wczesnodziecięcą). Obserwuje się wtedy kaszel, nieprawidłowe ruchy oddechowe, skurcz krtani lub skurcz głośni i w konsekwencji desaturację. W przypadku ich wystąpienia konieczny jest z góry ustalony plan działania, ponieważ nieopanowane w porę mogą spowodować niedotlenienie, a nawet zatrzymanie krążenia. Poleca się ekstubację w ułożeniu na boku. Ważne jest też kilkuminutowe natlenowanie, podobnie jak w indukcji znieczulenia – w ten sposób można „kupić” czas na podjęcie skutecznej interwencji. Im młodsze dziecko, tym tego czasu będzie mniej, co wynika z jego większego zapotrzebowania na tlen. Rozintubowanie po całkowitym wybudzeniu dziecka jest uważane za bezpieczniejszą metodę, ale częściej towarzyszy jej pobudzenie. Ekstubacja podczas snu zapobiega nadmiernemu pobudzeniu po znieczuleniu, ale jest polecana tylko doświadczonym anestezjologom.

Czasami problemy oddechowe po ekstubacji wynikają z resztkowej blokady nerwowo-mięśniowej,

dlatego podkreśla się znaczenie monitorowania przewodnictwa mięśniowo-nerwowego ciągiem czterech impulsów (TOF – *train of four*). Jeżeli od ostatniego podania leku niedepolaryzującego minęło niewiele czasu, u pacjenta obserwuje się TOF poniżej 0,9 lub kliniczne objawy resztkowego bloku (szarpiące ruchy mięśni szkieletowych, słaby odruch kaszlowy), to blok należy odwrócić, podając neostygminę w dawce $0,05 \text{ mg kg}^{-1}$ po uprzednim podaniu atropiny albo (optymalnie) sugammadeksu, który jednak eliminuje z ustroju tylko preparaty steroidowe.

Stan pacjenta przebywającego na sali nadzoru poznieczuleniowego wymaga oceny i udokumentowania. W ocenie stanu dziecka można się posługiwać skalą Aldreta.

Nudności i wymioty pooperacyjne

Warto pamiętać, że dzieci charakteryzują się dość dużą skłonnością do nudności i/lub wymiotów, również w okresie okołoperacyjnym.

Zgodnie z protokołem ERAS (*enhanced recovery after surgery*) picie płynów przed znieczuleniem, zwłaszcza zawierających węglowodany i elektrolity, jest jedną ze skutecznych pozafarmakologicznych metod zmniejszenia częstości występowania u dzieci nudności i/lub wymiotów w okresie pooperacyjnym (PONV – *post-operative nausea and vomiting*). Podobny efekt daje jak najwcześniejsze przyjmowanie przez nie płynów po operacji, jeśli nie ma do tego przeciwwskazań chirurgicznych, nawet już na sali nadzoru poznieczuleniowego.

Strategia zapobiegania PONV rozpoczyna się już podczas przedoperacyjnej wizyty anestezjologicznej, podczas której należy określić czynniki ryzyka PONV. Można je podzielić na 3 grupy, w zależności od czasu

i ryzyka wystąpienia w okresach przedoperacyjnym, śródoperacyjnym i w okresie pooperacyjnym (tab. 16).

Jeżeli u dziecka stwierdzono wszystkie 4 czynniki przedoperacyjne, to ryzyko wystąpienia PONV szacuje się nawet na 80%. U tych pacjentów należy szczególnie zwrócić uwagę na przestrzeganie karencji płynowej przed znieczuleniem i niewydłużanie okresu postu, a wręcz zachęcanie do spożycia płynów przez dziecko zgodnie z opisanymi zasadami.

Uzupełnieniem płynów przedoperacyjnych jest ich dostateczna podaż także w okresie śródoperacyjnym, a według liberalnej polityki płynowej może ona wynosić nawet $30 \text{ ml kg m.c.}^{-1}$ u dzieci z grupy średniego i dużego ryzyka PONV.

W procesie kwalifikacji do znieczulenia i operacji należy już wstępnie rozważyć i następnie zastosować odpowiednie postępowanie, takie jak:

- 1) unikanie znieczulenia ogólnego poprzez zastosowanie anestezji regionalnej,
- 2) zastosowanie propofolu jako leku z wyboru w TIVA,
- 3) unikanie podtlenku azotu w operacjach trwających dłużej niż 60 min,
- 4) unikanie pozostałych wziewnych środków anestetycznych,
- 5) minimalizacja śród- i pooperacyjnych dawek leków opioidowych,
- 6) właściwa płynoterapia,
- 7) zastosowanie sugammadeksu zamiast neostygminy w celu odwrócenia blokady nerwowo-mięśniowej.

Profilaktyczne postępowanie farmakologiczne w zależności od stopnia ryzyka PONV przedstawiono w tabeli 17.

W leczeniu wymiotów i nudności pooperacyjnych zaleca się jednoczesowe podanie ondansetronu z deksametazonem.

Ondansetron zaleca się zarówno profilaktycznie, jak i leczniczo w pojedynczej dawce w powolnym wstrzyknięciu dożylnym (trwającym $\geq 30 \text{ s}$) w dawce

Tabela 16. Czynniki ryzyka nudności i/lub wymiotów w okresie pooperacyjnym (POV/PONV – *post-operative vomiting/post-operative nausea and vomiting*) u dzieci

Przedoperacyjne	Śródoperacyjne	Pooperacyjne
1. Wiek > 3 . r.ż.	1. Operacja zęza	Długodziałające opioidy (wskazania do włączenia multimodalnej analgezji w celu ograniczenia podaży opioidów)
2. Choroba lokomocyjna lub POV/PONV w wywiadzie podczas poprzednich znieczuleń	2. Adenotonsillotomia	
3. Historia POV/PONV w rodzinie	3. Otoplastyka	
4. Płeć żeńska, po okresie dojrzewania	4. Operacje trwające $\geq 30 \text{ min}$	
	5. Anestetyki wziewne	
	6. Inhibitory cholinesterazy	

Tabela 17. Profilaktyka nudności i/lub wymiotów w okresie pooperacyjnym u dzieci

	Małe ryzyko	Średnie ryzyko	Duże ryzyko
Liczba czynników ryzyka	0	1–2	≥ 3
Profilaktyka	Brak leczenia lub antagonist 5-HT ₃ , lub deksametazon	Antagonista 5-HT ₃ + deksametazon	Antagonista 5-HT ₃ + deksametazon + rozważyć TIVA

0,05–0,1 mg kg m.c.⁻¹ (maks. ≤ 4 mg) u pacjentów od 1. m.c., choć dane dla dzieci poniżej 2. r.ż. są znacznie ograniczone. Podobnie deksametazon można podawać łącznie z ondansetronem w grupie pacjentów obarczonych dużym ryzykiem PONV w dawce 0,1–0,15 ml kg⁻¹ dożylnie (maks. 5 mg). Innych leków, takich jak droperidol, tropisetron, dolasetron, granisetron oraz pozostałych, nie objęto rekomendacjami FDA ani Europejskiej Agencji Leków (EMA – *European Medicines Agency*) [70, 71].

Skurcz głośni

Skurcz głośni, zwany także laryngospazmem, jest spowodowany odruchowym skurczem mięśni zamykających szparę głośni. Częściej występuje u dzieci, w szczególności najmłodszych [1, 72]. Ponieważ nieprawidłowe postępowanie w tym przypadku może prowadzić do ciężkiego niedotlenienia, a nawet śmierci pacjenta, każdy anestezjolog znieczulający dziecko powinien wiedzieć, jak zapobiegać jego wystąpieniu, jak rozpoznać i jak leczyć to potencjalnie niebezpieczne powikłanie.

Skurcz głośni najczęściej występuje u najmłodszych pacjentów – poniżej 5. r.ż., ale zdarza się w każdej grupie wiekowej. Najczęściej pojawia się w fazie wybudzania ze znieczulenia, następnie w fazie indukcji, najrzadziej w trakcie podtrzymywania [73]. Bezpośrednim czynnikiem wyzwalającym może być podrażnienie okolicy krtani, na przykład przez krew, wydzielinę czy odsysanie cewnikiem dróg oddechowych, ale może to być także nagły bodziec bólowy z operowanej okolicy przy niedostatecznej głębokości znieczulenia. W tabeli 18 przedstawiono czynniki ryzyka skurczu głośni [1, 72, 73].

Skurcz głośni najczęściej objawia się nagłą nieemożliwością przewentylowania płuc pacjenta niezaintubowanego, zaciąganiem dołka jarzmowego, wzmożonym wysiłkiem wdechowym i paradoksalnymi ruchami klatki piersiowej i brzucha (chory próbuje nabrać powietrza, lecz jest to niemożliwe lub bardzo utrudnione przy zamkniętej głośni) oraz stridorem wdechowym przy skurczu częściowym. W przypadku

pełnej niedrożności dróg oddechowych, szczególnie u małego dziecka z małą rezerwą tlenową, szybko może dojść do desaturacji, bradykardii, a nawet zatrzymania krążenia. Optymistyczną informacją jest to, że prawidłowe postępowanie praktycznie w pełni zapobiega trwałym powikłaniom skurczu głośni. Kluczowe pozostają:

- 1) natychmiastowe zaprzestanie stymulacji, która wywołała skurcz głośni;
- 2) upewnienie się, że problem nie jest wywołany obecnością krwi/wymiocin w gardle;
- 3) podaż tlenu pod dodatnim ciśnieniem przez szczelnie przyłożoną maskę twarzową;
- 4) pogłębienie znieczulenia lekiem dożylnym (wziewanie się nie da!). Należy użyć leku, który jest szybko osiągalny, na przykład propofolu (ale lepiej nie podawać ketaminy) w miareczkowanych dawkach po 1 mg kg⁻¹, skuteczne są także benzodiazepiny, szczególnie relanium;
- 5) w przypadku braku reakcji (zdarza się to niezwykle rzadko) należy podać lek zwiotczający i zaintubować tchawicę (przy braku/utracie dostępu dożylnego należy wstrzyknąć sukcynylocholinę, najlepiej podjęzykowo 2 mg kg⁻¹, doszpikowo 1 mg kg⁻¹, ew. domięśniowo 4 mg kg⁻¹) [72].

Zawsze należy poprosić o pomoc drugiego anestezjologa, jeśli sytuacja tego wymaga, a w przypadku niedoświadczonych lekarzy (nawet jeśli są specjalistami) powinno być to obowiązkowe [72].

Warto też pamiętać, że u dzieci, u których wystąpił skurcz głośni, może dojść do rozwoju obrzęku płuc, będącego efektem ogromnego podciśnienia panującego w klatce piersiowej. Dlatego po opanowaniu krytycznej sytuacji należy starannie osłuchać klatkę piersiową dziecka.

Leczenie bólu pooperacyjnego

Międzynarodowe Stowarzyszenie Badań nad Bólem (IASP – *International Association for the Study of Pain*) definiuje ból jako nieprzyjemne doznanie czuciowe i emocjonalne, związane z rzeczywistym lub potencjalnym uszkodzeniem tkanek albo opisywane

Tabela 18. Czynniki ryzyka skurczu głośni

Związane z pacjentem	Związane ze znieczuleniem	Związane z operacją
Wiek < 5. r.ż.	Zbyt płytkie znieczulenie	Zabiegi laryngologiczne (adenotonsillotomia!)/ /wspólne drogi oddechowe z anestezjologiem
Aktualna lub przebyta Infekcja dróg oddechowych < 2 tyg.	Drażnienie dróg oddechowych (np. desfluran)	Bolesne zabiegi „na maskę twarzową” np. ropień okołoodbytniczy
Nadwrażliwość dróg oddechowych, astma	Manipulacje na drogach oddechowych (np. odsysanie, laryngoskopia bez zwiotczenia)	Operacje na szyi – tarczycy, porażenie n. krtaniowego górnego, hipokalcemia
Palenie bierne	Instrumentacja dróg oddechowych (maska krtaniowa!, rurka intubacyjna)	Operacje przełyku
Refluks żołądkowo-przełykowy	Znieczulenie wyłącznie wziewne	Operacje ano-genitalne
Otyłość z bezdechami sennymi	Niedoświadczony anestezjolog	–
Nieprawidłowa anatomia górnych dróg oddechowych	–	–

w kategoriach takiego uszkodzenia. Skuteczne leczenie bólu, szczególnie w sytuacjach ostrego bólu związanego z operacjami i bolesnymi procedurami diagnostycznymi, jest nie tylko kluczowe dla poprawy jakości życia pacjentów, ale również stanowi fundament przestrzegania podstawowego prawa człowieka – prawa do ulgi w cierpieniu.

Ostry ból to stan, który dotyka około 5% populacji w każdej grupie wiekowej. Szacuje się, że około 70% operowanych dzieci doświadcza bólu o nasileniu od umiarkowanego do silnego, co pokazuje, jak istotnym zagadnieniem jest efektywna analgezja w tej grupie pacjentów.

Główne cele uśmierzania bólu ostrego u dzieci obejmują:

- zapewnienie skutecznej analgezji – nowoczesnymi metodami farmakologicznymi i nefarmakologicznymi w celu minimalizacji odczuć bólowych;
- uzyskanie stabilności hemodynamicznej – pamiętając, że ostry ból wywołuje niekorzystne reakcje organizmu, takie jak wzrost ciśnienia tętniczego, HR czy zwiększenie wydzielania hormonów stresu;
- redukcję ryzyka przewlekłego bólu – nieleczony lub niedostatecznie leczony ból nie tylko wpływa na aktualny stan fizyczny i emocjonalny dziecka, ale także wywołuje trwałe zmiany w OUN oraz zwiększa ryzyko rozwoju przewlekłych dolegliwości bólowych w przyszłości.

Skuteczne leczenie bólu w okresie okołoperacyjnym wymaga starannie opracowanego planu postępowania, który uwzględnia cały proces opieki medycznej – przed operacją, w jej trakcie oraz po niej. Kluczowym elementem tego planu jest dokładna

analiza stanu zdrowia pacjenta, uwzględniająca zarówno chorobę podstawową, jak i ewentualne choroby współistniejące. W bezpiecznej i skutecznej analgezji okołoperacyjnej szczególnie nacisk kładzie się na kilka kluczowych działań:

1) należy prowadzić i dokumentować ocenę występowania i nasilenia bólu. Powinny one szczegółowo określać: rodzaje stosowanych leków, zasady monitorowania bólu i działań niepożądanych, wytyczne dotyczące pacjentów o szczególnych potrzebach (np. noworodków, wcześniaków);

2) regularna ocena bólu u dzieci powinna być prowadzona z uwzględnieniem ich wieku, zdolności komunikacyjnych i stanu zdrowia. Niezależnie od wyboru skali, ocena bólu za jej pomocą musi być powtarzana w regularnych odstępach czasu, a wyniki tej oceny muszą być dokumentowane. Wykorzystuje się w tym celu skale bólu, takie jak:

- wzrokowo-analogowe skale bólu [np. numeryczna skala bólu (NRS – *numerical rating scale*), wizualna skala analogowa (VAS – *visual analogue scale*)] – w których dziecko samo ocenia jego występowanie i nasilenie – rzadko znajdujące zastosowanie u dzieci poniżej 3. r.ż.,
- skale behawioralne [np. *Face, Legs, Activity, Cry, Consolability scale* (FLACC), *Cry, Requires increased oxygen administration, Increased vital signs, Expression, Sleepless* (CRIES)] – służące ocenie mimiki twarzy, płaczu, ruchów ciała, a także zmian parametrów fizjologicznych, stosowane u niemowląt i małych dzieci,
- w ocenie bólu, szczególnie najmniejszych pacjentów, przydatne mogą być tak zwane monitory bólu,

działające na podstawie oceny zmienności rytmu serca czy przewodnictwa elektrycznego skóry.

3) podawanie leków przeciwbólowych powinno być dostosowane do indywidualnych potrzeb dziecka. Wybór metody analgezji będzie zależeć od wieku dziecka, jego wcześniejszych zachowań przy doznaniach bólowych, rodzaju wykonywanego zabiegu chirurgicznego, oczekiwanego natężenia i czasu trwania bólu;

4) prawidłowe prowadzenie analgezji pooperacyjnej u dzieci musi gwarantować poprawną ocenę natężenia bólu, znajomość farmakologii stosowanych leków przeciwbólowych w różnych grupach wiekowych oraz umiejętność wykonywania technik znieczuleń przewodowych u pacjentów, u których jest to możliwe;

5) informowanie rodziców/opiekunów prawnych o planowanej terapii przeciwbólowej oraz sposobie zgłaszania u dziecka objawów bólu jest istotnym elementem opieki. Włączenie opiekunów do procesu leczenia zwiększa jego skuteczność oraz pozwala na precyzyjniejszą ocenę odczuć dziecka.

Podstawową zasadą leczenia bólu pooperacyjnego u dzieci jest analgeza multimodalna, w myśl której łączy się leki oraz techniki ukierunkowane na różne elementy układu nocyceptywnego, po to aby poprawić skuteczność terapii, zmniejszyć nasilenie bólu i ograniczyć działania niepożądane. Silnemu bólowi u dziecka powinno się zapobiegać poprzez wdrożenie analgezji z wyprzedzeniem lub analgezji prewencyjnej. Analgeza z wyprzedzeniem oznacza wprowadzenie terapii przeciwbólowej przed wystąpieniem bodźca bólowego, takiego jak cięcie chirurgiczne czy inne bolesne procedury zabiegowe. Jej celem jest zahamowanie aktywacji układu nerwowego przez bodźce bólowe. W praktyce oznacza to podanie leków przeciwbólowych jeszcze przed indukcją znieczulenia lub użycie technik analgezji w czasie znieczulenia (np. blokady nerwów obwodowych, infuzja leku znieczulającego miejscowo). Analgeza prewencyjna z kolei skupia się na zapobieganiu utrzymującym się efektom bólu poprzez zmniejszenie aktywności układu bólowego zarówno w trakcie, jak i już po operacji. Celem tych działań jest zablokowanie procesów zapalnych, neuropatycznych i zwiększonej aktywności receptorów bólowych po operacji. Wszystkie bolesne procedury, takie jak założenie dodatkowego dostępu dożylnego, tętniczego czy cewnika zewnątrzoponowego, powinny się odbyć po wprowadzeniu dziecka do znieczulenia. W przypadku

planowanego zastosowania metod analgezji przewodowej ciągłej (np. znieczulenia zewnątrzoponowego) pierwszą dawkę środka znieczulenia miejscowego należy podać przed rozpoczęciem operacji, co zwiększa skuteczność kontroli bólu. Kluczowe jest, aby ból nie wybudzał dziecka po zabiegu operacyjnym, co wymaga odpowiedniego zaplanowania i wdrożenia skutecznych metod analgezji. Podczas leczenia nie należy przekraczać maksymalnych dawek środków przeciwbólowych. Najczęstszymi drogami podawania leków przeciwbólowych u dzieci są dożylna i doustna. U małych dzieci można też wykorzystać drogę doodbytniczą. Przy wyborze drogi dożytnej można zastosować następujące metody: powtarzane w równych odstępach czasu pojedyncze dawki analgetyków, wlewy ciągłe, w tym znajdującą szerokie zastosowanie i przeznaczoną dla młodszych dzieci zmodyfikowaną opcję analgezji kontrolowanej przez pacjenta analgezji kontrolowanej przez pacjenta (PCA – *patient controlled analgesia*), zwaną analgezą kontrolowaną przez pielęgniarkę (NCA – *nurse controlled analgesia*), którą wykorzystuje się na oddziałach intensywnej terapii. Niedopuszczalne są drogi podaży same wywołujące ból, na przykład iniekcje domięśniowe. Nie należy zapominać o możliwościach zastosowania technik niefarmakologicznych, między innymi: dystrykcji (odwracania uwagi) z wykorzystaniem elementów zabawy, kangurowania (kontaktu skóry do skóry z rodzicem), które zmniejsza odczuwanie bólu u noworodków i niemowląt, technik relaksacyjnych czy stymulacyjnych, takich jak akupunktura, akupresura czy elektrostymulacja (TENS – *transcutaneous electrical nerve stimulation*).

Jednym z podstawowych elementów nowoczesnej terapii bólu ostrego u dzieci jest znieczulenie regionalne. W przeciwieństwie do tradycyjnej analgezji systemowej blokady regionalne zapewniają znacznie skuteczniejszą i długotrwałą kontrolę bólu. Co szczególnie istotne, metoda ta pozwala na znaczące zmniejszenie zapotrzebowania na opioidowe środki przeciwbólowe, minimalizuje bowiem tym samym ryzyko wystąpienia działań niepożądanych związanych z ich stosowaniem. W odróżnieniu od dorosłych wykonywanie blokad regionalnych u dzieci powinno się odbywać w warunkach głębokiej sedacji lub znieczulenia ogólnego. Zabieg ten nie tylko zwiększa komfort pacjenta, ale także poprawia precyzję i bezpieczeństwo procedury. Na szczególną uwagę zasługuje rola nowoczesnych technologii w przeprowadzaniu znieczuleń regionalnych. Wykorzystanie

obrazowania ultrasonograficznego i/lub stymulatora nerwów znacząco poprawia jakość i efektywność tego rodzaju analgezji. Narzędzia te umożliwiają precyzyjną lokalizację struktur anatomicznych, co przekłada się na większe bezpieczeństwo i skuteczność zabiegu.

W początkowym okresie pooperacyjnym należy uważnie monitorować stan dziecka, w tym jego poziom świadomości oraz nasilenie bólu. Uzyskane informacje umożliwiają podjęcie decyzji o konieczności podania kolejnej dawki środka przeciwbólowego natychmiast po zakończeniu działania znieczulenia. W tym czasie równie ważne jest sprawdzenie zakresu i jakości blokady przewodowej, co może wpłynąć na weryfikację założeń terapeutycznych ustalonych przed zabiegiem. Dalsze postępowanie przeciwbólowe w kolejnych dobach pooperacyjnych jest dostosowywane do potrzeb pacjenta indywidualnie. Wymaga to stałego monitorowania stanu klinicznego dziecka. Dzięki odpowiednio dobranej terapii przeciwbólowej

można zapewnić dzieciom lepszy komfort oraz szybszy powrót do zdrowia. Planując leczenie przeciwbólowe u dziecka, należy pamiętać, aby rodzicom lub opiekunom prawnym oraz personelowi świadczącemu podstawową opiekę zdrowotną udzielić informacji o planie leczenia bólu, z uwzględnieniem stopniowego, racjonalnego zmniejszania dawek analgetyków po opuszczeniu szpitala przez chorego.

Szczegółowe informacje dotyczące zasad leczenia bólu ostrego u dzieci, farmakoterapii bólu, dawkowania leków czy algorytmów uśmierzania bólu po zabiegach operacyjnych są zawarte w dokumencie „Wytyczne uśmierzania bólu ostrego u dzieci – Stanowisko Sekcji Anestezjologii i Intensywnej Terapii Dziecięcej Polskiego Towarzystwa Anestezjologii i Intensywnej Terapii” [74].

Dawkowanie najczęściej stosowanych analgetyków u dzieci podano w tabelach 19–23.

Tabela 19. Dawkowanie paracetamolu u noworodków, niemowląt i dzieci ze szczególnym uwzględnieniem różnic wiekowych

Masa ciała [kg]	Droga podania	Dawka	Odstęp między dawkami [godz.]	Maksymalna dawka dobową
< 5 (noworodki)	Dożylna	7,5 mg kg ⁻¹	4–6	30 mg kg ⁻¹
	Doustna	7,5–10 mg kg ⁻¹	4–6	40 mg kg ⁻¹
	Doodbytnicza	15 mg kg ⁻¹	4–6	60 mg kg ⁻¹
5–10	Dożylna	10 mg kg ⁻¹	4–6	40 mg kg ⁻¹
	Doustna	10–15 mg kg ⁻¹	4–6	40–60 mg kg ⁻¹
	Doodbytnicza	15–20 mg kg ⁻¹	4–6	60–90 mg kg ⁻¹
10–50	Dożylna	15 mg kg ⁻¹	4–6	60 mg kg ⁻¹
	Doustna	15 mg kg ⁻¹	4–6	60 mg kg ⁻¹
	Doodbytnicza	20–40 mg kg ⁻¹	4–6	80–160 mg kg ⁻¹

Tabela 20. Dawkowanie metamizolu u dzieci

Masa ciała [kg]	Droga podania	Dawka	Odstęp między dawkami [godz.]	Maksymalna dawka dobową
< 10	Dożylna	8–15 mg kg ⁻¹	6–8	60 mg kg ⁻¹
	Doustna	8–15 mg kg ⁻¹	6	60 mg kg ⁻¹
10–50	Dożylna	10–15 mg kg ⁻¹	6	60 mg kg ⁻¹
	Doustna	10–15 mg kg ⁻¹	6	60 mg kg ⁻¹
	Wlew dożylny	2,5 mg kg godz. ⁻¹	–	60 mg kg ⁻¹

Tabela 21. Dawkowanie niesteroidowych leków przeciwzapalnych (NLPZ) u dzieci

NLPZ	Droga podania	Dawka	Odstęp między dawkami [godz.]	Maksymalna dawka dobową
Ibuprofen > 3. m.ż.	Doustna, doodbytnicza	10 mg kg ⁻¹	8	30 mg kg ⁻¹
Diklofenak > 1. r.ż.	Doustna, doodbytnicza	0,5–3 mg kg ⁻¹	8	3–9 mg kg ⁻¹
Naproxen > 2. r.ż.	Doustna, doodbytnicza	5–7,5 mg kg ⁻¹	12	10–15 mg kg ⁻¹

Tabela 22. Dawkowanie leków opioidowych u dzieci

Opioid	Droga podania	Dawka	Odstęp między dawkami [godz.]	Wlew
Morfina	Dożylna, podskórna	25–100 µg kg ⁻¹	3–4	10–40 µg kg godz. ⁻¹
	Dożylna	20–50 µg kg ⁻¹	4	
Fentanyl	Dożylna	1–2 µg kg ⁻¹	–	0,5–2 µg kg godz. ⁻¹
Sufentanyl	Dożylna	0,5–1 µg kg ⁻¹	–	0,05–0,15 µg kg godz. ⁻¹
Tramadol	Dożylna	1–1,5 mg kg ⁻¹	4–6 Maks. 8 mg kg doba ⁻¹ Maks. 400 mg doba ⁻¹	0,07–0,25 mg kg godz. ⁻¹
	Doustna	50–100 mg	4–6 Maks. 400 mg doba ⁻¹	–
Oksykodon	Dożylna, doustna	0,05–0,15 mg kg ⁻¹	3–4	–
Nalbufina	Dożylna	0,1–0,2 mg kg ⁻¹	3–6	Bolus 0,2 mg kg ⁻¹ Wlew 0,05–0,1 mg kg godz. ⁻¹

Tabela 23. Dawkowanie leków znieczulenia miejscowego u dzieci

	Bupiwakaina	Lewobupiwakaina	Ropiwakaina	Lidokaina	Prilokaina
Początek działania	10–15 min	10–15 min	10–15 min	5–10 min	5–10 min
Dawka maksymalna (bez adrenaliny)	2,5 mg kg m.c. ⁻¹	2,5 mg kg m.c. ⁻¹	2 mg kg m.c. ⁻¹	4 mg kg m.c. ⁻¹	6 mg kg m.c. ⁻¹
Dawka maksymalna (z adrenaliną)	2,5 mg kg m.c. ⁻¹	2,5 mg kg m.c. ⁻¹	Nie stosuje się	7 mg kg m.c. ⁻¹	8 mg kg m.c. ⁻¹
Czas działania (bez adrenaliny)	3–12 godz.	3–12 godz.	3–12 godz.	1–2 godz.	1–2 godz.
Czas działania (z adrenaliną)	4–12 godz.	4–12 godz.	Brak danych	2–4 godz.	2–4 godz.

Podsumowanie

Opieka okołoperacyjna nad noworodkiem, niemowlęciem i małym dzieckiem do 3. r.ż. jest trudna i wymagająca, co wynika w dużej mierze ze specyfiki tego okresu rozwojowego, odmiennej fizjologii, patofizjologii schorzeń i dużej niedojrzałości. Wszystkie te czynniki sprawiają, że ryzyko powikłań śród- i pooperacyjnych jest u tych dzieci nieporównanie wyższe niż w populacji pacjentów dorosłych. Równowaga homeostaticzna organizmu dziecka jest niezwykle krucha i jedynie wiedza oraz doświadczenie zespołu anestezyjologicznego odpowiedzialnego za opiekę nad nim w trakcie i po znieczuleniu stanowi podstawowy gwarant jego bezpieczeństwa.

Piśmiennictwo

- Habre W, Disma N, Virag K, Becke K et al.; APRICOT Group of the European Society of Anaesthesiology Clinical Trial Network. Incidence of severe critical events in paediatric anaesthesia (APRICOT): a prospective multicentre observational study in 261 hospitals in Europe. *Lancet Respir Med*. 2017; 5(5): 412–425. doi: 10.1016/S2213-2600(17)30116-9.
- Disma N, Veyckemans F, Virag K, Hansen TG et al.; NECTARINE Group of the European Society of Anaesthesiology Clinical Trial Network. Morbidity and mortality after anaesthesia in early life: results of the European prospective multicentre observational study, neonate and children audit of anaesthesia practice in Europe (NECTARINE). *Br J Anaesth*. 2021; 126(6): 1157–1172. doi: 10.1016/j.bja.2021.02.016.
- Bhananker SM, Ramamoorthy C, Chandra MD, Geiduschek JM et al. Anesthesia-related cardiac arrest in children: update from the pediatric perioperative cardiac arrest registry. *Anesth Analg*. 2007; 105(2): 344–350. doi: 10.1213/01.ane.0000268712.00756.dd.
- Tay CL, Tan GM, Ng SB. Critical incidents in paediatric anaesthesia: an audit of 10,000 anaesthetics in Singapore. *Paediatr Anaesth*. 2001; 11(6): 711–718. doi: 10.1046/j.1460-9592.2001.00767.x.
- Konwencja o Prawach Dziecka, przyjęta przez Zgromadzenie Narodów Zjednoczonych dnia 20 listopada 1989 r. *Dz.U.* 1991; nr 120, poz. 526.
- Mellin-Olsen J, Staender S, Whitaker DK, Smith AF. The Helsinki Declaration on Patient Safety in Anaesthesiology. *Eur J Anaesthesiol*. 2010; 27(7): 592–597. doi: 10.1097/ACO.0000000000000131.
- Trachsel D, Erb TO, Hammer J, von Ungern-Sternberg BS, Hammer J. Developmental respiratory physiology. *Paediatr Anaesth*. 2022; 32(2): 108–117. doi: 10.1111/pan.14362.
- Andropoulos DB, Gregory GA, eds. Gregory's pediatric anesthesia. 6th ed. John Wiley & Sons Ltd., Chichester 2020.
- Zielińska M. Anestezja dziecięca. In: Mayzner-Zawadzka E, ed. Anestezjologia kliniczna z elementami intensywnej terapii i leczenia bólu. PZWL, Warszawa 2009: 395–453.
- Hatch D, Sumner E, Hellmann J. Perinatal physiology and medicine. In: Arnold E, ed. *The surgical neonate: anaesthesia and intensive care*. Edward Arnold Group, Boston 1995: 1–14.
- Trachsel D, Svendsen J, Erb TO, von Ungern-Sternberg BS. Effects of anaesthesia on paediatric lung function. *Br J Anaesth*. 2016; 117(2): 151–163. doi: 10.1093/bja/aew173.
- Thorsteinsson A, Werner O, Jonmarker C, Larsson A. Airway closure in anesthetized infants and children: influence of inspiratory pressures and volumes. *Acta Anaesthesiol Scand*. 2002; 46(5): 529–536. doi: 10.1034/j.1399-6576.2002.460510.x.
- Manowska M, Bartkowska-Śniatkowska A, Zielińska M, Kobylarz K et al. The consensus statement of the Paediatric Section of the Polish Society of Anaesthesiology and Intensive Therapy on general anaesthesia in children under 3 years of age. *Anaesthesiol Intensive Ther*. 2013; 45(3): 119–133. doi: 10.5603/AIT.2013.0027.
- Jevtovic-Todorovic V, Hartman RE, Izumi Y, Benshoff N et al. Early exposure to common anesthetic agents causes widespread neurodegeneration in the developing rat brain and persistent learning deficits. *J Neurosci*. 2003; 23(3): 876–882. doi: 10.1523/JNEUROSCI.23-03-00876.2003.
- Yon JH, Daniel-Johnson J, Carter LB, Jevtovic-Todorovic V. Anesthesia induces neuronal cell death in the developing rat brain via the intrinsic and extrinsic apoptotic pathways. *Neuroscience*. 2005; 135(3): 815–827. doi: 10.1016/j.neuroscience.2005.03.064.
- Boscolo A, Milanovic D, Starr JA, Sanchez V et al. Early exposure to general anesthesia disturbs mitochondrial fission and fusion in the developing rat brain. *Anesthesiology*. 2013; 118(5): 1086–1097. doi: 10.1097/ALN.0b013e318289bc9b.
- Loepke AW, Soriano SG. An assessment of the effects of general anesthetics on developing brain structure and neurocognitive function. *Anesth Analg*. 2008; 106(6): 1681–1707. doi: 10.1213/ane.0b013e318167ad77.
- DiMaggio C, Sun LS, Kakavouli A, Byrne MW, Li G. A retrospective cohort study of the association of anesthesia and hernia repair surgery with behavioral and developmental disorders in young children. *J Neurosurg Anesthesiol*. 2009; 21(4): 286–291. doi: 10.1097/ANA.0b013e3181a71f11.
- DiMaggio C, Sun LS, Li G. Early childhood exposure to anesthesia and risk of developmental and behavioral disorders in a sibling birth cohort. *Anesth Analg*. 2011; 113(5): 1143–1151. doi: 10.1213/ANE.0b013e3182147f42.
- Sprung J, Randall P, Slavica K, Colligan RC et al. Attention-deficit/hyperactivity disorder after early exposure to procedures requiring general anesthesia. *Mayo Clin Proc*. 2012; 87(2): 120–129. doi: 10.1016/j.mayocp.2011.11.008.
- Hansen TG, Pedersen JK, Henneberg SW, Morton NS et al. Educational outcome in adolescence following pyloric stenosis repair before 3 months of age: a nationwide cohort study. *Pediatr Anesth*. 2013; 23: 883–890.
- McCann ME, de Graaff JC, Dorris L, Disma N et al.; GAS Consortium. Neurodevelopmental outcome at 5 years of age after general anaesthesia or awake-regional anaesthesia in infancy (GAS): an international, multicentre, randomised, controlled equivalence trial. *Lancet*. 2019; 393(10172): 664–677. doi: 10.1016/S0140-6736(18)32485-1.

23. Vutskits L, Davidson A. Update on developmental anesthesia neurotoxicity. *Curr Opin Anaesthesiol.* 2017; 30(3): 337–342. doi: 10.1097/ACO.0000000000000461.
24. Disma N, O'Leary JD, Loepke AW, Becke K et al. Anesthesia and the developing brain: a way forward for laboratory and clinical research. *Paediatr Anaesth.* 2018; 28(9): 758–763. doi: 10.1111/pan.13455.
25. US Food and Drug Administration. FDA Drug Safety Communication: FDA review results in new warnings about using general anesthetics and sedation drugs in young children and pregnant women; <https://www.fda.gov/drugs/drug-safety-and-availability/fda-drug-safety-communication-fda-review-results-new-warnings-about-using-general-anesthetics-and> (dostęp: 14.12.2016).
26. US Food and Drug Administration. FDA Drug Safety Communication: FDA approves label changes for use of general anesthetic and sedation drugs in young children; <https://www.fda.gov/drugs/drug-safety-and-availability/fda-drug-safety-communication-fda-approves-label-changes-use-general-anesthetic-and-sedation-drugs> (dostęp: 27.04.2017).
27. Obwieszczenie Ministra Zdrowia z dnia 20 lutego 2024 r. w sprawie ogłoszenia jednolitego tekstu rozporządzenia Ministra Zdrowia w sprawie standardu organizacyjnego opieki zdrowotnej w dziedzinie anestezjologii i intensywnej terapii. *Dz.U.* 2024, poz. 332.
28. Rozporządzenie Ministra Zdrowia z dnia 16 grudnia 2016 r. w sprawie standardu organizacyjnego opieki zdrowotnej w dziedzinie anestezjologii i intensywnej terapii. *Dz.U.* 2016, poz. 2218.
29. Walas W, Aleksandrowicz D, Borszewska MK et al. Unanticipated difficult airway management in children: the consensus statement of the Paediatric Anaesthesiology and Intensive Care Section and the Airway Management Section of the Polish Society of Anaesthesiology and Intensive Therapy and the Polish Society of Neonatology. *Anaesthesiol Intensive Ther.* 2017; 49(5): 336–349. doi: 10.5603/AIT.2017.0079.
30. Centre for Perioperative Care. Anaemia Perioperative Pathway. <https://cpoc.org.uk/guidelines-and-resources/guidelines/anaemia-perioperative-pathway> (dostęp: 24.03.2025).
31. Shah A, Klein AA, Agrawal S, Lindley A et al. Association of Anaesthetists guidelines: the use of blood components and their alternatives. *Anaesthesia.* 2025; 80(4): 425–447. doi: 10.1111/anae.16542.
32. Doyle AJ, Crowley MP, Hunt BJ. Perioperative management of antithrombotic treatment in children. *Pediatr Anesth.* 2019; 9(5): 405–413. doi: 10.1111/pan.13511.
33. Beckman EJ, Hovey S, Bondi DS, Patel G et al. Pediatric perioperative clinical pharmacy practice: clinical considerations and management: an opinion of the Pediatrics and Perioperative Practice and Research Networks of the American College of Clinical Pharmacy. *J Pediatr Pharmacol Ther.* 2022; 27(6): 490–505. doi: 10.5863/1551-6776-27.6.490.
34. Krane EJ, Davis PJ, Kain ZN. Preoperative preparation. In: Motoyama EK, ed. *Smith anesthesia for infants and children.* Elsevier, 2011: 277–292.
35. Frykholm P, Disma N, Andersson H, Beck CH et al. Pre-operative fasting in children: a guideline from the European Society of Anaesthesiology and Intensive Care. *Eur J Anaesthesiol.* 2022; 39(1): 4–25. doi: 10.1097/EJA.0000000000001599.
36. Valla FV, Tume LN, Jotterand Chaparro C, Arnold P et al. Gastric point-of-care ultrasound in acutely and critically ill children (POCUS-ped): a scoping review. *Front Pediatr.* 2022; 10: 921863. doi: 10.3389/fped.2022.921863.
37. Engelhardt T. Rapid sequence induction has no use in pediatric anesthesia. *Paediatr Anaesth.* 2015; 25(1): 5–8. doi: 10.1111/pan.12544.
38. Neuhaus D, Schmitz A, Gerber A, Weiss M. Controlled rapid sequence induction and intubation: an analysis of 1001 children. *Paediatr Anaesth.* 2013; 23(8): 734–740. doi: 10.1111/pan.12213.
39. Bartkowska-Śniatkowska A. Znieczulenie dzieci. In: Owczuk R, ed. *Anestezjologia i intensywna terapia.* PZWL, Warszawa 2021: 199–216.
40. Tałaj M. Znieczulenie dzieci i młodzieży – zasady postępowania anestezjologicznego. In: Jakubów P, Tałaj M, eds. *Znieczulenie dzieci i młodzieży – zasady postępowania anestezjologicznego.* UMB, Białystok 2021: 36.
41. Roberts S, ed. *Paediatric anaesthesia.* OUP, Oxford; 2019: 106–107.
42. Stain M, Staffa S, Sarmiento Argüello L, Kovatsis P et al. Airway management in the paediatric difficult intubation registry: a propensity score matched analysis of outcomes over time. *EClinicalMedicine.* 2024; 69: 102461. doi: 10.1016/j.eclinm.2024.102461.
43. Fiadjoe JE, Nishisaki A, Jagannathan N, Hunyady A et al. Airway management complications in children with difficult tracheal intubation from the Pediatric Difficult Intubation (PeDI) registry: a prospective cohort analysis. *Lancet Respir Med.* 2016; 4(1): 37–48. doi: 10.1016/S2213-2600(15)00508-1.
44. Burjek NE, Nishisaki A, Fiadjoe JE, Adams D et al. Videolaryngoscopy versus fiber-optic intubation through a supraglottic airway in children with a difficult airway: an analysis from the Multicenter Pediatric Intubation Registry. *Anesthesiology.* 2017; 127(3): 432–440. doi: 10.1097/ALN.0000000000001758.
45. Apfelbaum JL, Hagberg CA, Connis RT, Abdelmalak BB et al. 2022 American Society of Anesthesiologists Practice Guidelines for Management of the Difficult Airway. *Anesthesiology.* 2022; 136(1): 31–81. doi: 10.1097/ALN.0000000000004002.
46. Disma N, Asai T, Cools E, Cronin A et al. Airway management in neonates and infants: European Society of Anaesthesiology and Intensive Care and *British Journal of Anaesthesia* joint guidelines. *Br J Anaesth.* 2024; 132(1): 124–144. doi: 10.1016/j.bja.2023.08.040.
47. Ali Khan S, Matuszczak M. Management of the pediatric difficult airway: new strategies unveiled. *Curr Anesthesiol Rep.* 2024; 14(3): 417–425. doi: 10.1007/s40140-024-00639-8.
48. Zimmermann L, Maiellare F, Veyckemans F, Fuchs A et al. Airway management in pediatrics: improving safety. *J Anesth.* 2025; 39(1): 123–133. doi: 10.1007/s00540-024-03428-z.

49. Garcia-Marcinkiewicz AG, Lee LK, Haydar B, Fiadjoe JE et al. Difficult or impossible facemask ventilation in children with difficult tracheal intubation: a retrospective analysis of the PeDI registry. *Br J Anaesth.* 2023; 131(1): 178–187. doi: 10.1016/j.bja.2023.02.035.
50. Disma N, Virag K, Riva T, Kaufman J et al. Difficult tracheal intubation in neonates and infants. Neonate and Children Audit of Anaesthesia Practice in Europe (NECTARINE): a prospective European multicenter observational study. *Br J Anaesth.* 2021; 126(6): 1173–1181. doi: 10.1016/j.bja.2021.02.021.
51. Mikolaj K, Blek N, Blek S, Olkiewicz A et al. Management of the difficult airway in the pediatric patient – review of existing scales. *Disaster Emerg Med J.* 2023; 8(3): 157–165. doi: 10.5603/DEMJA.2023.0025.
52. Humphreys S, Lee-Archer P, Reyne G, Long D et al. Transnasal humidified rapid-insufflation ventilator exchange (THRIVE) in children: a randomized controlled trial. *Br J Anaesth.* 2017; 118: 232–238. doi: 10.1093/bja/aew401.
53. Fuchs A, Koepp G, Huber M, Aebli J et al. Apnoeic oxygenation during paediatric tracheal intubation: a systematic review and meta-analysis. *Br J Anaesth.* 2024; 132(2): 392–406. doi: 10.1016/j.bja.2023.10.039.
54. Miller AG, Mallory P, Rotta AT. Video laryngoscopy as the standard of care for pediatric intubation – the time is now. *Transl Pediatr.* 2024; 13(4): 537–541. doi: 10.21037/tp-23-572.
55. Krishna SG, Bryant JF, Tobias JD. Management of the difficult airway in the pediatric patient. *J Pediatr Intensive Care.* 2018; 7(3): 115–125. doi: 10.1055/s-0038-1624576.
56. Stein ML, Park RS, Kiss EE, Adams HD et al. Efficacy of a hybrid technique of simultaneous videolaryngoscopy with flexible bronchoscopy in children with difficult direct laryngoscopy in the Pediatric Difficult Intubation Registry. *Anaesthesia.* 2023; 78(9): 1093–1101. doi: 10.1111/anae.16049.
57. Hansen E, Chiem L, Richter-Foss K, Zha Y, Cockrell HC et al. Project SPRUCE: Saving Our Planet by Reducing Carbon Emissions, a Pediatric Anesthesia Sustainability Quality Improvement Initiative. *Anesth Analg.* 2023; 137(1): 98–107. doi: 10.1213/ANE.0000000000006421.
58. Absalom M, Struys MMRF. Znieczulenie TIVA-TCI. In: Machała W, ed. Low-flow anesthesia in pediatric patients. Makmed, Lublin 2020.
59. Glenski T, Narayanasamy S. Low flow anesthesia in pediatric patients. Children's Mercy Hospital, University of Missouri – Kansas City, and Cincinnati Children's Hospital Medical Center; <https://pedsanesthesia.org/wp-content/uploads/2021/08/Low-Flow-Anesthesia-in-Pediatric-Patients.pdf> (dostęp: 30.01.2025).
60. Habre W, Peták F. Perioperative use of oxygen: variabilities across age. *Br J Anaesth.* 2014; 113(Suppl 2): ii26–ii36. doi: 10.1093/bja/aeu380.
61. Singer M, Young PJ, Laffey JG, Asfar P et al. Dangers of hyperoxia. *Crit Care.* 2021; 25(1): 440. doi: 10.1186/s13054-021-03815-y.
62. Kocz R, Armstrong J, Lerman J. Induction of, maintenance of, and emergence from anesthesia. In: Andropoulos DB, Gregory GA, eds. Gregory's pediatric anesthesia. 6th ed. John Wiley & Sons Ltd., Chichester 2020: 356–385.
63. Feldman JM. Optimal ventilation of the anesthetized pediatric patient. *Anesth Analg.* 2015; 120(1): 165–175. doi: 10.1213/ANE.0000000000000472.
64. Spaeth J, Schumann S, Humphreys S. Understanding pediatric ventilation in the operative setting. Part II: Setting perioperative ventilation. *Paediatr Anaesth.* 2022; 32(2): 247–254. doi: 10.1111/pan.14366.
65. Sujung P, Hoon LJ, Joo KH, Haegi Ch, Jeong-Rim. Optimal positive end-expiratory pressure to prevent anaesthesia-induced atelectasis in infants: a prospective, randomised, double-blind trial. *Eur J Anaesthesiol.* 2021; 38(10): 1019–1025. doi: 10.1097/EJA.0000000000001483.
66. Lee JH, Kang P, Song IS, Ji SH et al. Determining optimal positive end-expiratory pressure and tidal volume in children by intratidal compliance: a prospective observational study. *Br J Anaesth.* 2022; 128(1): 214–221. doi: 10.1016/j.bja.2021.09.024.
67. Weaver LJ, Travers CP, Ambalavanan N, Askenazi D. Neonatal fluid overload – ignorance is no longer bliss. *Pediatr Nephrol.* 2023; 38(1): 47–60. doi: 10.1007/s00467-022-05514-4.
68. Eaddy N, Watene C. Perioperative management of fluids and electrolytes in children. *BJA Education.* 2023; 23(7): 273–278. doi: 10.1016/j.bjae.2023.03.006.
69. Sumpelmann R, Becke K, Brenner S. Perioperative intravenous fluid therapy in children: guidelines from the Association of the Scientific Medical Societies in Germany. *Paediatr Anaesth.* 2017; 27: 10–18. doi: 10.1111/pan.13007.
70. Ashok V, Bala I, Bharti N, Jain D, Samujh R. Effects of intra-operative liberal fluid therapy on postoperative nausea and vomiting in children: a randomized controlled trial. *Paediatr Anaesth.* 2017; 27(8): 810–815. doi: 10.1111/pan.13179.
71. Gan TJ, Belani KG, Bergese S, Chung F et al. Fourth consensus guidelines for the management of postoperative nausea and vomiting. *Anesth Analg.* 2020; 131(2): 411–448. doi: 10.1213/ANE.0000000000004833.
72. Gavel G, Walker RWM. Laryngospasm in anaesthesia. *Contin Educ Anaesth Crit Care Pain.* 2014; 14(2): 47–51. doi: 10.1093/bjaceaccp/mkt031.
73. Virag K, Sabourdin N, Thomas M, Veyckemans F, Habre W; for the APRICOT Group of the European Society of Anaesthesiology Clinical Trial Network. Epidemiology and incidence of severe respiratory critical events in ear, nose and throat surgery in children in Europe: a prospective multicentre observational study. *Eur J Anaesthesiol.* 2019; 36(3): 185–193. doi: 10.1097/EJA.0000000000000951.
74. Cettler M, Zielińska M, Rosada-Kurasińska J, Kubica-Cielińska A et al. Guidelines for treatment of acute pain in children: the consensus statement of the Section of Paediatric Anaesthesiology and Intensive Therapy of the Polish Society of Anaesthesiology and Intensive Therapy. *Anaesthesiol Intensive Ther.* 2022; 54(3): 197–218. doi: 10.5114/ait.2022.118972.



**POLSKIE TOWARZYSTWO
ANESTEZJOLOGII I INTENSYWNEJ
TERAPII**