

Michal Frelich a kolektiv

Dětské polytrauma



*Věnováno Zuzce Mučkové, Kristýně Křenkové, Kateřině Točoňové
a všem dalším sestřičkám a záchranářům,
bez kterých by naše práce nebyla vůbec možná ...*

Michal Frelich a kolektiv

Dětské polytrauma

Upozornění pro čtenáře a uživatele této knihy

Všechna práva vyhrazena. Žádná část této tištěné či elektronické knihy nesmí být reprodukována a šířena v papírové, elektronické či jiné podobě bez předchozího písemného souhlasu nakladatele. Neoprávněné užití této knihy bude trestně stíháno.

MUDr. Michal Frelich, Ph.D., a kolektiv

DĚTSKÉ POLYTRAUMA

Recenzenti:

Prof. MUDr. Roman Gál, Ph.D.

Doc. MUDr. Tomáš Vymazal, Ph.D., MHA

Vydání odborné knihy schválila Vědecká redakce nakladatelství Grada Publishing, a.s.

© Grada Publishing, a.s., 2022

Cover Photo © depositphotos.com, 2022

Vydala Grada Publishing, a.s.

U Průhonu 22, Praha 7

jako svou 8527. publikaci

Odpovědná redaktorka Bc. Gabriela Glezgová

Sazba a zlom Josef Lutka

Obrázky 3.5, 3.6, 3.13, 3.14, 3.16, 3.18, 3.23–3.25, 3.27, 3.29–3.31 podle předloh autorů nakreslila Jana Nejtková, ostatní obrázky dodali autoři.

Počet stran 272

1. vydání, Praha 2022

Vytiskla tiskárna TNM PRINT s.r.o., Nové Město

Názvy produktů, firem apod. použité v knize mohou být ochrannými známkami nebo registrovanými ochrannými známkami příslušných vlastníků, což není zvláštním způsobem vyznačeno.

Postupy a příklady v této knize, rovněž tak informace o lécích, jejich formách, dávkování a aplikaci jsou sestaveny s nejlepším vědomím autorů. Z jejich praktického uplatnění však pro autory ani pro nakladatelství nevyplývají žádné právní důsledky.

ISBN 978-80-271-4904-9 (ePub)

ISBN 978-80-271-4903-2 (pdf)

ISBN 978-80-271-2561-6 (print)

Hlavní autor a pořadatel:

MUDr. Michal Frelich, Ph.D.

Klinika anesteziologie, resuscitace a intenzivní medicíny Fakultní nemocnice Ostrava
Zdravotnická záchranná služba Moravskoslezského kraje
Lékařská fakulta Ostravské univerzity

Spoluautoři:

MUDr. Vladimír Bartl, CSc.

Klinika dětské chirurgie, ortopedie a traumatologie Fakultní nemocnice Brno
Lékařská fakulta Masarykovy univerzity

MUDr. Štěpánka Bibrová, Ph.D.

Klinika dětské chirurgie, ortopedie a traumatologie Fakultní nemocnice Brno
Lékařská fakulta Masarykovy univerzity

MUDr. Filip Burša, Ph.D.

Klinika anesteziologie, resuscitace a intenzivní medicíny Fakultní nemocnice Ostrava
Zdravotnická záchranná služba Moravskoslezského kraje
Lékařská fakulta Ostravské univerzity

MUDr. Jan Divák, Ph.D., MBA

Klinika anesteziologie, resuscitace a intenzivní medicíny Fakultní nemocnice Ostrava
Lékařská fakulta Ostravské univerzity

MDDr. Dominika Gedeonová

Klinika ústní, čelistní a obličejové chirurgie Fakultní nemocnice Ostrava

MUDr. David Holeš, Ph.D.

Zdravotnická záchranná služba Moravskoslezského kraje

MUDr. Ondřej Jor, Ph.D.

Klinika anesteziologie, resuscitace a intenzivní medicíny Fakultní nemocnice Ostrava
Lékařská fakulta Ostravské univerzity

MUDr. Renata Ječmínková

Oddělení centrálního příjmu Fakultní nemocnice Ostrava
Lékařská fakulta Ostravské univerzity

Doc. MUDr. Jozef Klučka, Ph.D.

Klinika dětské anesteziologie a resuscitace Fakultní nemocnice Brno
Lékařská fakulta Masarykovy Univerzity

MDDr. Veronika Kozakovičová, DiS.art

Klinika ústní, čelistní a obličejové chirurgie Fakultní nemocnice Ostrava

MUDr. Lukáš Krška

Neurochirurgická klinika Fakultní nemocnice Ostrava

MUDr. Michaela Kuchyňková

Oddělení popáleninové medicíny a rekonstrukční chirurgie Fakultní nemocnice Ostrava

Doc. MUDr. Radim Lipina, Ph.D.

Neurochirurgická klinika Fakultní nemocnice Ostrava

Lékařská fakulta Ostravské univerzity

MUDr. Martin Novák

Zdravotnická záchranná služba Moravskoslezského kraje

Klinika úrazové chirurgie Fakultní nemocnice Ostrava

MUDr. Jan Neiser

Klinika anesteziologie, resuscitace a intenzivní medicíny Fakultní nemocnice Ostrava

Zdravotnická záchranná služba Moravskoslezského kraje

Lékařská fakulta Ostravské univerzity

Prof. MUDr. Ladislav Plánka, Ph.D.

Klinika dětské chirurgie, ortopedie a traumatologie Fakultní nemocnice Brno

Lékařská fakulta Masarykovy univerzity

Doc. MUDr. Leopold Pleva, CSc.

Klinika úrazové chirurgie Fakultní nemocnice Ostrava

Lékařská fakulta Ostravské univerzity

MUDr. Štefan Reguli, Ph.D.

Neurochirurgická klinika Fakultní nemocnice Ostrava

Lékařská fakulta Ostravské univerzity

MUDr. Peter Sklienka, Ph.D.

Klinika anesteziologie, resuscitace a intenzivní medicíny Fakultní nemocnice Ostrava

Lékařská fakulta Ostravské univerzity

MUDr. Jiří Stránský, Ph.D., MBA

Klinika ústní, čelistní a obličejové chirurgie Fakultní nemocnice Ostrava

Prof. MUDr. Petr Štourač, Ph.D., MBA

Klinika dětské anesteziologie a resuscitace Fakultní nemocnice Brno

Ústav simulační medicíny, Lékařská Fakulta Masarykovy Univerzity

MUDr. Vojtěch Vodička

Klinika anesteziologie, resuscitace a intenzivní medicíny Fakultní nemocnice Ostrava

MUDr. Adam Vopasek

Dětské oddělení Městská nemocnice Ostrava

MUDr. Tomáš Zaoral, Ph.D.

Klinika dětského lékařství Fakultní nemocnice Ostrava

Lékařská fakulta Ostravské univerzity

Obsah

Předmluva	11
Úvod	12
1 Specifika dětského věku	13
1.1 Rozdělení dětského věku	13
1.2 Specifika orgánových systémů	15
1.2.1 Kardiovaskulární systém a krev	15
1.2.2 Respirační systém	18
1.2.3 Gastrointestinální systém	21
1.2.4 Urogenitální systém	21
1.2.5 Vnitřní prostředí a termoregulace	23
1.2.6 Nervový systém	24
2 Obecná část – péče o dětské trauma	27
2.1 Zajištění vstupu do krevního řečiště	27
2.1.1 Průtok katétre	27
2.1.2 Periferní žilní katétr	27
2.1.3 Centrální žilní katétr	29
2.1.4 Intraoseální vstup	30
2.1.5 Kanylace arterie	32
2.2 Zajištění dýchacích cest	34
2.2.1 Průchodnost dýchacích cest	34
2.2.2 Specifika zajištění dýchacích cest u dětských pacientů	35
2.2.3 Možnosti zajištění dýchacích cest	35
2.2.4 Selhání zajištění dýchacích cest – situace cannot intubate/ cannot oxygenate (CICO)	38
2.3 Šokové stavy	43
2.3.1 Etiologie a patofyziologie šoku	44
2.3.2 Dodávka kyslíku do tkání	44
2.3.3 Klinický obraz šoku	46
2.3.4 Hypovolemický šok	46
2.3.5 Obstrukční šok	49
2.3.6 Septický šok	49
2.3.7 Kardiogenní šok	51
2.4 Umělá plicní ventilace	53
2.4.1 Cíle umělé plicní ventilace	53
2.4.2 Základy UPV	54
2.4.3 Odvykání od UPV	60
2.5 Poúrazový ARDS	63
2.6 Traumatem indukovaná koagulopatie	68
2.6.1 Patofyziologie TIC	68
2.6.2 Diagnostika a léčba	70
2.7 Traumatická zástava oběhu	71
2.7.1 Reverzibilní příčiny traumatické zástavy oběhu	71
2.7.2 Léčba pacienta s TCA	72
2.7.3 Kontraindikace poskytnutí KPR a její ukončení	74

3	Speciální část – specifika traumat jednotlivých orgánových systémů	75
3.1	Kraniocerebrální poranění	75
3.1.1	Fyziologie centrální nervové soustavy, regulace průtoku krve mozkem	75
3.1.2	Patofyziologie poranění CNS	77
3.1.3	Úvodní terapie dítěte s KCP	80
3.1.4	Specifika neurointenzivní péče	81
3.1.5	Léčba nitrolební hypertenze	83
3.1.6	Léčba refrakterní nitrolební hypertenze	84
3.1.7	Operační léčba TBI u dětí	85
3.1.8	Další indikace k operační léčbě TBI u dětí	88
3.1.9	Poranění páteře v rámci polytraumat u dětí	89
3.1.10	Prognóza pacientů s KCP	89
3.2	Maxilofaciální trauma	91
3.2.1	Etiologie	92
3.2.2	Dětský věk z pohledu maxilofaciální traumatologie	93
3.2.3	Klinický obraz a diagnostika	93
3.2.4	Terapie	95
3.3	Damage Control Surgery	98
3.3.1	Epidemiologie	98
3.3.2	Triáž	99
3.3.3	Definice a základní principy	99
3.3.4	Management DCS	100
3.3.5	Poranění břicha a retroperitonea dětského věku	101
3.3.6	Poranění hrudníku	115
3.4	Damage Control Orthopaedics	127
3.4.1	Definice a základní principy	128
3.4.2	Primární ošetření	128
3.4.3	Stabilizace skeletárního poranění	129
3.4.4	Ošetření závažného krvácení pohybového aparátu	131
3.4.5	Prevence kontaminace	132
3.4.6	Operační postupy DCO u dětí u jednotlivých zlomenin	132
3.4.7	Komplikující stavy	134
3.5	Popáleninové trauma	138
3.5.1	Epidemiologie	138
3.5.2	Hlavní faktory určující závažnost popáleninového traumatu	138
3.5.3	Průběh popáleninové nemoci	143
3.5.4	Popáleninový šok	143
3.5.5	První pomoc, přednemocniční neodkladná péče a transport do zdravotnického zařízení	144
3.5.6	Triáž popálených dětí	146
3.5.7	Léčba na JIP	147
3.5.8	Chirurgické řešení popálených ploch	148
3.6	Syndrom CAN	153
3.6.1	Definice	153
3.6.2	Historie	153
3.6.3	Ochrana dítěte a legislativní opora	154
3.6.4	Epidemiologie	156
3.6.5	Klinické projevy	156

3.6.6	Diagnostika	159
3.6.7	Léčba	159
4	Specifika péče o dětská traumata v jednotlivých etapách	161
4.1	Neodkladná přednemocniční péče o dítě se závažným úrazem	161
4.1.1	Definice přednemocniční péče a její základní východiska	161
4.1.2	Specifika neodkladné přednemocniční péče o závažně zraněné dítě	163
4.1.3	První pohled na pacienta – QUICK LOOK (dle EPALS)	165
4.1.4	Primární zhodnocení – Primary Survey (dle ATLS a PHTLS)	165
4.1.5	Analgesedace v PNP	180
4.1.6	Sekundární zhodnocení – Secondary Survey dle ATLS	181
4.1.7	Hlavní zásady přednemocniční neodkladné péče	182
4.1.8	Letecká záchranná služba (LZS)	182
4.2	Urgentní příjem	183
4.2.1	Materiální a personální zajištění urgentního příjmu	184
4.2.2	Management péče	184
4.2.3	Předání pacienta zdravotnickou záchrannou službou	184
4.2.4	Krátké vstupní vyšetření QUICK LOOK dle EPALS (European Pediatric Advanced Life Support)	185
4.2.5	Primární zhodnocení (Primary Survey dle ATLS) + resuscitace vitálních funkcí	186
4.2.6	Sekundární zhodnocení (Secondary Survey dle ATLS)	206
4.2.7	Transport pacienta z urgentního příjmu	207
4.3	Anesteziologická péče o dítě se závažným úrazem	209
4.3.1	Fyziologické odlišnosti dětí z pohledu poskytování anesteziologické péče	209
4.3.2	Přehled používaných anestetik, svalových relaxancií a opioidních analgetik	211
4.3.3	Farmakologie anestetik při velké krevní ztrátě	214
4.3.4	Fáze celkové anestezie	216
4.3.5	Monitorace během celkové anestezie	219
4.3.6	Tekutinová resuscitace	223
4.3.7	Měření tělesné teploty a termoregulace	226
4.3.8	Komplikace během celkové anestezie	228
4.4	Intenzivní péče o závažně zraněné dítě	232
4.4.1	A – dýchací cesty + riziko poranění krční páteře + B – dýchání	232
4.4.2	C – cirkulace	236
4.4.3	D – disability	237
4.4.4	E – elektrolyty, vnitřní prostředí, glykemie	240
4.4.5	F – fluids (tekutiny)	241
4.4.6	G – gastrointestinální trakt (GIT)	241
4.4.7	H (hematology) – krevní obraz, koagulace	242
4.4.8	I (infection) – infekce, antibiotická terapie	245
4.4.9	L (lines) – vstupy	246
4.4.10	R – renální funkce, diuréza	248
5	Organizace traumatologické péče v České republice	253
5.1	Historie traumatologické péče	253

5.2	Modely traumatologické péče	254
5.2.1	Obecná organizace přednemocniční péče	254
5.2.2	Obecná organizace nemocniční péče	254
5.3	Složky poskytující traumatologickou péči v České republice	255
5.3.1	Přednemocniční péče v České republice	255
5.3.2	Nemocniční péče v ČR	256
5.4	Skórovací systémy	257
5.5	Národní registry dětských úrazů	258
5.6	Preventivní programy	258
5.7	Hromadná neštěstí a katastrofy	259
Seznam zkratk		261
Rejstřík		265
Souhrn		269
Summary		271

Předmluva

Monografie z oblastí dětské chirurgie, dětské traumatologie, dětské anesteziologie i dětské intenzivní péče jsou v našem písemnictví k dispozici. Problematika dětského polytraumatu však u nás v tak komplexní podobě dosud zpracována nebyla.

Začalo to celkem nenápadně. Někteří z autorů této knihy pod vedením kolegy Jana Diváka se před pěti lety v Ostravě pustili do pořádání nejprve mezioborového setkání, posléze každoročních odborných konferencí s názvem Dětské polytrauma. Hned od počátku se jednalo o akce zaměřené na posluchače širšího spektra lékařských oborů i na nelékařské zdravotnické pracovníky. Posléze, již pod vedením Michala Frelicha, začalo vznikat skriptum Dětské polytrauma, které vyšlo v loňském roce v nakladatelství Ostravské univerzity.

Autorům to zjevně nestačilo. Vycítili šíři a hloubku odborného potenciálu, který problematika polytraumat dětí nabízí, a v době, kdy se práce na skriptech chýlila ke konci, začali připravovat projekt objemnější – rozsáhlejší monografii se zapojením většího počtu autorů. Autorský tým je multidisciplinární, jak se na problematiku polytraumat sluší, rekrutuje se ze dvou špičkových nemocnic, ze dvou lékařských fakult a ze Zdravotnické záchranné služby Moravskoslezského kraje, zkrátka ze zdravého moravskoslezského prostředí.

Záběr knihy je úctyhodný. První třetina knihy se zabývá fyziologií dětského věku, patofyziologií, propedeutikou a terapií kritických stavů u dětí. Další část knihy je věnována vlastní problematice polytraumatizovaného pacienta z pohledu přednemocniční péče, urgentního příjmu, péče anesteziologické, operační a intenzivní.

V přehledných kapitolách tak najdou na jednom místě souhrnné informace lékaři urgentní medicíny a řady klinických specializací zaměřených na péči o závažně poraněné dítě i o kriticky nemocného pediatrického pacienta. Kniha představuje kvalitní vodítko i pro zdravotníky – nelékaře, kteří mají v popisu práce urgentní, anesteziologickou a intenzivní péči o dětská polytraumata.

Čtenářkám a čtenářům předkládané souhrnné a velmi potřebné publikace přejí příjemné čtení a nabývání důležitých poznatků a nejen dětské populaci přejí hodně obezřetnosti, aby k úrazům, natož život ohrožujícím, docházelo v co nejmenší míře. Přesto, že mladé organismy se hojí velmi úspěšně, neblahé následky polytraumat bývají v řadě případů celoživotní, nezřídka i fatální.

*prof. MUDr. Pavel Ševčík, CSc.
přednosta KARIM FN Ostrava a LF Ostravské univerzity*

Úvod

Polytrauma definujeme jako současné poranění dvou a více tělesných systémů, z nichž alespoň jedno ohrožuje pacienta selháním jeho vitálních funkcí. Polytrauma je nejčastější příčinou smrti u dětí od 1. do 19. roku života. Kromě tělesného poškození je závažný úraz spojen s psychickými a socioekonomickými následky. Zejména kranio-cerebrální poranění mohou vést k celé řadě mnohdy doživotních následků: sekundární epilepsii, neurologickým deficitům až permanentnímu vegetativnímu stavu.

Cílem této knihy je poskytnout čtenáři ucelený pohled na péči o závažně zraněné dítě – od přednemocniční péče na místě úrazu, diagnostiku a pokračující stabilizaci vitálních funkcí na urgentním příjmu přes operační sál až na jednotku intenzivní péče. Jednotlivé kapitoly vycházejí z celosvětově uznávaných algoritmů EPALS, PHTLS a ATLS, vždy jsou však doplněny o poznatky současných vědeckých studií a nezbytné fyziologické souvislosti. Každá kapitola klade důraz na odlišnou anatomii a fyziologii dětí a na způsob jak tato specifika reflektovat v klinické praxi. Rovněž jsou popsány klíčové dovednosti na všech úrovních péče: včasné rozpoznání šokového stavu, správné ošetření rozsáhlého zevního krvácení, zajištění průchodnosti dýchacích cest a vstupu do cévního řečiště. Operační léčba závažných úrazů dle principů damage control chirurgie a ortopedie je zpracována předními odborníky dětských traumacenter.

Knihy je určena především lékařům a dalším zdravotníkům, kteří poskytují péči závažně zraněným dětským pacientům. I přes to, že většina těchto pacientů je léčena na specializovaných pracovištích, věříme, že kniha najde své místo u zájemců z řad pediatrů, anesteziologů, intenzivistů a samozřejmě chirurgů i mimo dětská traumacentra.

MUDr. Michal Frelich, Ph.D.

1 Specifika dětského věku

Vojtěch Vodička, Adam Vopasek

Dítě není pouhou zmenšeninou dospělého, liší se od něj celou řadou anatomických, fyziologických, patofyziologických a metabolických vlastností. Rozdíly jsou tím markantnější, čím nižší je věk dítěte. S postupným růstem a vývojem dítěte dochází k přibližování se organismu dospělého člověka, čehož je z fyziologického pohledu dosaženo mezi 8 a 10 lety věku dítěte. Znalost specifik dětského věku je zásadní pro poskytování jakékoli zdravotní péče dětskému pacientovi, v prostředí urgentní a intenzivní medicíny je však tato potřeba zvýrazněna nutností provedení život zachraňujících výkonů při zajišťování dýchacích cest, protektivní umělé plicní ventilaci, oběhové resuscitaci atd.

1.1 Rozdělení dětského věku

Dětství je velmi dynamické období, kdy v relativně krátkém časovém úseku prochází lidský organismus explozivním vývojem ve fyzickém vzhledu, psychomotorickém vývoji i sociálních vztazích. V jednotlivých obdobích jsou mezi dětmi podstatně větší rozdíly než mezi dospělými se stejným věkovým rozestupem.

Novorozenecké období (0–28 dní)

Hlavní charakteristikou dítěte po porodu je přechod z intrauterinního života. Klíčovými jsou adaptace kardiiovaskulárního a respiračního systému na nové prostředí, osamostatnění se v základních životních funkcích. Dítě je však zcela odkázáno na péči dospělého jedince. V prvních hodinách po porodu a prvním týdnu života probíhají nejvýraznější adaptační změny, pohybově je novorozenec velmi nezralý, dobře ovládá pouze pohyby mimického svalstva a pohyby hlavou. Donošený novorozenec má hmotnost průměrně 3400 g, novorozenci s porodní hmotností nižší než stanovený 5. percentil pro daný gestační věk jsou klasifikováni jako hypotrofičtí; s porodní hmotností vyšší než stanovený 95. percentil pro daný gestační věk jako hypertrofičtí. Na základě termínu porodu se rozdělují na narozené v termínu (38. až 42. gestační týden), přenášené (po 42. gestačním týdnu) a nedonošené, nezralé (před dokončeným 37. gestačním týdnem). Dále se ještě rozlišuje nezralost lehká (32. až 36. gestační týden), střední (28. až 32. gestační týden), těžká (26. až 28. gestační týden) a extrémní (pod 26 týdnů gestace). Všeobecná hranice viability plodu je stanovena na 24. gestační týden, avšak s pokrokem moderní medicíny je i tato hranice postupně posouvána. Po porodu dochází k přechodnému fyziologickému úbytku hmotnosti (asi 5–10 % porodní hmotnosti, tj. 100–300 g), nejnižší hmotnost má novorozenec 4. den po porodu a porodní hmotnosti dosáhne opět do 14. dne života. Délka donošeného novorozence je 48–53 cm, obvod hrudníku průměrně 33 cm a obvod hlavy 34 cm. Zatímco velikost hlavy novorozence tvoří asi jednu čtvrtinu celého těla, hlava dospělého tvoří jen jednu osminu. Lebka novorozence oproti dospělému má výrazně větší neurokranium než splanchnokranium, neboť nemá ještě dostatečně vyvinutý žvýkací aparát. Povrch těla

v poměru ke hmotnosti je relativně větší než u dospělého, orientačně u novorozence 0,25 m². Novorozenec je nejčastěji ohrožen následky perinatální patologie (porodní asfyxie a infekce), dále nerozpoznanými vrozenými vývojovými vadami (srdce, plic, gastrointestinálního traktu) a nezralostí imunitního systému. Infekce mají tendenci ke generalizaci a mnohdy probíhají pod obrazem sepsy.

Kojenecké období (1 měsíc až 1 rok)

Dominantním prvkem je prudký růst a vývoj motoriky, dochází ke značnému rozvoji pohybových schopností, z ležícího novorozence je na konci období chodící batole, schopné složitých pohybů ruky, ovládající jednoduchá slova a základní sociální interakce. Při adekvátní výživě, která by měla být v průběhu prvních 6 měsíců dodávána výhradně kojením, v následujících 6 měsících již v kombinaci s jednotlivými přírkmy, kojeneček svou porodní hmotnost během prvního půlroku zdvojnásobí, v jednom roce věku ztrojnásobí. Během prvního roku dítě vyrostе asi o 25 cm (přibližně o 50 % porodní délky), v jednom roce měří přibližně 75 cm, povrch těla činí orientačně 0,45 m². Při adekvátním prospívání je odolnost kojenců vůči infekcím relativně dobrá, v prvním půlroce jsou chráněni mateřskými protilátkami získanými transplacentárně, v druhém půlroce dochází k postupnému budování imunity s infekty probíhajícími inaparentně či symptomaticky (respirační, gastrointestinální, urogenitální a jiné). Přetrvává riziko nerozpoznaných vrozených vývojových vad, rozvoje následků peripartální patologie (asfyxie, UPV, adnatní infekce) nebo projevů dědičných poruch metabolismu. Vzhledem k rychlému růstu a relativnímu nedostatku železa v potravě často dochází k rozvoji sideropenické anemie.

Batolecí období (1–3 roky)

Batole se postupně osamostatňuje, usiluje o svou nezávislost. Učí se správné chůzi bez pomoci, sebeobsluhu ve stravovacích a hygienických návycích. S okolím se dorozumívá postupně se zdokonalující řečí a zkoumá okolní svět. Mnohdy reaguje vzdorovitostí při omezování svobody či snahou vše zvládnout sám. Dochází ke zpomalení růstu, hmotnostní přírůstek je 2–3 kg za rok, ve druhém roce dochází k růstu přibližně o 12 cm, dále přibližně o 8 cm za rok, na konci 2. roku dítě dosahuje 50 % výšky dospělého člověka. Dále dochází k budování imunity vůči běžným patogenům, celková nemocnost je poměrně nízká. Toto je první období, kdy dochází k nárůstu rizika traumatických postižení, především náhodnými úrazy při nedostatečném dohledu (pády z výšky, popáleniny, opaření, otrava léky či vdechnutí cizích těles).

Předškolní období (3–6 let)

V tomto období probíhá socializace dítěte, jeho zapojení do společnosti, kontakt s vrstevníky a možnost navázat vztahy s ostatními dětmi, nejčastěji probíhá začlenění do kolektivní výchovy. Dochází k podpoře a rozvoji myšlení, dítě je mimořádně aktivní a zvědavé, klade velké množství otázek. Zdokonaluje se koordinace pohybů a motorika, je schopné se naučit složitější pohybové vzorce. S výraznější socializací dochází k postupnému nárůstu nemocnosti, úrazů je však méně než v batolecím či školním období. Tempo růstu se zřetelně zpomaluje, dítě roste 4–5 cm ročně a hmotnostní přírůstek je asi 1 kg za rok.

Školní období (6–15 let)

Dochází k prudkému rozvoji intelektu a formování osobnosti dítěte s přechodem k soustavné a usměrňované činnosti dítěte – učení. Zvýrazňuje se individualita každého jedince, rozdíly mezi jednotlivými dětmi jsou výraznější. V mladším školním věku (do 12 let) děti mnohdy rády spolupracují s dospělými, jsou méně negativistické, abstraktně myslí a umějí originálně řešit různé problémy. Nemocnost je nízká, traumata naopak běžná. Začínají se objevovat různé funkční poruchy (psychosomatická onemocnění), většinou se jedná o bolesti hlavy, břicha, nevolnost, únava. Dítě před problémem (nejčastěji výchovným či sociálním) „utíká“ do nemoci a snaží se na sebe nepřímou pozornost. Ve starším školním věku (od 12 do 15 let) dochází k rozvoji puberty. Ta je podmíněna hormonálně, u dívek začíná mezi 9. a 12. rokem, u chlapců mezi 10. a 14. rokem a trvá 4–5 let. Jedná se o období prudkých somatických i psychických změn a patří mezi nejbouřlivější období lidského života. Urychluje se růst na 12–15 cm za rok, dochází ke změně tělesných proporcí, rozvoji sekundárních pohlavních znaků, s tím spojeným sexuální chováním a rozdílným prožíváním. Hormonální nerovnováha má za následek sníženou odolnost vůči infekcím a dysbalanci neurovegetativního systému. Projevují se poruchy koncentrace, emoční a psychická nevyváženost, kritičnost vůči svému okolí. Všechny tyto změny mohou mít za následek rozvoj skutečných psychických problémů, parasuicidální až suicidální tendence, návyk nikotinismu a abúzu drog.

Období adolescence (15–18 let)

V adolescenci se dokončuje psychické i sexuální zrání, dochází ke zpomalení až zastavení růstového tempa, ustupuje emoční nevyváženost. Adolescent se snaží o nalezení svého místa ve společnosti, plně osamostatnění se a navázání nových životních vztahů, které mohou být silnější než rodinné. Dochází k výraznější orientaci směrem k profesi a kariéře. Trvá nebezpečí úrazů a společně s nenaplněním různých očekávání trvá i sklon k závislostem na nikotinu a jiných návykových látkách.

1.2 Specifika orgánových systémů

Následující text je věnován odlišnostem v anatomii, fyziologii a patofyziologii jednotlivých orgánových soustav se zřetelem na klíčové systémy a s relevancí k patofyziologii závažného zranění.

1.2.1 Kardiovaskulární systém a krev

Kardiovaskulární systém je tvořen srdcem a souborem cév – arterií, vén a kapilár, uspořádaných v postnatálním období do dvou sériově zapojených oběhů. Malý (plicní) oběh zajišťuje cirkulaci krve po trase srdce – plíce – srdce. Naproti tomu velký (tělní) oběh zajišťuje transport okysličené krve z levostranných srdečních oddílů do periferních orgánů a tkání a následný tok odkysličené krve zpět do pravostranných srdečních oddílů. Srdce v tomto systému představuje pumpu generující tlakový gradient a s tím související průtok krve cévním řečištěm.

Poporodní adaptace

Kardiovaskulární systém prodělává bezprostředně v poporodním období dynamické změny spojené s přechodem fetální cirkulace na cirkulaci novorozeneckou. Zásadním přelomem je porod a změna tlakových poměrů v plicním a systémovém řečišti, vázaná na provzdušnění plic a jejich funkční zapojení do oběhu jako místa výměny dýchacích plynů. Přerušením pupečníku dochází k zástavě přísunu placentární krve, následují změny funkční a se zpožděním i anatomická přestavba oběhového systému s uzávěrem *foramen ovale* (komunikace mezi pravostrannými a levostrannými srdečními oddíly) a *ductus arteriosus* (Botallova dučej, komunikace mezi plicnicí a aortou), které zapojením malého a velkého krevního oběhu do série ztrácejí funkční význam. Po rozepjetí plicního parenchymu dochází k poklesu vaskulární rezistence v plicním řečišti, krev dosud z dominantní části vedená výše zmíněnými zkraty po porodu prochází plicním řečištěm a v řádu hodin (zpravidla do 24 hodin od porodu) dochází k funkčnímu uzávěru jak *foramen ovale*, tak i *ductus arteriosus*. Oproti poklesu rezistence plicního řečiště pozorujeme v systémovém řečišti jev právě opačný, dochází tak ke zvýraznění tlakové diference mezi levostrannými oddíly se systémovým řečištěm a oddíly pravostrannými s řečištěm plicním. Traumata a polytraumata nejen dětského věku jsou spjata s rizikem hypotermie, acidózy a hypoxie, které mohou vést ke zvýšení cévní rezistence v plicním řečišti. Takto indukovaná plicní hypertenze pak může specificky v novorozeneckém věku způsobit znovuotevření Botallovovy dučeje a *foramen ovale*, což má za následek pravolevý zkrat s prohlubující se hypoxií tkání a rozvojem multiorgánového selhání – v souhrnu hovoříme o tzv. fetálním zvratu cirkulace. Po dovršení novorozeneckého věku již nejsou anatomické rozdíly mezi kardiovaskulárním systémem dětí a dospělých.

Kardiovaskulární systém

Kardiomyocyty pracovního myokardu dítěte obsahují méně kontraktálních vláken ve srovnání se srdcem dospělého (cca 30 % u novorozence vs. 60 % u dospělého), a generují tak nižší inotropii. Čím nižší je věk dítěte, tím jsou menší možnosti změny kontraktility myokardu (kromě méně rozvinutého kontraktálního aparátu také vliv nedostatku a funkční nezralosti β -adrenergních receptorů a nižší výkonnost sarkoplazmatického retikula) a zároveň je tím vyšší klidová tepová frekvence. Z uvedeného vyplývá, že mladší děti jsou značně limitovány při potřebě zvýšení srdečního výdeje – ke změně kontraktility nedochází, či jen velmi omezeně, a tak k úpravě srdečního výdeje dochází zvýšením tepové frekvence. Ta je však i za klidových podmínek signifikantně vyšší než u dospělých a není možná její neustálá eskalace, při hodnotách nad 200–220 tepů za minutu již dochází k limitaci zejména v diastolickém plnění. Pokles tepové frekvence (stimulace *n. vagus*, hypoxie, hypotermie nebo podání bradykardizujících farmak) vyžaduje zejména u novorozenců a kojenců včasnou a adekvátní léčbu, protože dochází k významnému poklesu srdečního výdeje. Fyziologické hodnoty srdečního indexu (srdeční výdej vztahený k tělesnému povrchu) jsou uvedeny v **tabulce 1. 1.**

V novorozeneckém věku je normální vyšší periferní cévní rezistence a vzhledem k relativně menšímu zastoupení svalové hmoty je cirkulující objem výrazněji distribuován k životně důležitým orgánům než u starších dětí a dospělých. Krevní oběh novo-

rozence je tak i za klidových podmínek do určité míry centralizován, což také vysvětluje redukované možnosti adaptace dětského kardiovaskulárního aparátu při ztrátě cirkulujícího objemu.

Tab. 1.1 Hodnoty srdečního indexu v dětském věku

Věk (roky)	CI (l/min/m ²)
0–4	4,15 ± 1,17
5–10	3,48 ± 0,72
11–20	3,1 ± 0,86

Krev

V průběhu růstu dítěte dochází k fyziologickým změnám krevního objemu vztaženého na tělesnou hmotnost. S tím souvisejí i změny v krevním obraze. Vzhledem ke spojitosti traumat a krevních ztrát je pro časnou fázi poskytování zdravotní péče zásadní znalost objemu krve, a to jak relativního – vztaženého na tělesnou hmotnost, tak i absolutního a normálního množství erytrocytů, resp. hladiny hemoglobinu pro daný věk. Ve fázi pozdní (intenzivní péče na JIP) je nutná také znalost normy počtu leukocytů a zastoupení jednotlivých typů bílých krvinek. V průběhu dětského věku dochází k postupnému setrvalému poklesu relativního objemu krve. U novorozenců je normální množství 80–85 ml krve na 1 kilogram tělesné hmotnosti, u nedonošenců hodnoty blízké 90 ml/kg. Během kojeneckého a batolecího období dochází k poklesu objemu krve na průměrně 75 ml/kg, ve školním období klesá k 70 ml/kg. V období puberty se již relativní objem krve postupně přibližuje k hodnotám normálním pro dospělý věk, tedy okolo 60 ml/kg. V prvních hodinách a dnech po narození je zcela přirozeným jevem krátkodobá polyglobulie s koncentracemi hemoglobinu 140 až 240 g/l a hematokritem okolo 60 %, způsobená redukcí objemu krve (snížení objemu plazmy). Na konci novorozeneckého období vlivem zvýšené oxemie klesá produkce erythropoetinu a zároveň dochází k rozpadu fetálního hemoglobinu. Vlivem obou jevů nastupuje postupný pokles počtu erytrocytů a hladin hemoglobinu s dosažením minima nejčastěji okolo 10. týdne věku dítěte (Hb 100–130 g/l, Hct 0,3–0,35) – v odborné literatuře označován jako anemie tříměsíčního období dítěte. Poté dochází k plynulému vzestupu až do období puberty a dosažení hodnot shodných s dospělým věkem. Výše popsaná anemizace v pozdním novorozeneckém a časném kojeneckém období je časnější a výraznější u nedonošenců vlivem nedostatečné produkce erythropoetinu. Vývoj v krevním obraze dítěte je uveden v [tabulce 1.2](#).

Současně se vzestupem počtu erytrocytů pozorujeme v prvních dnech po narození razantní zvýšení počtu leukocytů až k hodnotám $20 \times 10^9/l$ (leukocytóza se vzestupem množství granulocytů). Na konci prvního týdne života dítěte dochází k poklesu celkového počtu bílých krvinek a relativní převaze lymfocytů („první překřížení“), trvající až do 4 let. Poté dochází k vyrovnání zastoupení granulocytů a lymfocytů a od 5. roku dítěte k postupné převaze granulocytů, trvající po celý zbytek života („druhé překřížení“).

Tab. 1.2 Vývoj krevního obrazu v dětském věku

Věk	Hb (g/l)	Hct (%)	Ercs ($\times 10^{12}/l$)	Retikulyocyty (%)	MCV (μm^3)
1 den	140–240	58–62	4,5–6,5	15–65	106 \pm 7
1 měsíc	110–170	30–37	3,9–5,3	3–13	100 \pm 6
3 měsíce	100–130	30–37	3,2–4,3	10–35	88 \pm 6
1 rok	110–150	33–40	4,2–5,5	3–13	73 \pm 8
puberta muži	130–160	39–47	4,8–5,7	1–13	78 \pm 8
puberta ženy	110–160	36–44	4,3–5,5	1–15	78 \pm 8

1.2.2 Respirační systém

Respirační systém je v užším slova smyslu tvořen dýchacími cestami a plicemi, v širším pojetí také hrudníkem/hrudní stěnou, dýchacími svaly a řídicí strukturou – dechovým centrem v mozku.

Vývoj a poporodní adaptace

Plicní tkáň funkčně dozrává okolo 24. týdne gestace v souvislosti se zahájením tvorby surfaktantu. Tato časová hranice spojená nejen se zlomem ve vývoji respiračního aparátu, ale i řady dalších orgánů a orgánových soustav, proto získala označení hranice viability plodu.

Po porodu dochází v důsledku přerušení pupečníku k zástavě přítoku okysličené krve z mateřského organismu. Takto navozená náhlá hypoxie a hyperkapnie vede k intenzivní stimulaci dechového centra novorozence a k prvním aktivním dechům dítěte. Dochází k rozepjetí plicního parenchymu, dosud kolabovaného a vyplněného tekutinou, ta je v případě vaginálního porodu částečně „vymasírována“ z plic dítěte při průchodu porodními cestami, zbytek se vstřebá do krevních a lymfatických kapilár. V případě porodu císařským řezem je adaptace prodloužena v důsledku nadbytku tekutiny přítomné v alveolech. V souvislosti s provzdušněním plicního parenchymu a zahájením výměny plynů na alveolokapilární membráně dochází k poklesu cévní rezistence v plicním řečišti a oběhovým změnám popsaným výše.

Vrozené vývojové vady

Vrozené vývojové vady respiračního traktu jsou významným způsobem asociovány se zvýšeným rizikem recidivujících a chronických zánětů, maligního zvratu buněk, gastroezofageálního refluxu atd. V případech dětských traumat a polytraumat mohou komplikovat péči, případně zhoršovat outcome dětského pacienta, nicméně klinicky významné vady jsou odhaleny a řešeny v časném novorozeneckém období, a tak pro další periody (nejen dětského věku) již riziko nepředstavují. Mezi nejčastější patří vrozené vady rozštěpové, které kromě kosmetického defektu mohou činit obtíže při zajišťování dýchacích cest. Klinicky významnými vadami, které mohou již v prvních dnech

života vést k respirační insuficienci, jsou atrézie choan, kongenitální laryngo- či tra-cheomalacie, vrozená subglotická stenóza a atrézie jícnu s tracheozofageální píštělí.

Dýchací cesty

Znalost rozdílů mezi respiračním systémem dítěte a dospělého je zásadní zejména pro zajištění dýchacích cest a umělou plicní ventilaci. Hlava menších dětí je relativně větší v poměru k velikosti těla s výrazným záhlavím. Pro optimalizaci polohy těla a hlavy při ventilaci obličejovou maskou a při zajištění dýchacích cest je nevhodný excesivní záklon hlavy. Naopak podložení ramen, případně horní poloviny zad malého dítěte usnadňuje bezpečné zajištění dýchacích cest.

Úzké nosní průduchy, nevelká dutina nosní, mnohdy hypertrofická lymfatická tkáň hltanu, relativně velký jazyk, volné měkké patro či výše uložená *epiglottis* mohou způsobovat komplikace při snaze udržet průchodné dýchací cesty a ventilaci obličejovou maskou. Relativně větší jazyk v poměru k velikosti dutiny ústní, výše postavená *epiglottis*, ve spojitosti s celkově kraniálnější polohou hrtanu (úroveň C3–4) a jeho mírnou antepozicí mohou činit obtíže také při přímé laryngoskopii a endotracheální intubaci. *Epiglottis* je u mladších dětí dlouhá, úzká, tvarem připomínající písmeno „U“ či řecké písmeno „omega“. I s ohledem na její polohu těsněji při kořeni jazyka provádíme přímou laryngoskopii u novorozenců přiložením laryngoskopické lžice na laryngeální plochu *epiglottis*; nikoli do oblasti *valleculae epiglotticae* jako u starších dětí a dospělých.

Dýchací cesty jsou obecně užší, zejména v kraniálním úseku, sliznice je křehká, snadno krvácí a otéká, jakákoli nešetrná manipulace tak může vést k úplné obstrukci. Nejužším místem dýchacích cest je subglotický prostor, nikoli oblast glotické štěrbině jako u dospělých – při vhodné zvolené velikosti endotracheální rourky není nutné využívat obturační manžetu. V současné době se však doporučuje užití orotracheálních rourek s vysokoobjemovým nízkotlakým obturačním balónkem u všech těžce zraněných dětí, které vyžadují zajištění dýchacích cest a umělou plicní ventilaci. Zároveň je doporučeno umístit obturační manžetu mimo subglotický prostor, a to do poloviny či až do distální části trachey z důvodu minimalizace rizika vzniku postintubační stenózy. K přestavbě hrtanu dochází v pubertě, kdy se nejužším místem stává hlasová štěrbina.

Trachea je u malých dětí krátká, z čehož vyplývá zvýšené riziko malpozice či dislokace kanyly – ať už nad hlasovou štěrbinu, nebo endobronchiálně. Levý i pravý bronchus odstupují z trachey pod obdobným úhlem cca 55°, jednostranná intubace je srovnatelně četná doprava i doleva. A obdobná je i četnost nálezů aspirovaných cizích těles v obou bronších. Bronchiální strom je v poměru k velikosti těla relativně širší než u dospělých, nicméně v absolutních rozměrech je úzký a vysoce náchylný k obstrukci i při minimálním otoku sliznice, stagnaci sekretu či přítomnosti cizího tělesa.

Plíce a hrudník

Plíce jsou párový orgán tvořený drobnými dýchacími cestami vyústujícími v plicní sklípky (alveoly), které jsou opředené sítí krevních kapilár. V průběhu dětského věku dochází k postupnému nárůstu počtu alveolů z původních 20 milionů u donošeného novorozence až po finální počet cca 300 milionů, kterého je dosaženo okolo 8. roku

věku, proces je označován jako alveolarizace plic. Kromě nižšího počtu alveolů je výměna plynů ztížena také delší difúzní dráhou vlivem větší tloušťky alveolokapilární membrány. Rozdíly v základních ventilačních parametrech mezi dítětem a dospělým jsou uvedeny v **tabulce 1.3**.

U malých dětí je fyziologickou normou horizontálnější průběh žeber, jsou tedy trvale v určitém stupni inspiračního postavení. Stejně tak v novorozeneckém a kojeneckém věku dosud nejsou plně vyvinuty interkostální svaly, je proto zvýrazněna důležitost bránice jako hlavního dýchacího svalu, převládajícím typem dýchání je dýchání břišní.

Regulace dýchání

Dechová aktivita dětí je řízena stejně jako u dospělých dechovým centrem v prodloužené míše. Toto dechové centrum přijímá signály z centrálních a periferních receptorů, a reaguje tak zejména na parciální tlak oxidu uhličitého, kyslíku a pH. Specifikem novorozeneckého věku je však reakce na hypoxii, která je podmíněná normotermií. Při hypotermii adekvátní reakce na hypoxii vyhasíná. Vysoké koncentrace kyslíku mohou u malých dětí vést k signifikantnímu útlumu ventilace, stejně tak vedou i k dechovému útlumu a zástavě oběhu hypoxie.

Spotřeba kyslíku vztážená na tělesnou hmotnost je u novorozence 2–3krát větší než u dospělého, čemuž odpovídá objem minutové ventilace. Při obdobné velikosti FRC dochází u novorozence k rychlému rozvoji kritické hypoxemie v případě přerušení dávky kyslíku – v klinické praxi jak v urgentních stavech s neprůchodností dýchacích cest, tak i při úvodu do celkové anestezie.

Tab. 1.3 Parametry respiračního systému u novorozence a dospělého

Parametr	Novorozenec	Dospělý
VT (ml/kg)	5–7	5–7
MV (ml/min)	400	4200
MV (ml/m ² /min)	2,3	2,3
anatomicky mrtvý prostor (ml)	7	150
anatomicky mrtvý prostor (ml/kg)	2,5	2,0
spotřeba O ₂ (ml/min)	18	250
spotřeba O ₂ (ml/kg/min)	6	3,5
FRC (ml)	90	2400
FRC (ml/kg)	30	34
plocha plic (m ²)	2,8	65–75
plocha plic (m ² /kg)	1	1
počet alveolů	24 × 10 ⁶	290–375 × 10 ⁶
DF	40–60	12–14