

# Fyziologické zvláštnosti dětského věku

Zuzana Nováková

Fyziologický ústav Lékařské fakulty Masarykovy univerzity, Brno

Ontogenetický vývoj jedince má svoje specifika. Dětský organizmus není poměrná zmenšenina dospělého. Předložená práce poskytuje stručný přehled problematiky fyziologických zvláštností dětského věku, které nejčastěji nacházíme v období novorozeneckém a kojeneckém. V závěru jsou připojeny základní hodnoty fyziologických rozmezí klidových parametrů kardiovaskulárního a respiračního systému, včetně složení krve, platné pro jednotlivá věková období.

**Klíčová slova:** novorozenec, děti, fyziologické zvláštnosti.

## Physiological peculiarities in children

Ontogenetic development has its own specific features. A child's body is not a small-scale version of an adult's body. The present article provides a brief overview of physiological peculiarities in children. These are most often encountered in the neonatal period and infancy. The basic parameters of cardiovascular and respiratory systems including the composition of blood are also discussed.

**Key words:** newborn, children, physiological peculiarities.

Prakt. lékař. 2012; 8(6): 279–282

*Motto: „Odkud pocházím? Ze svého dětství.“ (Antoine de Saint-Exupéry)*

Vyvíjející se dětský organizmus a jeho zvláštnosti ve srovnání se zdravým dospělým jedincem stojí v popředí medicíny dětského věku. Vyžadují prolínající se znalosti z různých oborů – jak teoretických, tak klinických. Vždy musíme mít na paměti, že dítě není zmenšenina dospělého organismu, má svoje taje i kouzla a tím i určité záludnosti pro diagnostiku nemocí oproti dospělému. Předložená práce poskytuje velmi stručný přehled problematiky fyziologických zvláštností u dětí vztahujících se především k novorozeneckému období a k četnosti jejich výskytu v klinické praxi, popřípadě praxi rodičovské.

Pro správný přehled začneme věkovým rozdělením po narození, které ukazuje tabulka 1. Období před narozením označujeme jako prenatální a rozlišujeme jeho první třetinu pojmem embryonální, období od 4. měsíce od početí pak jako fetální.

Každé z uvedených období je něčím charakterizováno. V období ihned po porodu probíhá adaptace organismu na změněné podmínky prostředí, v průběhu prvního roku pak intenzivní růst celého dětského organismu. V názvu kojeneckého období se také skrývá nejpřirozenější způsob výživy dítěte. V batolecím období jsme svědky rozvoje řeči a myšlení, zdokonalování propojení systémů pohybového a nervového. V předškolním věku se sice zmírňuje tempo růstu organismu jako takového, ale přichází na pořad zapojení se malého človíčka do společnosti, jeho socializace s nástupem do dětského kolektivu. O to více to pak platí i pro vstup dítěte do školy. Starší školní věk, který jde ruku

**Tabulka 1.** Věkové rozdělení dětského období po narození (upraveno dle 1)

| Věk                              | Název období         |
|----------------------------------|----------------------|
| 0–28. den po narození (1. měsíc) | Novorozenecké období |
| 1. měsíc – 12. měsíc (1. rok)    | Kojenecké            |
| 2.–3. rok                        | Batolecí             |
| 4.–5. rok                        | Předškolní           |
| 6.–11. rok                       | Mladší školní        |
| 12.–15. rok                      | Starší školní        |
| 15.–18(19). rok                  | Dorostové            |
| 19.–21. rok                      | Mladý dospělý        |

v ruce s nástupem puberty, zahrnuje v sobě diferenciace dle pohlaví, zrychlení tělesného růstu a vývoje. Z tohoto bouřlivého období plynule přecházíme do období dorostového, které je ukončeno „vznikem“ mladého dospělého jedince (1–3).

V očích lékařů je každý z nás „originál“, přesto v dospělém věku jsou určité znaky společné vzhledem k dokončenému vývoji organismu. Odlišnost dospělého a dítěte vyplývá ze zcela přirozených okolností – je fyziologická. Nejvíce zvláštností nacházíme v ranném dětském věku, a snad úplně nejvíce ve věku novorozeneckém. Stupeň vývoje fyziologických funkcí v tomto období odpovídá jejich důležitosti: kardiovaskulární a dýchací systém po funkční přestavbě je zcela výkonný, gastrointestinální trakt, uropoetický, termoregulační a imunitní systém jsou výkonné méně, zvláštnosti vyplývají i z přítomnosti specifické nezralosti centrálního nervového systému (4).

Adaptační novorozenecké období je nastartováno zcela zásadní proměnou srdečně-cévního a dýchacího systému označovanou jako **kardiorespirační přestavba**. Na jejím začátku

stojí provzdušnění plic. V průběhu nitroděložního vývoje je totiž bronchoalveolární systém plodu naplněn tekutinou, která je produkována plícemi a pomocí dýchacích pohybů plodu (výměna plicní tekutiny s amniotickou tekutinou plodu o objemech 1–2 ml) předávána do plodové vody. Surfactant – látka snižující povrchové napětí v alveolech je její důležitou součástí a usnadňuje dýchací procesy v jejich počátku, jeho množství signalizuje zralost plic. Výměna tekutiny za vzduch je odstartována již stlačením hrudníku při průchodu porodním kanálem, nicméně závisí hlavně na aktivitě inspiračních a expiračních dýchacích svalů. Tlak mezi pohrudnicí a poplicnicí (interpleurální) klesne při prvním vdechu na -3 až -10 kPa a do plic se nasaje 35–70 ml vzduchu. Následuje aktivní výdech provázený křikem. Pozitivní tlaky v hrudníku vytvářené činností expiračních svalů a konstrikcí hlasivek způsobí rozpínání dalších částí plic a ulehčují vstřebávání tekutiny, která je postupně resorbována do krevního oběhu, bílkovinná složka pak je odváděna lymfatickou cestou (5, 6).

Od okamžiku porodu k prvnímu vdechu uplyne interval 20–30 s, do 90 s již nastupuje

spontánní pravidelné dýchání. Na význam provzdušnění plic jako spouštěcího mechanismu kaskády dalších změn důležitých pro právě nastupující život „suchozemce“ ukazuje různorodost systémů stojících za jeho aktivací. Kromě poporodní asfyxie po podvázání pupečníku přichází v úvahu další faktory, jako jsou změna teploty (ochlazení), taktilní podněty z kůže a z proprioreceptorů, světelné a zvukové podněty i humorální mechanismy. Jejich souhra a vzájemná podpora zabezpečuje, že dýchání bude spuštěno (5).

Dechový objem novorozence je asi 20 ml, frekvence 40 až 60 dechů/min – viz tabulka 3C.

Krevní oběh plodu (fetální krevní oběh) se oproti krevnímu oběhu po narození vyznačuje přítomností speciálních zkratů. Snad nejznámější je foramen ovale – oválné okénko mezi pravou a levou srdeční síní, kterým si krev zkracuje cestu do levého srdce a velkého krevního oběhu. Proudění krve tímto směrem je umožněno rozdílem tlaků pravého a levého krevního řečiště. Malý krevní oběh totiž není funkční (plíce jsou vyplněné tekutinou – viz výše), plicní řečiště fetálního krevního oběhu je tedy vysokoodporové. Další důležitý zkrat je ductus arteriosus Botalli mezi kmenem plicnice a sestupnou částí aorty. Třetí v pořadí je ductus venosus – zkratka obcházející játra. Cirkulace v placentě představuje připojené nízkoodporové řečiště, ze kterého vystupují jedna pupečnicková žíla přivádějící okysličenou krev a dvě pupečnickové artérie, kterými se krev vrací zpátky (4, 5).

Těsně po porodu se všechno mění. Po podvazu pupečníku zůstává asi jedna třetina krve plodu v placentě, snižuje se tak plnění srdce. Provzdušní se plíce, snižuje se odpor v plicním řečišti – tyto děje mají za následek snížení tlaku v pravé síni srdeční oproti levé, chlopeč vlnící dosud nad foramen ovale je touto změnou přitisknuta k otvoru a funkčně jej uzavírá, nejpozději do 5 hodin po narození. Foramen ovale je natrvalo uzavřeno vazivem během prvního půl roku života. Ductus arteriosus Botalli je uzavřen zcela jinými mechanismy, zde převládá změna saturace krve kyslíkem, která se po provzdušnění plic mění z 58 % na 100 %. Na zvýšení parciálního tlaku kyslíku reaguje svalovina stěny ductu vazokonstrikcí. Uzavěr, ke kterému dochází do 15 hodin po porodu podporují další vazomotorické látky přítomné v krvi po porodu – např. serotonin a také prostaglandiny. Definitivně se ductus uzavírá po 3. měsíci života. Kontrakce ductus venosus na podkladě sníženého proudění krve touto oblastí je ukončena činností i tohoto zkratu. Umbilikální cévy se kontrahují

**Tabulka 2.** Velikost tonometrické manžety vzhledem k věku dítěte (upraveno dle 2)

| Hmotnost     | Věk           | Minimální šířka manžety |
|--------------|---------------|-------------------------|
| 1 500 g      | 1. den        | 2,5 cm                  |
| 5 kg         | 3 měsíce      | 4,5 cm                  |
| 10 kg        | 15 měsíců     | 6 cm                    |
| 30 kg        | 9 let         | 7,5 cm                  |
| 30 a více kg | 10 a více let | 12 cm                   |

na podkladě aktivace různých typů svaloviny přítomných v jejich stěně, a sice na základě mechanických protažení vznikajících při manipulaci s novorozencem (4, 5, 6).

Výše uvedené změny jsou podkladem další zvláštnosti – do 3 let věku dítěte má převahu pravá srdeční komora (6).

Tepová frekvence plodu se pohybuje kolem 150 tepů za minutu. Se vzrůstajícím věkem postupně klesá důsledkem zapojování se parasympatické části autonomního nervového systému do systému regulace (6).

Krevní tlak je bezprostředně po narození vysoký vzhledem k poporodnímu stresu a vyplavení katecholaminů a kortizolu, po prvním dni se ustaluje na hodnotách 70/50 mmHg jako odpověď na otevření plicního a intestinálního řečiště. Další mírný vzestup až k hodnotám pro dospělé v období puberty je dán postupným dozráváním regulačních mechanismů a stimulací z vnějšího prostředí (6). Pro správné měření krevního tlaku v dětském věku je potřeba pamatovat na pravidlo, že manžeta má zaujímat 2/3 paže dítěte. Orientační hodnoty manžety vzhledem k věku uvádí tabulka 2 (2).

S velkými změnami ihned po porodu se musí vyrovnat i **systém regulace tělesné teploty**. To je také důvod, proč byl dříve novorozenec považován za organismus poikilotermní (neumí udržet tělesnou teplotu). Fakt, že teplota po narození klesá (kožní teplota o 0,3 °C/min, teplota jádra měřená rektálním teploměrem rychlostí 0,1 °C/min), je způsoben mnoha faktory: v děloze je teplota plodu regulována placentou, která plní funkci výkonného tepelného výměníku; teplota fétu je asi o půl stupně vyšší než teplota matky – tj. 38,5 °C, takže po narození se ocitá ve velmi chladném prostředí (20–25 °C); tělesný povrch ve vztahu k hmotnosti je relativně velký (až 3krát větší než u dospělého); je malá izolační vrstva tuku, malé energetické zásoby; vlhká kůže po porodu a nevyzrálá reaktivita cév – to vše vede k velkým tepelným ztrátám.

Novorozenec se s tímto vyrovnává zvýšenou produkcí tepla (skoro 3x vyšší na kg hmotnosti v porovnání s dospělým) pomocí metabolických procesů, zvýšenou fyzickou aktivitou, neklidem,

pláčem. Zvláštností je netřesová (lipolytická) termogeneze přímou oxidací tuku v hnědé tukové tkáni, jejíž buňky pokračují ve svém vývoji do 3.–5. týdne po narození a mohou být metabolicky aktivní i několik let (6, 7).

Aby novorozenec nevydával svou energii pouze na udržení teploty a měl dostatek síly i pro jiné adaptační procesy, je důležité mu vytvořit tzv. neutrální teplotu zevního prostředí s pro něj nejmenšími tepelnými ztrátami a s nejmenší spotřebou kyslíku. V první hodině po narození se jedná o rozmezí teplot 33–34 °C, v prvním dnu 31–33 °C, koncem prvního týdne kolem 27 °C. Zdravý novorozenec narozený v termínu vše zvládá s dostatečným oblečením a přikrývkou, předčasně narozené děti či děti s nízkou porodní hmotností jsou vkládány do termoneutrálního prostředí zajištěného pomocí inkubátorů či vyhřívaných lůžek (6, 8).

Snaha o zajištění správné teploty zevního prostředí v souvislosti se zvýšením přežití dítěte po porodu je známa již od první poloviny 19. století. Předchůdcem našeho inkubátoru byla zinková vanička s dvojitým pláštěm vyplněným horkou vodou, do které ukládali novorozence již v dobách cara Pavla I. v ruském Petrohradě (9).

Nelehkou úlohu má i **jaterní systém**. Velký počet červených krvinek u plodu nahrazující nižší sycení krve kyslíkem ve fetální cirkulaci se stává po porodu nepotřebným a zaniká. Degradací produkt hemu z červeného krevního barviva – bilirubin – musí být z organismu vyloučen (dosud byl metabolizován játry matky). Nezbytné transportní a enzymatické systémy jsou v jaterních buňkách přítomny (UDP-glukuronyltransferáza), ale nejsou funkčně dostatečné. Disproporce mezi množstvím rozpadajících se krvinek a funkční nezralostí jater vede ke zvyšování hladin bilirubinu a ke žlutému zbarvení kůže dítěte (pomorančově žlutá). O fyziologickou hyperbilirubinemii se jedná, pokud žloutenka nastupuje 2.–3. den po porodu, stav se upravuje do sedmého dne, nejsou přítomny příznaky patologie (zvětšení jater, sleziny, anémie), moč je světlá, stolice normálně zbarvena, množství celkového bilirubinu nepřesahuje 250 μmol/l a konjugovaného je menší než 25 μmol/l. Diagnostice patologie

napomáhá neinvazivní bezbolestné stanovení bilirubinu tkáňovým bilirubinometrem (2, 6, 7).

### Vylučovací systém

Ledviny se ve fetálním období významně podílejí na tvorbě a složení plodové vody (moč je její hlavní součástí). Po porodu přebírají funkci placenty a zapojují se do udržování stálosti vnitřního prostředí a hospodaření s vodou. Anatomické odlišnosti stavby nefronu (kratší délka kapilár glomerulů, nevyzrálost epitelu kapilárních kliček) u novorozenců a malých kojenců jsou důvodem snížené glomerulární filtrace a koncentrační schopnosti ledvin (kratší Henleovy kličky, snížená sekrece antidiuretického hormonu) (1).

**Rozdělení vody v těle** do jednotlivých oddílů podléhá také vývojovému procesu. Ve vztahu k hmotnosti těla je největší množství celkové tělesné vody u plodu. Procentuální zastoupení extracelulární a intracelulární tekutiny se mění po celé dětství, jak ukazuje graf 1 (11).

Z výše zmíněných skutečností vyplývá i snížená schopnost korigovat poruchy acidobazické rovnováhy v tomto věku. Nicméně při přirozené výživě není důvod k překročení funkční kapacity vylučovacího systému.

### Trávicí systém

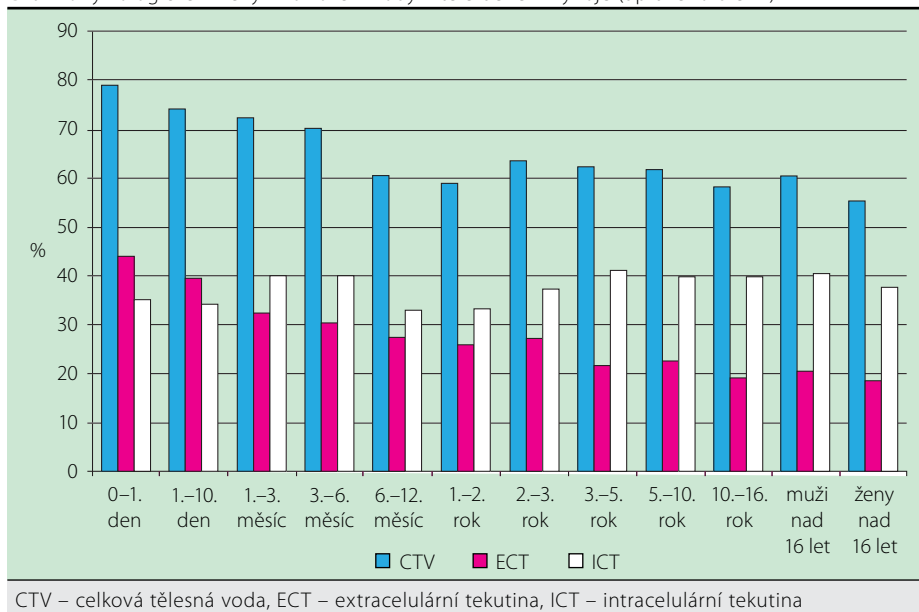
Intrauterinně je motorická, sekreční i resorpční aktivita střeva malá, nicméně při narození se sliznice již neliší od dospělého a trávicí enzymy pro mateřské mléko jsou připraveny. První stolice se označuje jako smolka (mekonium) a měla by být vyloučena nejpozději do 4. dne života. Ublíkávaní a časté zvracení novorozenců je dáno zvláštností tohoto období týkající se snížené kontroly střevní motility (peristaltiky) enterálním nervovým systémem se snadným zpětným pohybem stravy směrem k dutině ústní, nedokonalostí sání a polykání a pomalejším vyprazdňováním žaludku (1). Slabší vrstva svalstva střevní stěny je zodpovědná za větší sklon k nadýmání (meteorismu), který je doprovázen bolestmi břicha s pláčem trápící nejen malého tvorečka, ale celou rodinu.

Po porodu dochází také k rychlému mikrobiálnímu osídlení gastrointestinálního traktu, který hraje důležitou úlohu nejen ve výživě a udržování homeostázy, ale i imunity dětí (1).

### Imunitní systém

Buňky přirozené imunity – monocyty a makrofágy se objevují již intrauterinně, specifická imunita prodělává své největší změny později v postnatálním období. Pouze protilátky ve třídě

**Graf 1.** Fyziologické změny v rozložení vody v těle během vývoje (upraveno dle 11)



**Tabulka 3A.** Základní parametry krevního, srdečního a dýchacího systému (upraveno dle 2 a 6)  
Základní hodnoty krevního obrazu v dětském věku

|                      | Počet erytrocytů       | Počet leukocytů    | Koncentrace Hb         |
|----------------------|------------------------|--------------------|------------------------|
|                      | 10 <sup>12</sup> /l    | 10 <sup>9</sup> /l | g/l                    |
| <b>Novorozenec</b>   | 4–6,6                  | 9–15               | 125–205                |
| <b>Kojenec</b>       | 3,1–4,5                | 5–12               | 95–135                 |
| <b>5 let</b>         | 4,0–5,2                | 4–10,5             | 111–145                |
| <b>12 let</b>        | 4,5–5,7                | 4–10,5             | 124–145                |
| <b>16 let a více</b> | M: 4,5–5,5; Ž: 4,0–5,0 | 4–9                | M: 140–160; Ž: 120–150 |

M – hodnoty u mužů, Ž – hodnoty u žen, Hb – hemoglobin. Hodnoty jsou vyjádřeny jako fyziologická rozmezí pro daný věk

**Tabulka 3B.** Základní parametry kardiovaskulárního systému v dětském věku

|                      | Tepová frekvence | Krevní tlak       |                    |
|----------------------|------------------|-------------------|--------------------|
|                      | Tep/min          | Systolický (mmHg) | Diastolický (mmHg) |
| <b>Novorozenec</b>   | 140–180          | 70–90             | 45–55              |
| <b>Kojenec</b>       | 110–160          | 70–90             | 50–60              |
| <b>5 let</b>         | 90–140           | 80–110            | 55–65              |
| <b>12 let</b>        | 80–120           | 90–110            | 60–70              |
| <b>16 let a více</b> | 70–100           | 100–120           | 65–75              |

**Tabulka 3C.** Základní parametry dýchacího systému v dětském věku

|                      | Dechová frekvence dech/min | Dechový objem-klid (ml) | Vitální kapacita (l)        |
|----------------------|----------------------------|-------------------------|-----------------------------|
| <b>Novorozenec</b>   | 40–60                      | 20                      | Měření se rutinně neprovádí |
| <b>Kojenec</b>       | 23–35                      | 50–100                  | Měření se rutinně neprovádí |
| <b>5 let</b>         | 18–22                      | 200–350                 | 0,8                         |
| <b>12 let</b>        | 19–29                      | 350–450                 | 1,6–2,5                     |
| <b>16 let a více</b> | 12–15                      | 450–500                 | 2,5–5,0                     |

IgG prochází placentou a zajišťují novorozenci pasivní imunitu proti různým bakteriálním a virovým infekcím těsně po narození. Hodnoty mateřských protilátek rychle klesají (souvisí s dobou rozpadu), ruku v ruce ale probíhá zapojení specifických humorálních složek imunity. K obra-

nyschopnosti přispívají i sekreční protilátky třídy IgA, které kojenec získává z mateřského mléka (nejvíce v kolostru). Tyto jsou nezastupitelné v ochraně kojence před mikroorganizmy vyvolávajícími zánět trávicího traktu. Kojení oddaluje vystavení střevní sliznice potravinovým antige-

nům. Dysbalance mezi poklesem transplacentárních protilátek a postupně se zvyšující tvorbou vlastních se projevuje fyziologicky sníženou hladinou imunoglobulinů mezi 2.-4. měsícem života dítěte (2, 7, 10).

### Změny hmotnosti

Do výřtu zvláštností spadá i fyziologické snížení hmotnosti novorozence v prvních třech dnech po narození. Jeho důvodem je nízký příjem potravy, ztráta tekutin a stolice. Změna do 7–10 % porodní hmotnosti, která se začne od 4. do 10. dne vyrovnávat, je považována za přirozenou.

**Psychomotorický vývoj** a jeho zvláštnosti by vydaly nejméně na další samostatnou kapitolu. Pro přehled uvádím ty nejzákladnější momenty vypovídající o správnosti tohoto vývoje novorozence a kojence v několika bodech: 6.–8. týden po narození – při přitahování do sedu udrží hlavičku, 2.–3. měsíc – v poloze na bříšku „pase koníčky“, 5.–8. měsíc – je schopen se otočit ze zad na bříško a naopak, 8.–9.

měsíc – leze po čtyřech, 10.–12. měsíc – chození do strany typu „krok sun krok“ s oporou kolem nábytku, postupně bez opory a samostatně (12.–15. měsíc) (2, 7).

Na závěr uvádím přehlednou tabulku základních parametrů krevního (3A), srdečního (3B) a dýchacího (3C) systému, tak jak se mění s postupem věku – viz tabulka 3.

### Literatura

1. Michálek J, a kol. *Pediatrická propedeutika*. Vybrané kapitoly. Brno: Masarykova univerzita 2010: 160.
2. Niessen KH. *Pediatric*. Praha: Scientia Medica. 1996: 602.
3. Langmeier L, Krejčířová D. *Vývojová psychologie*. Praha: Grada 2006: 368.
4. Wilhelm Z, a kol. *Stručný přehled fyziologie člověka pro bakalářské studijní programy*. Brno: Masarykova univerzita 2010: 109.
5. Javorka K, Buchanec J, Kellerová E. *Krvný oběh plodů, novorozenců, dětí a adolescentů. Regulaci a jej poruchy*. Martin: Osveta 1992: 275.
6. Javorka K, a kol. *Klinická fyziologie pro pediatry*. Martin: Osveta 1996: 488.
7. Behrman RE, Kliegman R, Jenson HB. *Nelson textbook of pediatrics*. Philadelphia: W.B. Saunders. 2004: 2618.
8. Fendrychová J, Borek I, a kol. *Intenzivní péče o novorozence*. Brno: NCONZO 2007: 401.

9. Cone TE. The First Publisher Report of an Incubator for Use in the Care of the Premature Infant (1857). *Am J Dis Child*. 1981; 135: 658–660.

10. Krejsek J, Kopecký O. *Klinická imunologie*. Hradec Králové: Nucleus HK 2004: 941.

11. Wilhelm Z. Rozložení vody v těle v dětském věku. Prezentace pro bakalářské studijní programy. Uveřejněno se souhlasem. Nepublikováno.

*Článek přijat redakcí: 16. 10. 2012*

*Článek přijat k publikaci: 30. 10. 2012*

---

**MUDr. Zuzana Nováková, Ph.D.**

*Fyziologický ústav Lékařské fakulty  
Masarykovy univerzity  
Kamenice 5, 625 00 Brno  
znovak@med.muni.cz*

---