

## **Individuální vývoj člověka**

(texty k přednáškám)

Miroslav Králík, Martin Čuta

## 1. Úvod

### 1.1. Předmět Individuální vývoj člověka

Lidský život probíhá v několika obdobích, která mají svoje charakteristické znaky, vyznačují se zvláštnostmi ve stavbě těla, v tělesných funkcích, v psychickém ustrojení a sociálních vztazích. Kdybychom měřili věk podle rychlosti růstu, období po narození už by celé bylo „stářím“, měřeno podle jiných kritérií však stárnutí začíná mnohem později. V každém z mnoha myslitelných znaků se lidé stejného kalendářního (absolutního) věku mezi sebou liší v příslušném věku biologickém (kostní věk, věk psychického vývoje, věk pohlavní dospělosti atd.). Biologická variabilita klíčových znaků, které se v průběhu života člověka mění a mají z hlediska jeho další životní trajektorie význam, je zásadní jak z hlediska překonání kritických (uzlových) bodů biologického vývoje člověka (porod, zvládnutí chůze po dvou, menarche) i společenských, kulturně specifických jevů (vzdělání, výběr partnera, postavení v sociální hierarchii, vlastnictví majetku aj.).

Vývoj člověka je tradičně předmětem studia mnoha oborů. Počáteční fáze je předmětem studia embryologie, část postnatálního vývoje náleží vývojové psychologii, učení v dětství je předmětem pedagogiky, zdravotní otázky dětství (dětské nemoci, růst dětí) studuje a léčí pediatrie, změny ve stáří gerontologie a problémy spojené s těžkými nemocemi umíráním jsou součástí gerontologie, geriatrie a paliativní medicíny. Z hlediska studenta antropologie má toto pojetí tu nevýhodu, že se s různými aspekty vývoje člověka seznámí jindy a v různých předmětech, nezíská nikdy o vývoji člověka celkovou představu. Lidský život je však celek, v němž jednotlivé jeho fáze navazují a ovlivňují se přes hranice členění stávajících vědních oborů.

Od devadesátých let minulého století vývojové disciplíny (např. růstová antropologie) růst a vývoj člověka zařazují do širšího teoretického rámce, vč. evolučního pohledu na vývojovou variabilitu z hlediska adaptivního významu časování vývoje jedince a populace. To se týká především teorie životní historie, která je stále více aplikována i na člověka. Věk dítěte v době odstavu, věk pohlavní dospělosti, velikost těla v dospělosti, specifická fekundita (plodivost) v určitém věku, věkově specifická mortalita a další parametry lidské životní historie jsou studovány z hlediska jejich vlivu na reprodukční úspěšnost a biologickou zdatnost jedince v ekologických, ekonomických, sociálních a kulturních podmínkách příslušné populace.

Jinou oblastí růstu a vývoje člověka, která se takto rozvíjí, je koncepce senzitivních, klíčových či kritických period. Řada vlastností a schopností člověka v dospělosti (tj. v době uplatnění jeho reprodukčních možností) se vytváří v určitém období ontogeneze a pouze v něm. Je studován adaptivní význam časných vývojových procesů v dospělosti a ontogeneze jako prostředek plastického přizpůsobení fenotypu jedince aktuálně panujícím podmínkám vnějšího přírodního a sociálního prostředí. Vývoj je intenzivněji vnímán jako posloupnost fází, kdy dřívější fáze ovlivňují vlastnosti jedince ve fázích následujících, např. nepříznivé vlivy v časných vývojových obdobích prenatalních a postnatálních (nutriční nedostatek, stres, zážitky) mohou ovlivnit nastavení metabolismu. Základy některých vážných chronických onemocnění dospělosti a stáří se pravděpodobně vytváří už v dětství.

Poznatky jednotlivých disciplin, primárně zaměřených na praktické aplikace růstu člověka a vývojových změn (auxologie člověka, pediatrie, psychologie, sociální lékařství aj.) získávají širší kontext a začínají se propojovat v jednom teoretickém rámci.

### 1.2. Životní cyklus

Jako *životní cyklus* označujeme období existence jedné generace organismu.

V průběhu životního cyklu mnohobuněčných organismů dochází ke střídání fáze haploidní (v každé buňce je jen jedna sada chromozomů, *1n*) a fáze diploidní (v každé buňce

jsou dvě sady chromozomů,  $2n$ ). Životní cyklus živočichů, včetně člověka, představuje z biologického hlediska *diplontický životní cyklus*. V průběhu životního cyklu tohoto typu se zygota ( $2n$ ) dělí mitoticky a v průběhu složitějšího *individuálního vývoje* (ontogeneze) se vytváří diploidní mnohobuněčný jedinec. Některé jeho diploidní buňky pak podstoupí redukční dělení (meiózu) a dají vznik haploidní fázi cyklu – haploidním pohlavním buňkám (gametám). U většiny organismů s diplontickým životním cyklem je haploidní fáze velmi krátká, haploidní buňky se mitoticky *nedělí* a jejich hlavním úkolem je spojením s komplementární haploidní buňkou vytvořit zygotu – novou diploidní fázi. Jinak lze životní cyklus definovat jako průběh vývojových změn organismu od zygoty do dospělosti, kdy je organismus vyprodukovat jinou zygotu.

Životní cyklus pak představuje pořadí stádií nebo fází života organismu, počínaje jeho vznikem (početím, zrozením) a konče jeho reprodukcí a vznikem další generace. Jako *životní historii* (anglicky *life history*) označujeme způsob, jakým organismy svůj životní cyklus uskutečňují, zejména jakým prochází svou složitější, u živočichů a člověka diploidní fází. Tento způsob zahrnuje celkovou dobu existence diploidní fáze jedné generace (jednoho životního cyklu) a počet, délku, charakter a způsob návaznosti jednotlivých životních fází. Mimo biologii se pojem *životní historie* užívá též pro označení biografie člověka, většinou významných osobností.

Život mnohobuněčného organismu tak probíhá po trajektorii, která má pro každého jednotlivce předem danou posloupnost vývojových fází. Každá vývojová fáze představuje typický vzorec vývojových změn. Jednotlivé fáze se mezi sebou liší v míře, rychlosti a charakteru těchto změn. Pro každý biologický druh je tato posloupnost daná a je pro něho také typická délka jednotlivých fází. Přechod jednotlivých fází je dán více či méně výraznou změnou některé vlastnosti (např. přechod mezi výživou z placenty a kojením, prořezání trvalého chrupu, první menstruace).

Existují však nejen mezidruhové rozdíly v délce a složení životního cyklu, ale i rozdíly vnitrodruhové, představující podstatný zdroj vnitrodruhové variability. Změny v životním cyklu (délka fází, přidání nové fáze) patří ke způsobům adaptace organismů na změněné podmínky prostředí, evoluce organismů může probíhat právě změnou časování nebo počtu fází životního cyklu. Biologický druh bychom proto neměli chápat jako soubor dospělých jedinců, ale jako posloupnost životních cyklů, síťovitě mezi sebou propojených, tj. nikoliv organismus *s* životním cyklem, ale *organismus jako životní cyklus* (Bonner 1993, cit. Bogin 1999, s. 156). Evoluci nepodléhají dospělci, ale celé životní cykly; dospělec se svými vlastnostmi je výsledkem předchozích fází ontogenetického vývoje.

### **1.3. Růst a vývoj**

Podstatnou část diplontického životního cyklu z hlediska času i množství biologických procesů představuje *individuální růst a vývoj diploidní fáze*. Dvojice termínů *růst* a *vývoj* (případně *růst* a *maturace*, *růst* a *zránění*) jsou často používány spolu, protože vzájemně souvisí, neznamenají však totéž. *Růst* představuje *zvětšování velikosti* těla nebo jeho částí, což je zaznamenatelné v délkových rozměrech, hmotnosti, objemu či jiných mírách. Tyto změny je možno vyjádřit číselně a zobrazit například v grafech. *Vývoj* (anglicky *development*) je chápán širěji, jako postup změn, ať už kvantitativních nebo kvalitativních, kterými se organismus proměňuje z nediferencované a nezralé formy do formy vysoce specializované, zralé, dospělé (Bogin 1999, s. 18). Podle jiné z definic představuje vývoj člověka systematické změny jedince, které se odehrávají mezi početím a smrtí, od dělohy až do rakve (Sigelman, Rider 2009, s. 2).

*Maturace* je v tomto kontextu chápána z hlediska funkční kapacity, např. pohlavní maturace je dosažení plně funkční reprodukční soustavy, kosterní maturace je dosažení plně osifikovaného dospělého skeletu (Bogin 1999, s. 18).

Vývoj člověka je většinou studován ve třech hlavních oblastech:

1. *Tělesný (fyzický) vývoj.* Růst těla a jeho orgánů, fungování fyziologických systémů, tělesné projevy stárnutí aj.

2. *Kognitivní vývoj.* Změny ve smyslovém vnímání, řeči, učení, paměťových schopnostech, způsobu řešení problémů a jiných mentálních procesech.

3. *Psychosociální vývoj.* Změny v osobních a mezilidských aspektech vývoje, jako jsou motivace, emoce, znaky osobnosti, mezilidské vztahy a sociální role v rodině a širší společnosti (Sigelman, Rider 2009, s. 2).

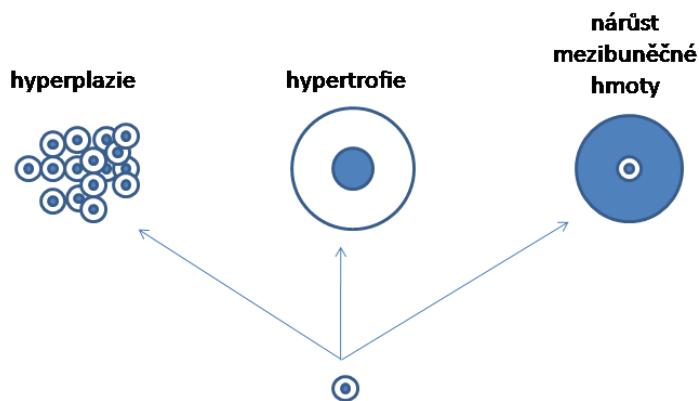
Tělesný a psychický vývoj člověka bývá tradičně chápán jako následnost tří hlavních období:

(1) období tělesného růstu do dosažení dospělosti;

(2) období dospělosti, kdy k výraznějším změnám nedochází;

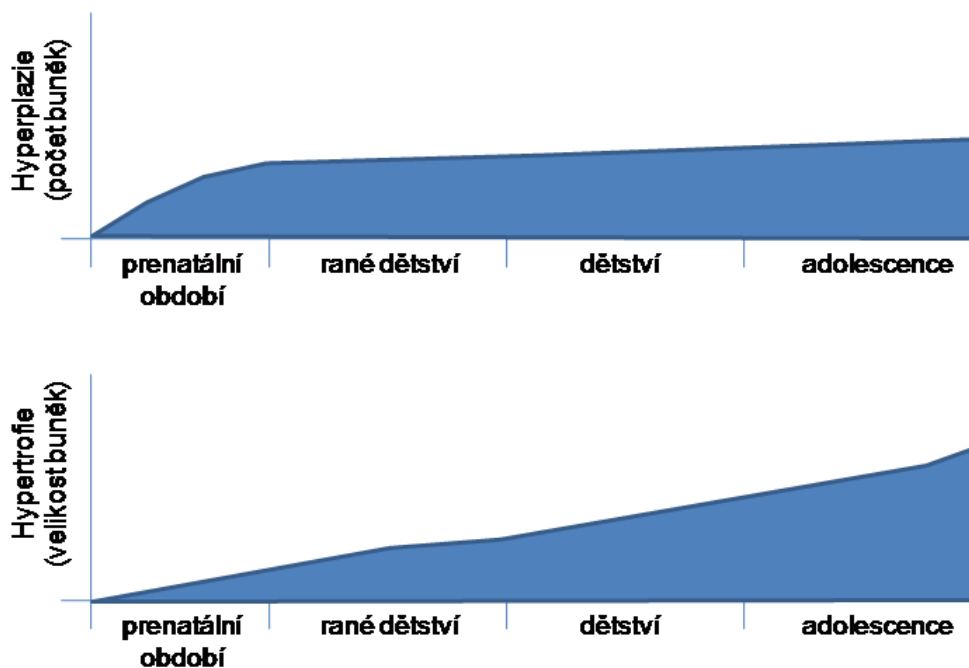
(3) období stárnutí, kdy dochází k regresi tělesných struktur, nevratně směřujících ke smrti.

V nejhrubších rysech biologických změn je tento tradiční pohled správný, v mnoha dílčích aspektech vývoje však nemusí odpovídat skutečnosti. V průběhu všech fází života lze najít změny z hlediska jedince pozitivní i negativní, zisky i ztráty (Sigelman, Rider 2009, s. 2).



Obr. 1.1. Tři základní mechanismy růstu na buněčné/tkáňové úrovni.

Růst mnohobuněčného těla je založen na procesech na buněčné a tkáňové úrovni (Obr. 1.1.). Uskutečňuje se třemi způsoby: (a) prostřednictvím *hyperplazie*, tj. zvětšení počtu buněk, (b) prostřednictvím *hypertrofie*, tj. zvětšením velikosti stávajících buněk a (c) nárůstem mezibuněčné hmoty (akrecí). Vzrůst počtu buněk je funkcí buněčného dělení, mitózy. Množení buněk je většinou provázeno jejich funkční a morfológickou diferenciací. Zvětšení buněk samotných se děje hromaděním specifických látek, které se buňce vytváří, např. proteinů nebo lipidů (Bogin 1999, s. 56). Mezibuněčná hmota může být jak organická tak i anorganická a je většinou produkována buňkami, se kterými pak vytváří komplexní (kompozitní) substanci žádoucích vlastností. Za veškeré kvantitativní biologické změny ve smyslu růstu jsou zodpovědné tyto tři procesy, růst lidského organismu se v různých fázích ontogeneze skládá z jejich různých poměrů (Obr. 1.2). Počet buněk z velké většiny určen již v prenatálním vývoji, v postnatálním období vzrůstá jen málo a množení buněk představuje převážně obnovování některých tkání. Růst hypertrofií se uplatňuje ve větší míře až do dospělosti. V poměru jednotlivých mechanismů růstu se mezi sebou liší i jednotlivé tkáně. Například při růstu a vývoji kostí se uplatňují všechny tři uvedené mechanismy.



Obr. 1.2. Změny v charakteru růstu hyperplazií a hypertrofií v průběhu postnatálního vývoje (upraveno podle Malina *et al.* 2004, s. 4).

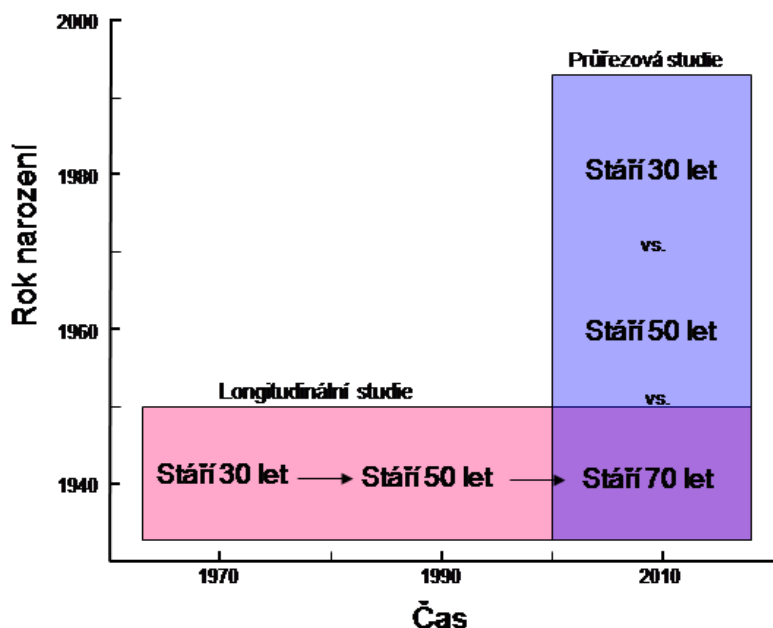
Tkáně lidského organismu z hlediska růstu a obnovování můžeme rozdělit do tří základních typů. *Obnovující se tkáně* jsou například krevní buňky a epidermis kůže. Nové buňky i v dospělosti neustále vznikají dělením zárodečných buněk (v případě epidermis jsou uloženy při *lamina basalis*). Dospělé/zralé buňky nejsou schopny mitózy a existují relativně krátce (erytrocyty okolo šesti týdnů). Nediferencované buňky jsou většinou v organismu rozmístěny v určitých zónách či kompartmentech, prostorově odděleny od oblastí zralých diferencovaných tkání (Bogin 1999, s. 56). *Expandující tkáně* představují jiný typ tkání, mezi které patří například játra a endokrinní žlázy. Jejich buňky si zachovávají mitotický potenciál i v diferencovaném stavu. Relativně velká část odňatých jater může být doplněna proliferací zbývajících buněk (cf. řecká báje o Prométheovi). Třetím typem tkání jsou *tkáně mitoticky statické*, kam patří nervová tkáň nebo svalová tkáň, která je jednou diferencovaná a nemůže růst hyperplazií.

Růst a vývoj člověka – dlouhověkého organismus se složitou sociální strukturou a kulturou – je obtížné studovat z několika důvodů. Prvním z nich je samotný fakt, že podstatou studovaného jevu je jeho *změna*. Změna velikosti, složitosti, tělesného složení, adaptivních strategií, limitů vzhledem k přírodním zákonům (např. termoregulace, viskozita prostředí aj.) a vnějšímu prostředí vůbec (imunita), způsobům výživy, aktivitám a zaměřenosti atd. To se týká např. změn v tělesné velikosti a komplexitě. Na počátku individuálního vývoje je jediná buňka (zygota), byť nadprůměrné o velikosti (u člověka je velikost vajíčka cca 80 – 150  $\mu\text{m}$  v průměru), na konci životního cyklu po proběhnutí přibližně  $2^{38}$  mitóz je reprodukce schopný komplexně uspořádaný organismus, který se skládá z přibližně  $10^{12}$  buněk (Bogin 1999, s. 18), diferencovaných do více než 200 odlišných buněčných typů. Biologické struktury v jednom období života mají jiné vlastnosti než v období navazujícím, takže lze obtížně metodicky uchopit jejich vzájemné srovnání. Ve vývojových schématech a grafech jsou předěly v místech největších kvalitativních změn (měření délky těla před a výšky postavy po ovládnutí chůze po dvou). Další potíží je čas. Na jedné straně máme velmi rychlé procesy v prvních fázích po oplození, na druhé straně trvají jednotlivé fáze života roky a desetiletí a je

zdlouhavé zaznamenat pozvolné změny, ke kterým v průběhu těchto období dochází. Jednotlivá období života člověka mají také svoje specifická omezení způsobů, kterými je lze studovat.

#### 1.4. Metody studia postnatálního růstu a vývoje člověka

Výsledky studia vývoje a růstu závisí na metodice – uspořádání (*design*) výzkumu a charakteru údajů, které se ke studiu vývojových změn používají. Jednou z forem růstových a vývojových studií je *průřezová studie* (transverzální studie, anglicky *cross-sectional design*). V průřezové studii srovnáváme vlastnosti či znaky lidí různých věkových skupin (kohort), zaznamenané ve stejném čase. U skupin dětí ve věku 4, 5, 6 a 7 let například naměříme výšku postavy nebo pomocí dotazníku zhodnotíme jazykové schopnosti, pro každou věkovou skupinu vypočítáme střední hodnotu (např. průměr) sledované vlastnosti a srovnáme, jak se mění její střední hodnoty mezi věkovými skupinami. Získáme tím informaci o *rozdílech mezi věkovými skupinami*. Druhou možností je *longitudinální studie* (dlouhodobá studie, anglicky *longitudinal design*), ve které se zaměříme na určitou skupinu lidí stejného věku (kohortu), kterou pak sledujeme dlouhodobě a vždy po určitém čase hodnotíme opakovaně v předem stanovených intervalech. Získáme tak představu, jak lidé sledované skupiny rostou, vyvíjí se a stárnou. V longitudinální studii tedy studujeme *skutečné růstové a vývojové změny*. Hlavní výhodou tohoto typu studie je možnost sledovat individuální vývoj každého jednotlivce a vytvářet *pravé růstové křivky*. Příkladem longitudinální studie je *Brněnská longitudinální studie* a *ELSPAC*.



Obr. 1.3. Rozdíl mezi longitudinální a průřezovou studií (upraveno podle Sigelman, Rider 2008, s. 21).

Z uspořádání studií vyplývají jejich metodické i meritorní výhody a nevýhody. Průřezová studie představuje rozdíly mezi odlišnými kohortami lidí. Původem zjištěných rozdílů nemusí být proto pouze věkové rozdíly, ale také jiné rozdíly mezi lidmi z různých kohort. Liší se totiž nejen věkem, ale narodili se také v jiné době, populace jejich rodičů byla poněkud jiná (mají odlišné genetické pozadí), byly na ně používány jiné společensky sdílené normy tělesného zatížení, výchovy, vzdělání, výživy, a byli také vystaveni odlišným vlivům

mikrobiálních patogenů a dostávalo se jim odlišné zdravotní péče. Vliv těchto rozdílů mezi lidmi různého věku se označuje jako *efekt kohorty*. Ve výsledcích průřezové studie se budou vždy rozdíly dané věkem kombinovat s rozdíly způsobenými kohortou. Příkladem efektu kohorty mohou být výsledky dřívějších studií, podle kterých dochází u člověka ve středním a vyšším věku k výrazné ztrátě intelektuálních schopností (funkcí). Ve skutečnosti byl výrazný pokles zjištěný průřezovými studiemi způsoben rozdílným zastoupením lidí s vyšším vzděláním. Ve starších věkových kategoriích byl menší podíl lidí s vyšším vzděláním oproti skupinám mladším, což pak vytvářelo dojem, že se intelekt s věkem výrazně snižuje (Siegelman, Rider 2008, s. 20-23). Podobně se v dnešní průřezové studii může zdát, že se od dospělosti do stáří snižuje výška postavy. V průběhu stárnutí sice k určitým involučním změnám těla (vč. skeletu a výšky postavy) dochází, hlavním zdrojem zjištěných rozdílů však jsou rozdíly mezi výškou postavy lidí narozených v polovině dvacátého století a lidí narozených na konci dvacátého století. Kromě toho průřezová studie není schopna zachytit vnitřní strukturu věkových změn ve studovaném vzorku; mají lidé s vyšší IQ nebo vyšším BMI v 10 letech oproti zbytku desetiletých také vyšší IQ a vyšší BMI ve dvaceti letech?

Výhodou průřezové studie je rychlost, menší náročnost na výzkumné zázemí a čas a také metodická konzistence (výzkum provedou stejní lidé, stejnou metodikou, stejnými měřidly). Výsledky jsou méně ovlivněny *efektem kohorty*, pokud se studují rozdíly mezi blízkými věkovými skupinami ve fázi vývoje, kdy dochází k rychlým změnám, např. 2, 3, 4 a 5leté děti mezi sebou. Naopak průřezová studie přes mnoho širokých věkových skupin (dvacetiletí až šedesátiletí) může být efektem kohorty výrazně ovlivněna (Siegelman, Rider 2008, s. 20-23). Při vhodně zvoleném výzkumném vzorku je možné v průřezové studii konstruovat tzv. nepravé růstové křivky, kdy se růstové parametry jednotlivých věkových skupin složí dohromady tak, aby jednotlivé věkové úseky navazovaly na sebe. Vznikne tak *průměrná nepravá růstová křivka*.

Longitudinální výzkum umožňuje sledovat, jak se dané vlastnosti mění s věkem a zda zůstává vnitřní struktura rozdílů mezi lidmi s věkem zachována. Kromě toho ukazuje, zda a jakým způsobem podmínky v dřívějších fázích života ovlivňují vlastnosti v pozdějších obdobích života, tj. jak jsou různé životní fáze vzájemně provázány. Zejména v sociologii a psychologii je problémem longitudinálních studií vývojových procesů skutečnost, že jsou vývojové změny vždy propojeny se změnami společenskými (politická situace, hospodářská situace, dobové názory a podobně). Pokud se v průběhu longitudinální studie zjistí mezi lidmi třicetiletými a padesátiletými změna ke zdravějšímu stravování a životnímu stylu, nemusí to být nutně výsledkem zákonitého vývojového procesu mezi 30 a 50 lety věku. Pravděpodobnější je, že lidé sledované kohorty zažili celospolečenskou změnu v přístupu k životnímu stylu (méně kalorická strava, ekologicky příznivé chování, odklon od kouření, vyšší tělesná aktivita aj.), která nijak primárně nesouvisí s jejich individuálním vývojem a stárnutím. Protože ale spolu s celou společností respektovali tento trend, ve svých padesáti letech žijí zdravěji, než žili ve svých třiceti letech. Z výsledků longitudinální vývojové/růstové studie proto nelze jednoznačně říci, do jaké míry představují výsledky změny univerzální pro všechny lidské populace a do jaké míry odráží jen příslušnou dobu a společenskou situaci (cf. Siegelman, Rider 2008, s. 22-23).

Longitudinální studie jsou velmi náročné na čas, finanční zdroje a v neposlední řadě závisí i na vytrvalosti a odhodlanosti řešitelského týmu. Mezi metodická úskalí longitudinálních studií patří neochota studovaných osob pokračovat dále ve studii a dodržovat naplánované fáze šetření. Kromě toho musí být metodika kompletně stanovena už na počátku výzkumu a musí být aplikována stejně v průběhu celého výzkumu. Vzhledem k tomu, že se v průběhu času vyvíjí technické prostředky (počítače, měřidla) i teoretický pohled na studovaný jev, počáteční přístupy časem nemusí plně vyhovovat nově nastoleným úkolům a tématům. Kromě toho se mění i lidé, kteří výzkum provádí. Longitudinální výzkum

založený na odpovědích sledovaných osob (dotazníky) může být ovlivněn opakovaným použitím stejných otázek u týchž osob.

Překonání omezení obou typů výzkumů umožňuje *sekvenční uspořádání*, které představuje několik longitudinálních výzkumů, které lze současně zpracovat i průřezově. Na základě takového uspořádání lze rozlišit skutečný vývojový trend nezávislý na kohortě, trendy související jen s určitou kohortou a konečně trendy ovlivňující stejným způsobem všechny kohorty a související s celospolečenskými změnami, nikoliv z individuálního vývoje sledovaných osob (Siegelman, Rider 2008, s. 23). Tento přístup ovšem kombinuje nejen výhody, ale i nároky obou dílčích přístupů.

### **1.5. Periodizace lidského života**

Periodizace lidského života závisí na tom, které znaky jsou k danému účelu podstatné, různé obory i autoři v rámci oborů se mohou lišit v detailech členění. Na hlavních fázích se však různí autoři i obory shodují. Větší shoda mezi různými periodizacemi přitom panuje v období růstu a vývoje do dosažení dospělosti. Za neostře vymezenými hranicemi mezi některými fázemi stojí pravděpodobně proměnlivost těchto přechodů a neostrý vztah biologického a kalendářního věku. Právě variabilita těchto přechodů naznačuje možný adaptivní význam rozdílů/změn v délce jednotlivých fází a přechodů mezi nimi.

Periodizace života podle vybraných autorů

Riegerová (1993):

První dětství 0 – 7 let

Druhé dětství 7 – 14(15) let

Dospělost

1. novorozenec: 0 – 28 dní (od přestřížení pupečníku po zahojení pupeční jizvy)
2. kojeneček: 2. – 12. měsíc (do prořezání prvního zubu)
3. batole: 1. – 3. rok (růst mléčného chrupu, motorický vývoj, ovládnutí chůze)
4. předškolní věk: 4. – 6. rok (první vytáhlost)
5. mladší školní věk: 6. (7.) – 11. rok (růst trvalého chrupu, první známky sekundárních pohlavních znaků)
6. starší školní věk: 11 – 15 let (dospívání, puberta)
7. dorostenecký věk: 15 – 18 let (adolescence)
8. plná dospělost: 18 – 30 let (zakládání rodiny, vrchol výkonnosti)
9. zralost: 30 – 45 let (psychické zrání, počátek stárnutí)
10. střední věk: 45 – 60 let (vrchol psychické výkonnosti, počátek stárnutí)
11. stárnutí: 60 – 75 let (involuční změny)
12. stáří 75 – 90 let (psychické i fyzické stařecké změny)
13. kmetský věk: nad 90 let

Prokopec (1967):

1. rané dětství: do 24. až 30. měsíce po narození

2. střední dětství: od 2,5 roku do 6–7 let

3. pozdní dětství: 7 let až nástup puberty

4. období dospívání: od nástupu puberty do 20–25 let

5. dospělost: od 20–25 let do 35 let

6. střední věk: od 45 do 59 let

7. stárnutí: od 60 do 74 let



8. vysoké stáří: od 75 do 89 let
9. kmetský věk: od 90 let výše

Langmeier a Krejčířová (2006):

1. oplození a vytvoření zárodku: první dva týdny od oplození
2. embryonální období: 4. – 12. týden
3. fetální období: 12. týden těhotenství až porod
4. novorozenecké období
5. kojenecké období: 1. rok života
6. batolecí období: 2. – 3. rok života
7. předškolní období: 3. – 5. rok
8. mladší školní: od 6 – 7 let do 11 – 12 let
9. období pubescence: od 11 do 15 let
10. období adolescence: od 15 do 22 let
11. časná dospělost: 20 – 25 – 30 let
12. střední dospělost: do 40 let
13. pozdní dospělost: do 60 – 65 let
14. stáří

Existence reálných (nearbitrárních, na metodice či oboru nezávislých) fází a jejich přechodů v životním cyklu člověka vyplývá ze souhry tělesných, kognitivních, behaviorálních a sociálních aspektů každé fáze, které teprve ve své provázanosti vytváří funkční celek. Dovolují rozlišit kořeny lidského životního cyklu v životním cyklu sociálních savců a primátů a také v něm vymezit fáze specifické pouze pro člověka. Na základě poznatků o evoluci životního cyklu člověka lze rozdělit fáze životního cyklu člověka takto (Bogin 1999, s. 55):

### **Prenatální život**

Oplození (fertilizace)

První trimestr – od oplození do 12. týdne. Probíhá embryogeneze.

Druhý trimestr – od 4. do 6. měsíce. Rychlý růst do délky.

Třetí trimestr – od 7. měsíce do porodu. Rychlý nárůst hmotnosti a dozrávání (maturace) orgánů.

### **Porod**

#### **Postnatální život**

Novorozenecké období – od porodu do 28 dní. Období největší rychlosti postnatálního růstu a maturace.

Rané dětství (Infancy) – od druhého měsíce postnatálního života do odstavu (obvykle okolo 36 měsíců). Rychlý růst a současně strmé snižování růstové rychlosti., výživa prostřednictvím kojení (laktace), prořezávání dočasných (mléčných) zubů, řada vývojových mezníků fyziologie, chování a vnímání.

Střední dětství (Childhood) – od 3. do 7. roku. Mírné tempo růstu, závislost na krmení dospělými, *mid-growth spurt*, prořezání první trvalé stoličky a řezáku, ukončení růstu mozku na konci fáze.

Pozdní dětství – juvenilní období (Juvenile) – od 7 do 10 let (dívky) resp. 12 let (chlapci). Pomalejší růstové tempo, schopni si sami krmit, kognitivní posun k učení se sociálním a ekonomickým schopnostem.

Puberta – na konci juvenilní fáze. Krátké období reaktivace mechanismu centrálního nervového řízení pohlavního systému, výrazný nárůst produkce pohlavních hormonů.

Adolescence – 5 až 8 let od nástupu puberty. Adolescentní růstový spurt výšky a hmotnosti, dokončení prožvání trvalého chrupu, vytvoření sekundárních pohlavních znaků, sociosexuální dozrávání, zvýšení zájmu o dospělé sociální, ekonomické a sexuální aktivity.

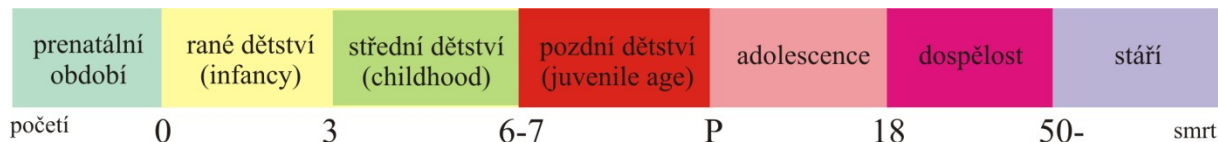
## Dospělost

Mladá léta a přechodné období – od 20 let do konce výchovy dětí. Homeostáza fyziologických funkcí, chování a kognitivních funkcí, menopauza u žen okolo 50 let.

Starší dospělost a stáří – od konce ukončení výchovy dětí do smrti. Pokles funkcí řady tělesných tkání a orgánů.

věk	Riegerová, Ulbrichová 1993	Prokopec 1976	Langmeier, Krejčířová 2006	Papalia, Wendkos Olds 1989	Piagetovy fáze kognitivního vývoje	vývojové mezníky		
1 měsíc	novorozenec	rané dětství	novorozenecké období	kojenecké a batolecí období	senzomotorická inteligence	porod		
6 m.	kojenec		kojenecké období			erupce dočasného chrupu		
12 m.	batole		batolecí období			ovládnutí chůze		
18 m.		3 r.		preoperační etapa				
2 roky	předškolní věk	střední dětství	předškolní období	rané dětství	etapa konkrétních operací	erupce dočasných chrupů		
3 r.			6 r.			erupce trvalého chrupu (I1-M2)		
6 r.	mladší školní věk	pozdní dětství	mladší školní období	pozdní dětství	etapa konkrétních operací	adrenarché		
9 r.	12 r.		období pubescence			nástup puberty dívky		
12 r.	starší školní věk	období dospívání	období adolescence	adolescence	etapa formálních operací	nástup puberty chlapci		
15 r.	dorostenecký věk					časná dospělost	mladá dospělost	vrchol fyzických sil
18 r.	21 r.					střední dospělost	střední věk	
21 r.	plná dospělost	dospělost	střední dospělost	střední věk	etapa formálních operací	výraznější stárnutí organismu a pokles fyzické výkonnosti		
30 r.	zralost		pozdní dospělost				pozdní dospělost	
40 r.	střední věk	střední věk	pozdní dospělost	střední věk	etapa formálních operací	výraznější stárnutí organismu a pokles fyzické výkonnosti		
50 r.	stáří						stáří	stáří
60 r.	stáří	vysoké stáří	stáří	pozdní dospělost	etapa formálních operací	výraznější stárnutí organismu a pokles fyzické výkonnosti		
70 r.	stáří						stáří	pozdní dospělost
80 r.	stáří	vysoké stáří	stáří	pozdní dospělost	etapa formálních operací	výraznější stárnutí organismu a pokles fyzické výkonnosti		
90 r.	kmetský věk						kmetský věk	pozdní dospělost

Obr. 1.4. Srovnání několika periodizací lidského života.



Obr. 1.5. Zjednodušené schéma ontogeneze člověka z pohledu teorie životní historie (0 – narození, P – dovršení puberty).

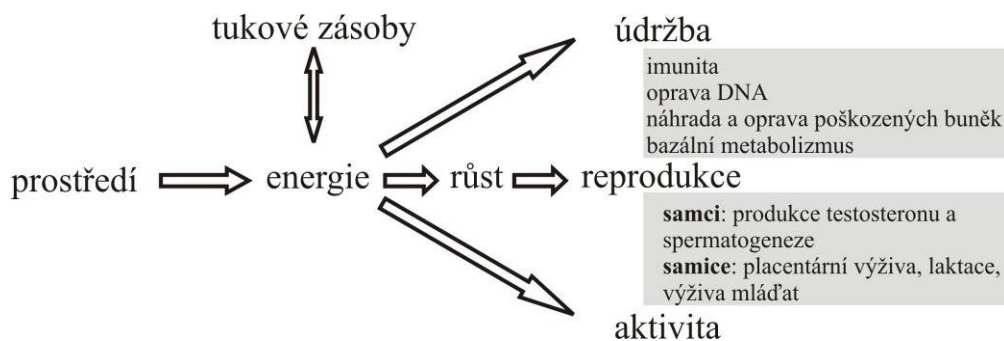
## 2. Životní historie

### 2.1. Životní historie a kompromisy

Většina diplontického životního cyklu co do času i množství biologických procesů představuje *individuální růst a vývoj diploidní fáze*. Životní cyklus pak představuje pořadí stádií nebo fází života organismu, počínaje jeho vnikem (početím, zrozením) a konče jeho reprodukcí a vznikem další generace. Jako *životní historii* (anglicky *life history*) označujeme způsob, jakým organismy uskutečňují svůj životní cyklus, zejména jakým prochází svou složitější, u živočichů a člověka diploidní fází. Tento způsob zahrnuje celkovou dobu existence diploidní fáze jedné generace (jednoho životního cyklu) a počet, charakter, délku a návaznost jednotlivých životních fází.

Život mnohobuněčného organismu tak probíhá po trajektorii, která má pro každého jednotlivce předem danou posloupnost vývojových fází. Každá vývojová fáze představuje typický vzorec vývojových procesů, z jejichž charakteru vyplývají nároky a úkoly, kterým musí v jejich průběhu dosáhnout. Jednotlivé fáze se mezi sebou liší v míře, rychlosti a charakteru změn. Přejchod jednotlivých fází je definován/určen podle výrazné změny některého vývojového procesu (např. přechod mezi výživou z placenty a kojením, prořezání trvalého chrupu, první menstruace aj.). Pro každý biologický druh je tato posloupnost daná a je pro něho také typická délka jednotlivých fází. Změny v životním cyklu (délka fází, přidání fáze) patří ke způsobům adaptace organismů na změněné podmínky prostředí a představují podstatný zdroj mezidruhové, ale i vnitrodruhové variability.

*Teorii životní historie* lze definovat jako studium strategií, které organismy užívají při přerozdělování času a energie do růstu, udržování mnohobuněčného těla, reprodukce a péče o potomky a unikání smrti mnohobuněčného těla (Bogin 1999, s. 154). Teorie životní historie v současné době představuje rámec pro testování hypotéz v biologii, psychologii, vývojové antropologii a jiných disciplínách.



Obr. 2.1. Energetický rozpočet organismu podle teorie životní historie. Upraveno podle: Kuzawa 2005, s. 7.

Zdroje potravy, surovin pro stavbu úkrytu, množství sexuálních partnerů a jiné pro život nezbytné zdroje, jsou v každém prostředí omezené. Stejně tak je omezen i čas, který má každý organismus pro život k dispozici. Čas, úsilí, energie a zdroje použité v jedné oblasti nutně snižují množství těchto komodit, které může organismus využít pro účel jiný. Každý organismus je proto v průběhu života vystaven volbám ohledně přerozdělování dostupných zdrojů do vzájemně konkurenčních oblastí – reprodukce nebo zvyšování šance na další přežití (růst, vývoj, reprodukce, udržování těla). Je tak vystaven nutnosti přerozdělovat zdroje do vzájemně soupeřících oblastí života a toto přerozdělování má často povahu kompromisu (něco za něco, anglicky: *trade off*). O kompromis se jedná v případě kdy investice do jedné oblasti má negativní vliv na oblast druhou (např. znak zvyšující fertilitu zvýšenou mírou páření má na druhé straně negativní vliv na přežití, protože klade zvýšené nároky na imunitní systém), investice mají odlišný vliv na stejnou složku fitness v různé době (např. alokace zdrojů do růstu snižuje fertilitu v nízkém věku, ale zvyšuje ji v pozdějších fázích života) a investice mají protichůdný vliv na vlastní fitness a fitness potomků (např. alokace do potomstva zvyšuje jejich plodnost, ale naopak snižuje plodnost organismu samotného).

Jedním z omezení společným všem živočichům je omezení časové, tedy délka života. Ta závisí na řadě faktorů mezi jinými rychlosti stárnutí, ale také schopnosti odvrátit hrozbu predátorů (investice do růstu), odolat infekčním chorobám (imunita). Čas je omezen, proto pokud je investován do jedné aktivity (např. sexuální chování), musí být omezeny aktivity jiné (shánění potravy). Kompromisy se proto týkají ve velké míře také přerozdělování zdrojů do jednotlivých životních fází, každý organismus má jinou životní strategii. Životní strategii si organismus sám nevybírá. Je mu vnucena konkrétními vnějšími a vnitřními omezeními, na které reaguje z jeho pohledu v dané fázi *optimální alokací zdrojů* (z hlediska celkové reprodukční úspěšnosti). Optimální alokace zdrojů přitom závisí na etapě života (optimální alokace zdrojů dětského organismu se liší od organismu dospělého), stavu organismu (nemocný organismus má jiné priority než zdravý), ekologických faktorech (alokace zdrojů ve stabilním prostředí vs. alokace v prostředí vysoce proměnlivém) a mnoha dalších okolnostech. Rozdíly v přerozdělování zdrojů se projeví rozdílnými parametry životního cyklu, jako jsou (u savců) rychlost prenatalního růstu, věk odstavu, věk pohlavní dospělosti, velikost těla v dospělosti, věkově specifická mortalita, věkově specifická fekundita, věk první sexuální aktivity, věk první reprodukce, délka gestace, velikost vrhu, interval mezi sousedními porody, poměr pohlaví potomstva, celková délka života aj. Optimální nastavení těchto parametrů výrazně ovlivňuje biologickou zdatnost organismu, potažmo biodemografii populace.

V životním cyklu savců najdeme tři nejdůležitější formy kompromisů:

#### 1) Reprodukce teď nebo v budoucnu?

Organismus stojí před rozhodnutím, zda věnovat momentálně dostupné prostředky do produkce potomstva, nebo do „sebe-rozvíjejících aktivit“, které mohou zvýšit jeho reprodukční úspěch v budoucnu, resp. v jakém poměru bude do těchto dvou oblastí investovat. Například alokace zdrojů do *růstu* (velikosti těla) může zvýšit energetickou účinnost metabolismu, snížit ohrožení predátory (prodlužovat život) a také zvýšit šance organismu v intrasexuální kompetici (při získání pohlavního partnera). Na druhé straně není jisté, zda budou moci být tyto výhody v budoucnu uplatněny. Nemusí se jednat pouze o velikostní růst, ale o vše, co zvyšuje naději na přežití a budoucí reprodukční úspěch. U člověka a vyšších primátů jde například o investice do mozku, učení nebo investice do imunitního systému (Bogin et al. 2007). Z tohoto důvodu prochází některé organismy juvenilní fází, ve které jsou veškeré investice alokovány do osobního rozvoje a teprve když je tělo dostatečně vyvinuté tak, že se investice do reprodukce vyplatí více než další růst, přechází do reprodukční fáze života. Organismy, které se reprodukují vícekrát za život, včetně

člověka, pak i nadále neinvestují pouze do reprodukce, ale také do udržování vlastního těla tak, aby bylo schopné přežít a v budoucnu rozmnožování opakovat (Bogin et al. 2007). Proto se organismům, které jsou pod velkým tlakem ze strany predátorů, více vyplatí dospět a rozmnožovat se co nejdříve to je možné, zatímco organismy neohrožované výrazně predátory mohou (z hlediska toho konkrétního typu kompromisu) investovat do svého růstu dlouhodoběji a odsunout reprodukci na pozdější dobu. V rizikovém a nejistém prostředí je výhodnější dospět a rozmnožovat se co nejdříve. U člověka je např. známo, že dívky, jejichž matky trpěly v době těhotenství nedostatkem živin, dospívají dříve (Bogin et al. 2007).

### 2) Kvantita nebo kvalita potomků?

Se vzrůstajícím počtem potomků klesá množství zdrojů, které mohou být do každého z nich investovány. Pokud na množství zdrojů závisí přežití a reprodukční úspěšnost potomků, existuje optimum mezi počtem potomků a množstvím zdrojů pro každého z nich, které maximalizuje reprodukční úspěšnost rodičovského páru. Tento kompromis můžeme chápat jako rozhodování mezi investicí do množství potomků nebo do jejich kvality (tj. schopnosti potomka dožít se dospělosti a rozmnožit se).

### 3) Další páření nebo péče o stávající potomstvo?

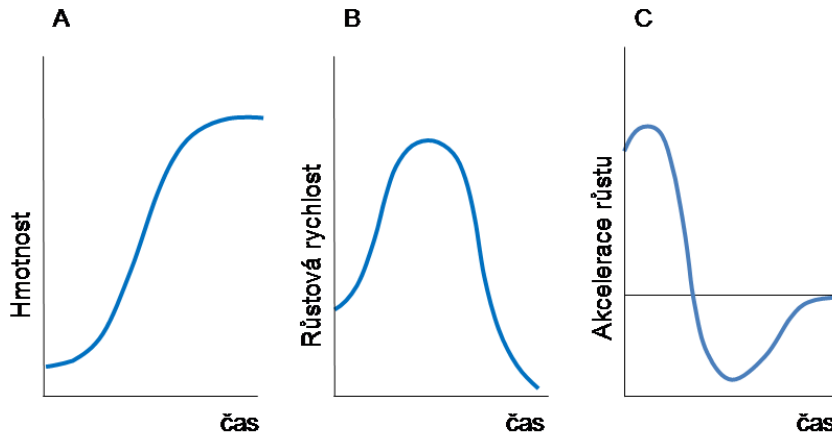
Další potomstvo omezuje zdroje, které by mohly být investovány do již žijících potomků a tedy jejich budoucí úspěšnost.

## **2.2. Růst a životní historie savců a člověka**

Srovnáme-li různé organismy mezi sebou, liší se výrazně ve velikosti těla a jeho složitosti. Většina mořských bezobratlých živočichů produkuje do prostředí velké množství vajíček nebo larev. Nižší obratlovci už projevují větší rodičovské investice: díky výživě, kterou poskytují rodiče, se mláďatům vytvoří velký mozek a další orgánové soustavy, ještě dříve, než se o sebe dokážou postarat sama. Suchozemští čtyřnožci osídlili proměnlivější a nepříznivější prostředí než jejich vodní předchůdci. Každé mládě se musí naučit chodit a obstarat si potravu, než se stane na rodičích nezávislým. To klade ještě vyšší nároky na rozvoje nervové a pohybové soustavy a výsledkem je zpomalení individuálního vývoje a další omezení počtu potomků vyprodukovaných každou samicí. Strategie savců zvyšuje úroveň metabolismu a toleranci k proměnlivosti prostředí. S tím je spojený velký a energeticky náročný mozek, složité chování a potřeba velkého přísunu energie. Savci rostou ještě pomaleji, mnohem více investují do svých potomků a produkují jich méně. Nejvíce je tento trend rozvinutý u velkých sociálních savců a primátů (Langdon 2005, s. 275-276).

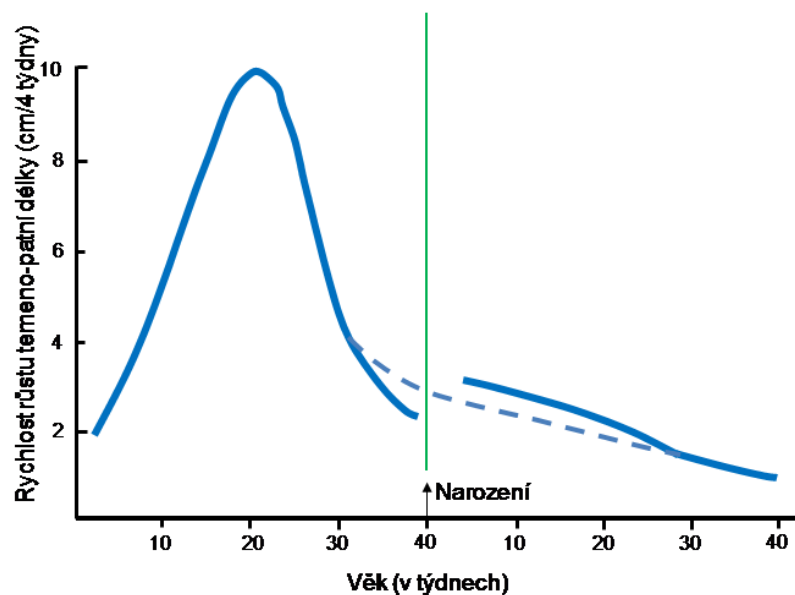
U člověka lze rozlišit pět specifických znaků, kterými jsou (1) bipedie, (2) velký koncový mozek, (3) redukovaný přední chrup a dominance stoliček, (4) materiální kultura a (5) specifická reprodukce a sexuální chování. Všech těchto vlastností člověk dosahuje v průběhu svého neobvyklého individuálního růstu a vývoje (Bogin 1999, s. 98). Životní historie je u člověka komplikovaná sekvence fází, které lze v obecných rysech hodnotit ve srovnání s ostatními savci a obratlovci.

Rozdíl mezi individuálním vývojem člověka a ostatních organismů lze dobře demonstrovat na růstu těla pomocí srovnání růstových křivek. Růstová křivka představuje grafické znázornění kvantitativních změn vzdálenosti, růstové rychlosti nebo akcelerace rychlosti růstu (Obr. 2.2). Většina organismů, bez ohledu na velikost těla, délku života či fylogenetický původ sdílí stejnou *sigmoidální růstovou křivku*, kterou lze popsat jednoduchou matematickou rovnicí.



Obr. 2.2. Základní sigmoidální (esovitá) růstová křivka hmotnosti (A), křivka růstové rychlosti (B) a křivka akcelerace růstu (C). Matematicky jsou B a C první a druhou derivací A.

Na základě takového modelu růstu pro kuřata lze dobře předpovědět dynamiku růstu například u skotu nebo myši (Bogin 1999, s. 100). Pouze dočasné omezení růstu, např. bariéra skořápky vejce při líhnutí z vajec u ptáků nebo omezení růstu člověka v děloze v určité době před porodem může narušit plynulost růstové křivky. Po odstranění překážky je ztráta rychle doplněna a růst se vrací do původní trajektorie (obr. 2.3.).

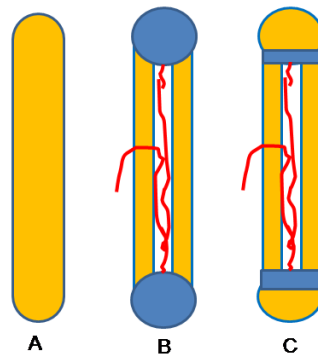


Obr. 2.3. Křivka rychlosti růstu temeno-patní délky v prenatálním období a navazujícím období postnatálním u člověka. Rychlost před porodem je snížena, křivka zdnalivě narušena, po porodu se však vrací do původní trajektorie.

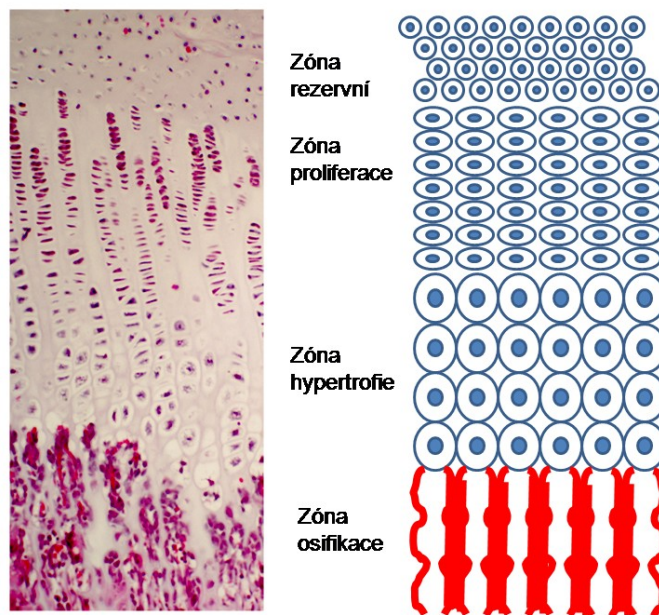
Výjimku z pravidla jednoduché sigmoidální růstové křivky tvoří velcí sociální savci a člověk, u kterých je modelování růstu mnohem obtížnější.

Růst savců se od růstu ostatních obratlovců liší jednak kvůli *lokomoci* a jednak z důvodu *reprodukce*. U většiny živočichů souvisí pohyb se skeletem. Kostra umožňuje

připojení svalů a změny jejich vzájemné polohy, umožňující pohyb. Kromě toho, že kostra poskytuje oporu při pohybu, umožňuje rovněž růst těla. Kostí ryb rostou periostální depozicí na celém svém povrchu. Jak ryba roste, neroste jen do délky, ale také do šířky a do výšky. Ve vodě si může tento neukončený růst dovolit. U vyšších obratlovců (obojživelníků) se vyvinuly chrupavčité epifýzy na koncích dlouhých kostí končetin. Udržením chrupavčitého stavu epifýzy může kost růst stále do délky (obr. 2.4.). Další inovací obojživelníků byla dřevná dutina, která umožňovala dostatečnou výživu obou konců kosti. Nejvýznamnější inovaci však přinesli plazi – chrupavčitou růstovou ploténku (obr. 2.5.).



Obr. 2.4. Model kosti ryby (A), obojživelníka (B) a plaza a savce (C).



Obr. 2.5. Růstová ploténka (savci).

Chrupavčitá epifýza obojživelníky limitovala v růstu, protože nikdy nemohla poskytnout dostatečnou oporu většímu tělu. Až plazí model kostěné diafýzy, chrupavčité růstové zóny (růstové ploténky) a pevné kostěné epifýzy umožnil plazům v éře dinosaurů dosahovat gigantických rozměrů. Systém založený na růstových zónách umožňuje jak rychlý růst v časném věku, tak i ukončení růstu, když je to nezbytné, čehož plně využili savci. U ryb, obojživelníků a některých plazů růst nikdy nekončí a pokračuje i po dosažení pohlavní dospělosti. Pro savce je však neustálý růst nevhodný, protože ho musí omezit v důsledku reprodukce. Rozmnožování savců je náročné na zdroje látek a energie, zvláště to platí pro



samice. Vzhledem k omezeným zdrojům a výrazné rodičovské investici není možné v reprodukčním období omezovat svoje zdroje určené vyvíjejícímu se plodu kvůli dalšímu růstu vlastního těla. Savci tedy omezili růst na časné fáze života organismu. To jim umožňuje nejprve intenzivně investovat do svého vlastního vývoje a růstu, poté *růst ukončit* a investovat intenzivně do reprodukce a vývoje a růstu svých potomků. V té době již savec, kromě reprodukce, investuje pouze do udržení svého těla. *Homoiothermie* (autoregulace stálé teploty těla) a intenzivní metabolismus savců však vyžaduje dostatečný a pravidelný přísun potravy, k čemuž je zapotřebí velmi efektivní lokomoce. Pro zajištění všech funkcí lokomočního aparátu se u savců rozvinula schopnost neustálé remodelace kostí v závislosti na aktuálních biomechanických potřebách, v průběhu růstu i v dospělosti.

Rodičovská péče se vyvinula nezávisle u mnoha skupin živočichů a ve všech třídách obratlovců (ryby, obojživelníci, plazi, ptáci, savci). Savci však rozvinuli rodičovskou péči v oblasti fyziologie a chování v míře, která všechny ostatní skupiny překračuje. Na rozdíl od ostatních živočichů, u placentálních savců probíhá rodičovská péče jako konstantně propojený *blok adaptací*, sestávající z vnitřní fertilizace, placentace a laktace (Bogin 1999, s. 107-109). Každý z těchto znaků má přímý vztah k růstu. Placentace a laktace sice váže matku nevyhnutelně k plodu resp. mláděti, na druhou stranu umožňuje poměrně kontinuální přísun živin a stabilní prostředí pro vývoj mláděte, kamkoliv se matka přemístí.

Růst plodu v děloze matky je limitován (a) schopností/kapacitou dělohy a placenty transportovat látky z těla matky do těla plodu a zpět a (b) mechanickým (velikostním) omezením dělohy a velikostí porodního kanálu. U vyšších primátů s efektivní hemochoriální placentou se mohou vyvíjet potomci s větším mozkem než u primátů nižších. V okamžiku, kdy je plod již dostatečně vyvinutý (nebo jeho růstu již nedostačují podmínky v děloze), dochází k porodu a výživu plodu přebírá *laktace*. Mateřské mléko se u jednotlivých druhů liší v závislosti na energetických nárocích kladených na kojence; u savců žijících v chladnějších podmínkách obsahuje větší množství tuku. Laktace dále vyžadovala vytvoření *silné vazby matky a potomka*. Potomek je na matce absolutně závislý po stránce výživy, ale i stránkách jiných. Potomek musí umět dát najevo svoje potřeby, matka (v dalších fázích života i jiní členové skupiny) musí těmto signálům rozumět. Součástí životní historie a růstové křivky všech savců se stává *stádium mláděte* (období anglicky označované *infancy*), kdy dochází k rychlému a efektivnímu růstu zejména hlavy (mozku, čelistí a chrupu). Hlavním cílem tohoto období je co nejrychleji dorůst co největšího podílu dospělé velikosti. Zvláště pak jde o to získat funkční chrup, který umožní odstav a přechod na dospělou stravu.

U mnoha druhů savců nastupuje velmi krátce po odstavu již pohlavní dospělost, kdy musí být jedinec schopen sám se živit, chránit se před predátory, vyhledat pohlavního partnera, reprodukovat a starat se o potomky až do jejich reprodukčního věku. Způsob, jakým jsou savci schopni se s těmito úkoly vyrovnat, představuje velký mozek, který jim poskytuje velkou kapacitu učení a flexibilitu v chování. U velkých a sociálních savců ovšem období laktace z hlediska uvedených nároků zdaleka nedostačuje pro dosažení dospělosti. Proto se v životním cyklu objevuje nová fáze, ve které již jedinec není závislý na laktaci (krmí se relativně samostatně), ale ještě není pohlavně dospělý. Hovoříme o *juvenilní fázi*. Existenci této fáze vysvětluje *hypotéza učení*, podle které jde o adaptaci na přípravu k složitému sociálnímu životu dospělého, fázi intenzivního vyžívání mozku. Další hypotézou vysvětlující existenci juvenilní fáze v životní historii savců je *hypotéza vyhýbání se ekologickým rizikům*, podle které zpomalený růst omezuje rizika úmrtí z důvodu nedostatku potravy. Třetí pak je *hypotéza dominance*, podle které mohou vysoce sociálně postavení jedinci přímým sociálním vlivem nebo kompeticí o potravu inhibovat reprodukční dozrání nedospělců. Sociální prostředí poskytuje juvenilním jedincům relativní ochranu před predátory. Na druhou stranu je ale juvenilní jedinec brzy po odstavu ještě v mnoha ohledech méně schopný než jsou dospělí, pokud se tyto schopnosti získávají časem učním. Dospělí dané skupiny tedy mohou pro



juvenilní jedince z hlediska získávání potravy představovat konkurenční prostředí. Účelem juvenilní fáze je po odstavu přežít do dospělosti a v dospělosti dosáhnout co nejvýhodnějších vlastností a schopností (Bogin 1999, s. 123). Juvenilní jedinec tedy omezí růst a získává nezbytné zkušenosti a schopnosti, aby se vyrovnal dospělým. Juvenilní fáze je tedy obdobím *zpomaleného růstu a intenzivního učení*.

V životní historii primátů a člověka se objevuje ještě další fáze – adolescentní. Jde o období, kdy je jedinec již schopen produkce pohlavních buněk, ale ještě není zcela dospělý po fyzické, kognitivní a sociální stránce. U ostatních primátů se v období adolescence může objevit další vrchol růstu hmotnosti. V hmotnostní křivce samců šimpanzů najdeme výrazné zrychlení růstu hmotnosti (tuk, svalovina), zatímco u samic je mnohem menší. U paviánů bylo zaznamenáno pouze u samců a nikoliv u samic. Nenajdeme u nich však adolescentní růstový spurt výšky těla (skeletu v růstových chrupavkách), jehož rychlostní křivka má jediný vrchol, jasně vyčnívající nad výkyvy předcházejícího a následného období, specifický pouze pro člověka (Bogin 1999, s. 130-152).

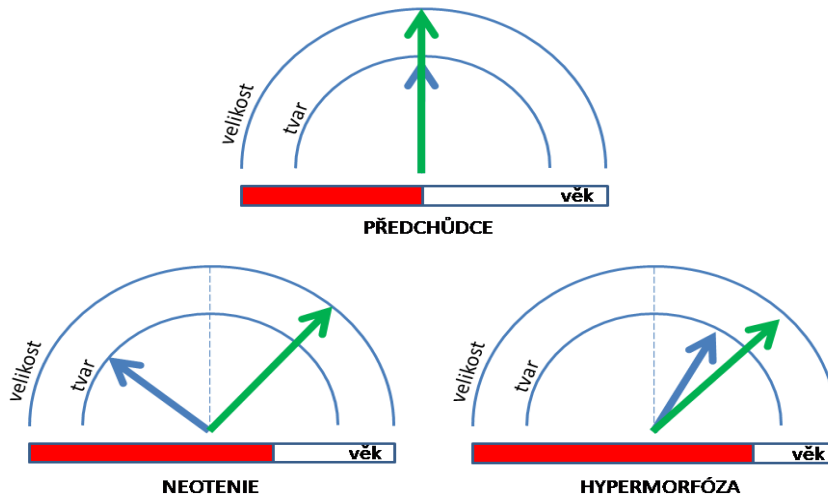
V životní historii savce od početí do dosažení pohlavní dospělosti lze rozlišit šest fází: fetus, infant, juvenilní období, adolescentní fáze, dospělost a postreprodukční období. Lidoopi prodloužili každou z těchto fází života a lidé tento trend rozvinuli nejvíce. Životní historie člověka a také jeho růstová křivka vychází v základních rysech z životní historie savců a vyšších primátů. U člověka došlo ke specifickým změnám v délce a charakteru některých fází a objevily se fáze nové.

### **2.3. Heterochronie v evoluci člověka**

Za jeden důležitých mechanismů, kterým k těmto změnám u člověka došlo, je považována *heterochronie* – proces, při kterém u fylogenetických nástupců dojde ke změně rychlosti vývoje znaků přítomných u jejich fylogenetických předchůdců. Ve své práci *Ontogeny and Phylogeny* (1977) S. J. Gould uvádí, že k evoluci dochází, když je ontogeneze změněna jedním z těchto způsobů: (a) pokud je v některé vývojové fázi zaveden nový znak nebo (b) znaky již přítomné změni časování svého vývoje.

S. J. Gould se domníval, že za evolucí člověka stojí *neotenie* (Bogin 1999, s. 156), kdy si dospělí jedinci uchovávají juvenilní znaky svých fylogenetických předchůdců. Ontogenetický vývoj (somatických znaků) *zpomalí* a dospělec připomíná mládě svých fylogenetických předchůdců. K velkým „jednofaktorovým hypotézám“ (člověk – lovcí lidoop, člověk – lidoop s velkým mozkem, člověk – lidoop sdílející potravu) se tak přidala další: člověk – *neotenní lidoop*.

Gould popsal neotennii *modelem hodin*, které mají dvě ručičky, jednu pro „ciferník“ velikosti a druhou pro ciferník tvaru, hodiny jsou položeny na kalendáři, který ukazuje čas ve formě času biologické (sexuální) maturace. Lze je použít pro srovnání ontogeneze fylogenetických předků a potomků. Přitom velikost, tvar a rychlost maturace jsou oddělitelné a každý z těchto aspektů se v evoluci vyvíjí samostatně. U člověka se ručička velikosti oproti fylogenetickým předchůdcům posunula směrem doprava, člověk má větší tělo a ještě více mozek. Kalendář maturace se také posunul o něco doprava, člověk pravděpodobně dozrává o něco později než naši předchůdci. Oproti tomu ručička tvaru se posunula poněkud doleva od ancestrálního stavu, což znamená, že v době pohlavní maturace si člověk zachovává tvary mládřat svých fylogenetických předchůdců – velkou zaoblenou mozkovnu, malé čelisti, plochý obličej (Bogin 1999, s. 161).

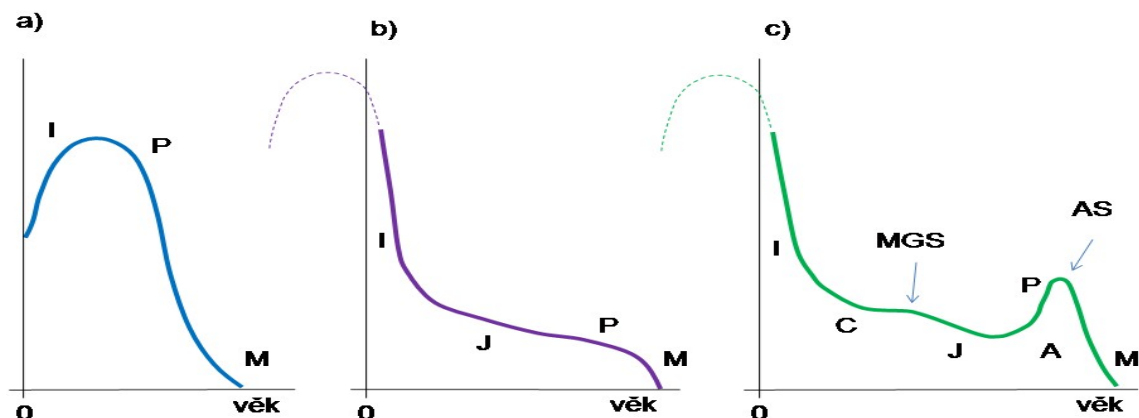


Obr. 2.6. Hodiny heterochronie S. J. Goulda. Stav o fylogenetického předchůdce a potomka, vývoj mechanismem neotenie (vlevo) a mechanismem hypermorfózy (vpravo).

Popularizace koncepce neotenie umožnila její přijetí řadou vědních oborů a neotenie je považována za proces, který vedl k lidské schopnosti užívat jazyka, lidské hravosti; demence je psychiatry považována za poruchu neotenie, sexuální přitažlivost ženského obličeje je chápána jako důsledek jeho výraznější neotenie, dokonce neotenie měla být tím procesem, který umožnil vývoj celé lidské kultury a zvláště náboženství (cf. Bogin 1999, s. 161).

Jiným procesem heterochronie, který se měl uplatňovat v evoluci člověka je *hypermorfóza*. Na rozdíl od neotenie, kde jde o změnu vývojové *rychlosti*, se jedná o prodloužení *času* růstu a vývoje (od početí do pohlavní dospělosti) nad dobu uplatňující se u fylogenetického předchůdce. Fylogenetický nástupce pak má výraznější znaky dospělosti – je „dospělejší“ než jeho předchůdce. Uplatnění hypermorfózy v evoluci člověka rozpracovali Michael McKinney a Kenneth McNamara v práci *Heterochrony: The Evolution of Ontogeny* (1991). Hypermorfóza je podle nich nejlepším vysvětlením lidských znaků, jako je velká tělesná velikost, velký mozek, dlouhé období učení a celkově dlouhý život (Bogin 1999, s. 162). Řada z těch znaků, které Gould vysvětluje na základě neotenie, mohly podle těchto autorů vzniknout mechanismem hypermorfózy.

Význam heterochronie v evoluci člověka byl v posledních letech podroben kritice. V současné době je zřejmé, že lidská životní historie je komplexní a obsahuje nové fáze (dětství, adolescence), které v této formě nenajdeme u žádného jiného primáta. Oproti dnešním lidoopům došlo u člověka jak ke změnám celkové doby růstu a vývoje, tak ke změnám rychlosti vývoje v jednotlivých fázích životního cyklu. Přitom jsou jednotlivé části těla těmito procesy ovlivněny různě a několikrát se v průběhu růstu změní, takže je nelze jednoduše předpovědět z předcházejících. Lidského ontogeneze pravděpodobně představuje výsledek řady různých heterochronních procesů. Žádný jednoduchý a pro celý organismus platný proces (ani neotenie ani hypermorfóza) není schopen odlišnosti člověka od lidoopů ani specifika lidské životní historie uspokojivě vysvětlit. Svůj samostatný adaptivní význam bude mít pravděpodobně každá dále uvedená změna životní historie.



Obr. 2.6. Srovnání tří modelových růstových rychlostních křivek obecného savce (a), sociálního savce (b) a člověka (c). Symboly představují fáze a události: I – mládě (infancy), P – puberta, M – dospělost, J – juvenilní věk, C – dětství (childhood), A – adolescence, MGS – růstový spurt středního dětství (Mid-growth Spurt), AS – adolescentní/pubertální růstový spurt.

Mitteroecker *et al.* (2004) studovali ontogenetické trajektorie tvaru lebek u pěti druhů primátů (lidoopů a člověka). Alometrické tvarové změny (size - shape space, tvar se mění spolu s velikostí) začínají u lidoopů od společného počátku a průběhu ontogeneze se od sebe velikostně i tvarově vzdalují (jak co se týče alometrické tvarové změny, tak reziduálního nealometrického tvaru), zatímco člověk je od ostatních oddělen už od samého počátku (od narození), takže základní rozdíly v kraniofaciální morfologii mezi člověkem a lidoopy se vytváří již v časně ontogenezi nelze je vysvětlit pouhou čistou heterochronií ontogeneze lidoopů.

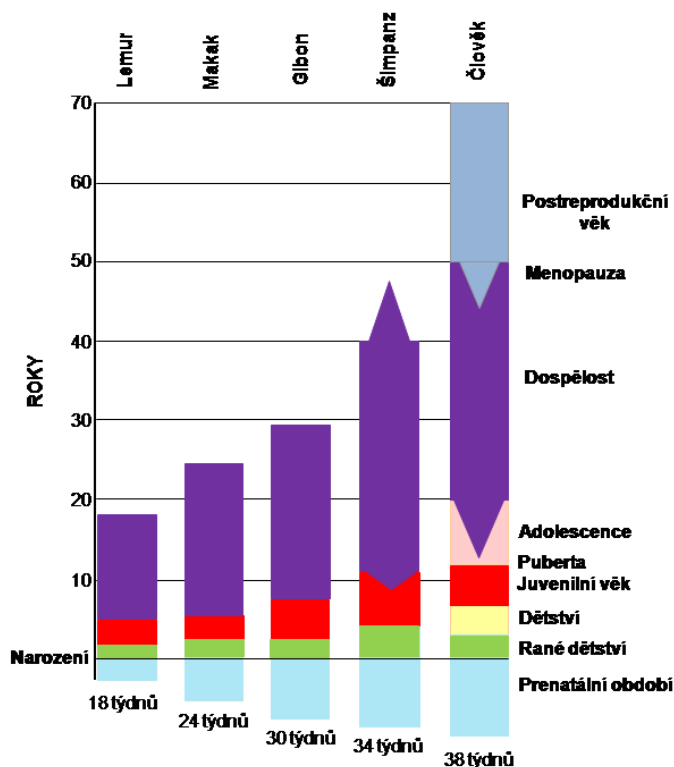
Jedním z řady argumentů proti možnosti vzniku typicky lidské životní historie jednoduchou heterochronií ze stavu u ancestrálního sociálního hominida je fakt, že růstovou křivku člověka (obr. 2.6) nelze modelovat jedinou jednoduše matematicky definovanou křivkou (Bogin 1999, s. 171).

Životní historie člověka (obr. 2.7) je charakteristická následujícími změnami:

(1) *Porod relativně nezralého novorozence.* Ať už je tomu z důvodu limitů kapacity placenty nebo velikosti porodního kanálu (obojí vysvětlení zdá se má svoje opodstatnění), člověk se rodí v době, kdy jeho mozek činí cca 25% dospělé velikosti (oproti šimpanzovi, kde je to cca 47%) a po narození dále pokračuje v rychlém růstu. Lidský novorozenec je proto v mnoha ohledech nezralý a pokračuje v „prenatálním“ vývoji a růstu (s kratší diskontinuitou okolo porodu) ještě asi rok po narození.

(2) *Specifická fáze dětství (childhood).* U ostatních savců po fázi raného dětství (infancy, kojení) následuje odstav, po němž jedinec buď rychle dosáhne dospělosti, nebo (u sociálních

savců) následuje období juvenilního zpomalení a učení. U člověka dochází v populacích s přirozenou fertilitou k odstavu přibližně v 36 měsících. Stejně jako ostatní savci přijímá první nemléčnou stravu, když dosáhne přibližně 2,1 násobku porodní hmotnosti. Doba odstava zpravidla odpovídá prořezání dočasného chrupu. Na rozdíl od ostatních savců však dítě po dostavu nedokáže svými mléčnými zuby a drobnými čelistmi plnohodnotně zpracovat dospělou stravu, a i když není kojeno, je plně závislé na odstavné stravě, upravené dospělými. Strava musí být nejen vhodně upravená, ale také koncentrovaná, protože dítě má relativně krátký trávicí systém. Kromě potravy je dítě závislé v mnoha dalších ohledech (teplo, ochrana, hygiena aj.), takže věk dětství není lidský jedinec schopen přežít bez přímé pomoci starších. (Příběhy o „vlčích dětech“ nebo „dětech ulice“ jsou ve skutečnosti příběhy o juvenilních jedincích, nikoliv o dětech předškolního věku.) Schopnost samostatné existence získá člověk až po prořezání trvalých stoliček na konci tohoto období.



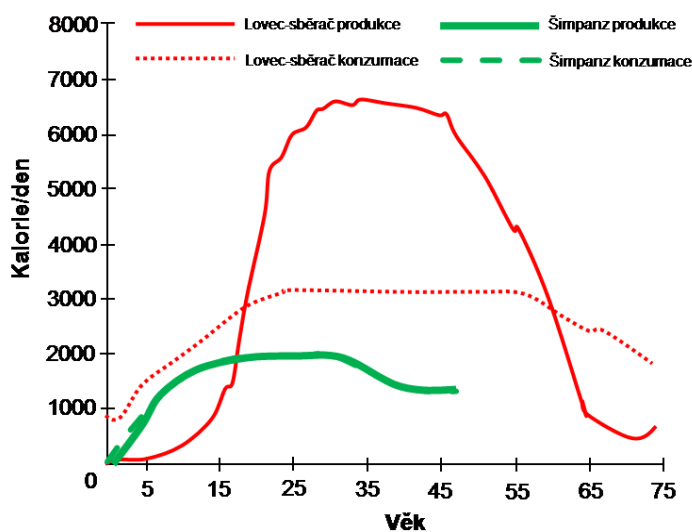
Obr. 2.7. Srovnání životní historie lemura, makaka, gibona, šimpanze a člověka.

(3) *Adrenarche*. Konec dětství (childhood) a jeho přechod v juvenilní fázi se vyznačuje vzestupem sekrece androgenů nadledviny (zejména dehydroepiandrosteronu, DHEA), označované jako adrenarche. Tyto hormonální změny pravděpodobně souvisí s mírným urychlením růstu, které se označuje jako růstové urychlení středního dětství (Mid-Growth Spurt), které nejsou příliš významné. Pravděpodobně však souvisí s výraznými změnami v kognitivních a psychosociálních schopnostech, ke kterým dochází

(4) *Adolescence*. Dosažením pohlavní dospělosti (pubertou: menarche, spermarche) u člověka není dosaženo celkové tělesné a sociální dospělosti. Následuje ještě několik let trvající fyzický a psychický vývoj, v průběhu kterého teprve organismus dospěje do reprodukčního věku po všech stránkách. Jeho součástí je výrazný adolescentní/pubertální růstový spurt.

(5) *Menopauza a postreprodukční věk.* Adaptivní význam menopauzy se diskutuje. Výzkumy mnoha lidských společností naznačují, že ženy v postreprodukčním věku („babičky“) přispívají významně k výživě i výchově svých vnoučat. Postreprodukční věk by tedy mohl být adaptací, při které zastavením vlastní reprodukce ve fázi, kdy už pro ženu i dítě představuje zdravotní riziko, a směřování investic do reprodukce svých dcer (vnoučat) mohou ženy zvyšovat svůj reprodukční potenciál. Zdá se však, že totéž *neplatí* pro muže („dědečky“).

Člověk má tedy celou řadu specifíků, které je i od jeho nejbližších živočišných příbuzných odlišují: velký a energeticky velmi náročný mozek; dlouhé předreprodukční období – dětství a dospívání, tedy prodloužená doba absolutní závislosti na pečovateli a značné zranitelnosti, jejímž výsledkem je nutnost starat se o více závislých dětí najednou; dlouhá délka života; dlouhé postreprodukční období; podpora reprodukce otcem živícím matku a děti (Kaplan, Gangestad 2004, s. 20; Watcher, Bulatao 2003, s. 179).



Obr. 4.8. Srovnání mezi množstvím vyprodukované a zkonsumované potravy u lidských lovců-sběračů a šimpanzů v různých fázích životní historie.

Tak jako u ostatních velkých sociálních savců je u člověka velmi důležité dožít se reprodukčního věku. Tomu odpovídá pomalý růst v průběhu dětství a juvenilní fáze. Velký mozek, který má při tomto způsobu života značný význam, protože zvyšuje schopnost reagovat na změny prostředí, je však ve všech fázích vývoje velmi energeticky náročný. Klíčovou roli při formování lidské životní historie proto hraje pravděpodobně lidská orientace na vysoce kvalitní a (co se týče živin) koncentrovanou stravu. Její získání však klade vysoké nároky na speciální dovednosti, přemýšlivost a používání nástrojů, tedy přeneseně na velký mozek. Šimpanzi konzumují ve velké míře nutričně chudou potravu, kterou však poměrně snadno získají. Dostupnost je u nich nad kvalitou (Kaplan, Gangestad 2004, s. 20). Vysoké nároky spojené se získáním potravy si u lidí vynutily prodloužení období přípravy a rozvíjení dovedností a také nemalé investice do velkého mozku. V tradičních společnostech vrcholí schopnost lovit stádní zvěř v dospělosti, nejrůzněji až v polovině čtvrté dekády života, kdy je člověk stále na vrcholu svých fyzických sil a zároveň už má dost zkušeností. Lov je tak náročnou aktivitou, že mladí lovci na konci dospívání dosahují pouze zlomku svých budoucích úspěchů, na druhou stranu sbírat ovoce (jednu z hlavních zdrojů potravy šimpanzů) dovede již dvouleté dítě. Prvních dvacet let svého života je člověk v „kalorickém mínusu“,

což znamená, že spotřebuje více potravy, než jí sám je schopen získat, a je proto závislý na potravě od rodičů (resp. ostatních dospělých členů své sociální skupiny). Šimpanzi jsou oproti tomu již po pár letech života potravně soběstační. Ve druhé polovině dospělosti je však člověk schopen vyprodukovat množství potravy vysoce překračující možnosti šimpanze a tyto zdroje investovat do svých dětí, jejichž mozek je velmi náročný na energii (Kaplan, Gangestad 2004, s. 20).

Dlouhé období příprav, kdy se veškeré dostupné zdroje alokují do osobního rozvoje, se vyplácí teprve tehdy, pokud člověk žije dostatečně dlouho (Kaplan, Gangestad 2004, s. 22; Watcher, Bulatao 2003, s. 174), proto jsou tyto investice úzce spojeny s investicemi do imunitního systému a snížení mortality. Čím více času stráví člověk přípravou (učením a růstem), tím více je investováno do šance na udržení se při životě tak, aby z těchto výhod na konci dlouhého období přípravy mohl těžit. A naopak, pokud je investováno do snížení mortality a zvýší se pravděpodobnost dožití se vyššího věku, zesílí také selekce pro větší investice do tělesného kapitálu v počátku života. Proto můžeme u savců pozorovat pozitivní závislost mezi velikostí mozku a délkou života.

Vysoká náročnost získávání potravy má za následek také rozdělení rolí mezi muže a ženy. V tradičních společnostech jsou matka a děti značně závislé na přísunu potravy od muže. Ženy by také byly schopny ulovit zvěř, výzkumy však naznačují, že jen o málo zvýšený výdej energie nebo mírný váhový úbytek má výrazný vliv na ženskou plodnost. Pokud by se tedy ženy naplno věnovaly lovu a obstarávaly si jídlo zcela samy, pravděpodobně by to bylo na úkor jejich plodnosti. Z tohoto hlediska se mužům vyplatí poskytovat ženám velkou část jejich energetického příjmu, protože tak udržují jejich (a tím i vlastní) vysokou fertilitu (Bribiescas 2006).

### 3. Prenatální vývoj a těhotenství

Jako období nitroděložního (*intrauterinního*) nebo také prenatálního vývoje označujeme období individuálního vývoje placentárních savců od splynutí vajíčka do porodu. Prenatální období vývoje je z hlediska matky obdobím těhotenství (*gestace*).

Od splynutí gamet až po porod trvá těhotenství u člověka 266 dní čili 38 týdnů (tzv. *koncepční* nebo *gestační stáří*). V klinické praxi se častěji využívá tzv. *menstruační stáří*, tj. stáří embrya od prvního dne poslední menstruace matky. Udávané trvání těhotenství je v tom případě o 14 dní delší (tj. o dobu od začátku menstruace po ovulaci a oplození), tedy 280 dní, 40 týdnů. Během této doby se z jediné buňky vyvine *zralý plod*, po narození je to *novorozenec*.

Prenatální vývoj a těhotenství můžeme dělit z různých hledisek. V porodnictví se používá dělení na *trimestry*, těhotenství je rozděleno na třikrát tři kalendářní měsíce. Některé poruchy, komplikace či obtíže jsou přitom typické právě pro určitý trimestr (např. ranní nevolnost pro první trimestr, EPH gestóza pro třetí trimestr). V biologii je častější dělení prenatálního období podle nejdůležitějších změn, ke kterým v jeho průběhu dochází, na období *germinální*, *embryonální* a *fetální*. Někdy se před tyto fáze přidává také *gametogeneze*.

Těhotenství vyžaduje alokaci matčiny energie do rostoucího plodu a ochránění vyvíjejícího se plodu před imunitním systémem matky. Tyto procesy jsou zprostředkovány hormonální komunikací plodu, děložní tkáně, vaječníků a mozku matky. Syncytiotrofoblast a v pozdějších fázích placenta produkují hormony důležité pro udržení těhotenství (Ganong 1999, s. 369-379). Jsou jimi:

- lidský choriový gonadotropin – zabraňuje zániku žlutého tělíska a stimuluje jeho přeměnu na *corpus luteum graviditatis*;

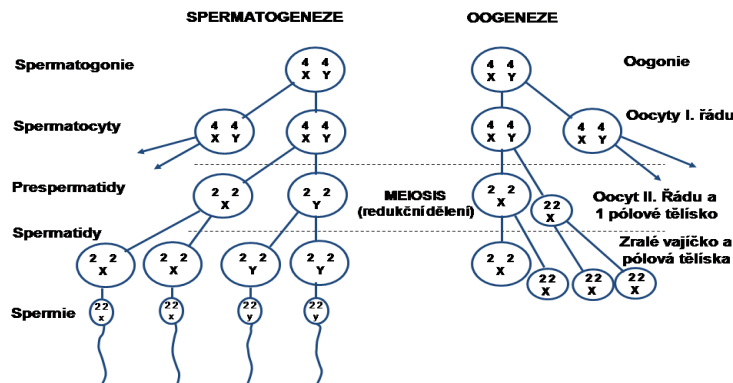
- lidský chorionsomatotropin – který má slabý laktogenní účinek, zvyšuje obsah cukru v matčině krvi a má také mírný růst stimulující účinek;
- progesteron – tlumí aktivitu myometria a jeho citlivost na oxytocin, v prsech matky stimuluje růst alveolů a lobulů;
- estrogen – mimo jiné zvyšuje průtok krve dělohou;
- relaxin – tlumí děložní kontrakce, změkčuje děložní krček a relaxuje pánevní klouby.

V počátečních fázích těhotenství produkuje většinu progesteronu, estrogenu a relaxinu těhotenské žluté tělísko (*corpus luteum graviditatis*), po 6. týdnu gravidity však úlohu žlutého tělíska přejímá placenta (od této doby již odstranění vaječníků nezpůsobí potrat (Ganong 1999, s. 378).

### 3.1. Gametogeneze

Gametogeneze rodičovské generace předchází vzniku diploidní fáze generace následující. Gametogeneze (jinak též progeneze) je proces vývoje zralých pohlavních buněk (gamet) z příslušných buněk kmenových. Hlavním smyslem gametogeneze je redukce počtu chromozómů na poloviční (haploidní) počet redukčním dělením, meiózou (Vacek 1992). Jedná se tedy o haploidní fázi našeho diplontického životního cyklu. Meióza je základem jak mužské (spermatogeneze), tak ženské (oogeneze) gametogeneze, oba procesy jsou však v mnohých rysech odlišné.

Vývoj spermií začíná v pubertě. Mužské pohlavní buňky se vyvíjejí v semenotvorných kanálcích varlete pohlavně dospělého muže z kmenových buněk spermiogonií ( $2n$ ). To jsou kulovité buňky, uložené při bazální membráně semenotvorných kanálek. Mitotickým dělením spermiogonií vznikají jednak další kmenové buňky a jednak spermiocyty (spermatocyty) I. řádu ( $2n$ ), z nichž následně první fází meiotického dělení vznikají spermiocyty II. řádu ( $1n$ ) a druhou fází meiózy spermatidy ( $1n$ ). Následně prodělávají spermatidy poblíž lumen semenotvorných kanálek přeměnu na zralé spermie. Z jednoho spermiocyty vznikají tímto procesem 4 rovnocenné spermie (Vacek 1992, s. 20-24). Na rozdíl od oogeneze probíhá druhá fáze meiotického dělení (tj. přeměna spermatocyty I. řádu na spermatocyt II. řádu) bezprostředně po fázi první. Celý cyklus od dělení spermatogonie ve spermatocyty až po uzrání spermie trvá přibližně 64 dní (Vacek 1992, s. 20-24). Pro správný průběh spermatogeneze je nezbytná přítomnost *Sertoliho buněk*, *testosteronu* (zejména pro přeměnu spermiocytů v prespermatidy) a *folikuly stimulujícího hormonu* (přeměna prespermatid ve zralé spermie).



Obr. 3.1. Schéma gametogeneze



Ženské pohlavní buňky se vyvíjejí ve vaječniku (ovariu) ze zárodečných buněk oogonií. Mitotické množení oogonií neprobíhá po celý život, ale pouze mezi 2. a 6. měsícem prenatalního života. Během této doby vznikne přibližně 6-7 miliónů oogonií, z nichž však polovina v dalším vývoji zaniká. Oogonie se dělí v oocyty I. řádu, které ihned, ještě v prenatalním období, vstupují do profáze prvního meiotického dělení. V ní se však jejich vývoj na dlouhou dobu zastaví, oocyt se nachází v tzv. diktyotenním stádiu, a dále pokračuje až v pubertě.

Vývoj oocytů probíhá v rámci ovariálního cyklu. Vývoj folikulu až do fáze zralého Graafova folikulu trvá přibližně 85-95 dnů. První zrací dělení je u vybraného oocytu dokončeno těsně před ovulací. Vzniká oocyt II. řádu (*1n*) a polocyt I. řádu (také *1n*). Ještě v průběhu ovulace se vytvoří dělicí vřeténko druhé fáze zracího dělení. Samotné druhé zrací dělení, při kterém vzniká pólové tělíčko (polocyt) II. řádu a vajíčko, pokračuje až po případném oplození vajíčka spermii (Vacek 1992). Ze zárodečné buňky tedy nevznikají 4 rovnocenné zralé pohlavní buňky, ale pouze 1 vajíčko a 2-3 pólová tělíška, která po oplození vajíčka zanikají. Celý cyklus probíhá od 6. měsíce prenatalního vývoje až po různý okamžik v reprodukčním období ženy mezi pubertou a menopauzou (Vacek 1992).

Během diktyotenního stádia může být vyvíjející se oocyt poškozen externími faktory, což je jedno z možných vysvětlení vyššího výskytu vrozených vývojových vad u dětí matek po 40 roce života, jejichž oocyty se nacházely v diktyotenním stádiu více než 40 let.

### 3.2. Germinační období

Germinační období je prvním obdobím ontogenetického vývoje, během něhož ze zygoty vzniká embryo (morula za 60 hodin, blastocysta za 96-120 hodin). Jinak bývá toto období také nazýváno jako *blastogeneze*. Zárodek v germinačním období se někdy označuje jako *preembryo*.

Germinační období začíná v okamžiku splnutí vajíčka a spermie, tedy v okamžiku *fertilizace*, oplození. Oplození je procesem, během něhož spermie, která v průběhu průchodu dělohou a vejcovodem prodělala kapacitaci (působením sekretů sliznic pochvy a dělohy dochází k uvolnění látek, zabraňujících předčasnému vyloučení akrozomálního váčku, z povrchu spermie), proniká obaly vajíčka a její povrchová membrána splývá s membránou vajíčka. Haploidní genotypy obou gamet vytváří nové diploidní jádro.

Okamžikem oplození je určeno genetické pohlaví zárodka, které udává přítomnost pohlavně specifických faktorů na pohlavních chromozomech (přítomnost/nepřítomnost Y chromozomu a dávka genů X chromozomu). Krátce po fertilizaci dochází k replikaci chromozomů a pokračují další fáze mitózy, vajíčko se rýhuje. Rýhováním vajíčka začíná morfogeneze, tedy časově a prostorově naprogramované morfologické a funkční změny, které jsou podkladem vzniku a vývoje tkání a orgánových základů.

V dalším vývoji dochází k tvorbě moruly a blastocysty. Buňky zevní obalové vrstvy syntetizují choriový gonadotropin (hCG), kterým embryo začíná ovlivňovat fyziologii mateřského organismu ve svůj prospěch, především zabraňuje senzibilizaci mateřské tkáně k tvorbě protilátek proti zárodka, který je matčíným tělem vnímán jako cizí objekt. Pokud je tento mechanismus porušen, dochází k selhání nidace a odumření zárodka. Z této příčiny dochází ke *spontánnímu potratu* zhruba 15 % embryí (Vacek 1992).

Po celé dosavadní období je zárodek uvnitř *zona pellucida*. Přibližně 6. den po oplození se vytváří blastocysta, která se uvolňuje ze *zona pellucida* a následně se *implantuje* (*niduje*, *zahnízdí*) do děložní sliznice matky. Současně s nidací probíhá další vývoj samotného embrya, dochází k diferenciaci embryoblastu a vytvoření zárodečného terčíku z vrstev buněk



embryonálního ektodermu a entodermu. V germinační fázi je vajíčko vyživováno *cytotrofně* z tubární tekutiny a intrauterinního prostředí.

### 3.3. Embryonální období

Jako o embryonálním období (nebo také embryogenezi, časné organogenezi) hovoříme o vývojovém stádiu mezi 2. a 8. týdnem po oplození. Jde o klíčovou fázi ontogeneze, ve které dochází k množení a diferenciaci buněk a formování orgánů a orgánových soustav z entodermu, ektodermu a mezodermu. Dochází k největším relativním změnám ve velikosti těla i v komplexitě organismu.

V těchto počátečních stádiích vývoje je zárodek velmi zranitelný. Jakékoliv narušení jeho vývoje může vést k poškození orgánů plodu a k těžkým nenapravitelným vadám.

#### 3.3.1. Tělesné znaky a jejich vývoj

Na počátku embryonálního období je blastocysta tvořena žlutkovým a amniovým vákem, mezi kterými leží zárodečný terčík, základ budoucího embrya. Záhy se začíná vytvářet také střední zárodečný list, mezoderm, ve kterém se formuje primitivní chorda a laterálně od ní také prvosegmenty neboli somity. První somity (od poloviny 3. týdne) se zakládají na kraniálním konci zárodka a další se formují v kaudálním směru. Do konce 5. týdne intrauterinního vývoje se postupně zformuje 42 – 45 párů somitů. Od vzniku prvních prvosegmentů hovoříme o somitovém stádiu vývoje (21. – 30. den). V tomto období můžeme podle počtu somitů určovat stáří embrya (Vacek 1992, s. 44-52).

V dalším vývoji se každý ze somitů rozdělí na *myotom*, z jejichž buněk se vytváří kosterní svalstvo, *sklerotom*, dávající vznik osovému skeletu, a *dermatom*, z něhož se vytváří pojivová složka kůže. Mezodermového původu je rovněž cévní systém, soustava vylučovací (s výjimkou močového měchýře), slezina a nadledvina (Sadler *et al.* 2006, s. 72-79).

V osmém týdnu jsou zřetelné základy většiny budoucích kostí.

Souběžně s utvářením somitů se na dorzální ploše zárodečného terčíku diferenciací části ektodermu v neuroektoderm formuje základ nervového systému v podobě neurální ploténky, která se záhy (přibližně ve 4. týdnu těhotenství) uzavírá a formuje medulární trubici. Na předním konci zárodka je již zformována mozková část medulární ploténky, základ mozku, na níž lze rozlišit *prosencephalon*, *mesencephalon* a *rhombencephalon* a od pátého týdne vývoje také obě mozkové hemisféry. Kromě centrálního a periferního nervového systému vzniká v dalším vývoji z materiálu ektodermu senzorický epitel sluchového, zrakového a čichového ústrojí, pokožka včetně kožních derivátů, hypofýza, mléčné a potní žlázy a sklovina (Sadler *et al.* 2006, s. 79-81; Vacek 1992, s. 44-52).

Třetí zárodečný list, entoderm, poskytuje materiál pro epitelovou výstelku trávicího traktu, dýchacích cest, močového měchýře, středního ucha a Eustachovy trubice. Rovněž se z něj vytváří parenchym štítné žlázy, jater a slinivky břišní (Sadler *et al.* 2006, s. 79-81).

Současně s formováním výše zmíněných struktur dochází ke změnám vnějšího tvaru zárodka, který roste do délky, zvedá se a nabývá vejčitého tvaru. Kranální konec zárodka, v němž se vytváří základ mozku, se ohýbá ventrálně, čímž vzniká hlavová rýha. Dalším růstem se zárodek čím dál více zakřivuje, ohýbá. Kaudálně od hlavové rýhy se vyklenuje srdeční hrbol obsahující relativně velké primitivní srdce. Od konce 4. týdne je patrný také jaterní hrbol. Mohutným růstem srdce a jater se zárodek opět napřimuje. Na budoucí hlavě záhy prosvítají oční váčky, základy budoucích očí, formují se struktury obličeje a od 6. týdne také základy ušních boltců. Horní končetiny se začínají utvářet přibližně ve 4. týdnu nitroděložního vývoje, končetiny dolní pak přibližně s týdenním zpožděním (Vacek 1992, s. 55-58).

mezníky embryonálního vývoje		
dny	délka	znaky
14-15	0,2	na dolním konci zárodečného terčiku se formuje primitivní proužek
16-18	0,4	mezo-dermální buňky se vsunují mezi ektoderm a entoderm a formují chordomezodermový výběžek, v mezenchymu žlutkového váčku se diferencují první homopoetické buňky
19-20	1-2	buňky embryonální mezodermy dosáhly hlavového konce zárodka, začínají se utvářet cévy pupečnicku a medulární ploténka
20-21	2-3	množením ektodermálních buněk dochází ke zvedání okrajů medulární ploténky, čímž se v sagitální čáře ploténka prohlubuje v medulární rýhu; embryo se začíná ohýbat
22-23	3-3,5	medulární rýha se začíná uzavírat v krční oblasti (přibližně v úrovni 4. prvosegmentu) a vzniká tak medulární trubice, která je na kranialním a kaudálním konci otevřená (neuroporus anterior, neuroporus posterior); začíná se utvářet srdeční trubice
24-25	3-4,5	pokračuje uzavírání neurální trubice, cranioporus anterior se uzavírá nebo je uzavřen, je zformován oční váček i sluchová jamka
26-27	3,5-5	zavírá se neuroporus posterior; jsou zřetelné končetinové pupeny
28-30	4-6	jsou zřetelné pupeny vyvíjejících se dolních končetin; je vytvořen ušní váček a ploténka čočky
31-35	7-10	horní končetiny ploutvovitého tvaru; mezi laterálními a mediálními nosními valy se prohlubují čichové jamky; embryo je výrazně ohnuté téměř ve tvaru písmene c
36-42	9-14	v základech budoucích rukou a nohou jsou naznačeny prsty; v hlavové oblasti prominují mozkové váčky (proencephalon, mezencephalon, rombencephalon); z ušních hrbolků (deriváty žaberních oblouků) se začíná vyvíjet ušní boltec; formuje se fyziologická pupeční hernie (kličky střeva vystupují z břišní dutiny, která je pro ně dočasně příliš malá do extraembryonálního celomu)
43-49	13-22	viditelná pigmentace sítnice; prsty se od zebe začínají oddělovat; jsou zformovány bradavky a oční víčka; mediální nosní valy srůstají navzájem a s maxilárními valy a vytváří definitivní základ horního rtu; silně prominující pupeční hernie
50-56	21-31	končetiny jsou dlouhé ohýbající se v loktech (resp. v kolenou); dobře vytvořeny prsty; pupečnicková hernie přetrvává; ocas je vtažen do kaudálního konce těla;

Obr. 3.2. Mezníky embryonálního vývoje (Sadler *et al.* 2006).

Zpočátku zprostředkovává výživu vyvíjejícímu se zárodku syncytiotrofoblast, který rozrušuje děložní sliznici a vstřebává uvolněné živiny, které se difúzí dostávají k embryu (*histiotrofní výživa*). Ještě v průběhu implantace se syncytiotrofoblast dostává do styku s mateřskou krví, od této chvíle až do konce těhotenství je vyživováno *hemotrofně*. S rostoucí velikostí zárodka přestává difúze živin k jeho vyživování stačit, proto se jako jeden z prvních orgánových systémů zformuje krevní oběh, ve kterém začíná krev cirkulovat již začátkem 4.

týdne vývoje, mezi 4. a 5. týdnem pak začíná tlouct srdce embrya. Současně s vývojem cévního řečiště se začíná vytvářet placenta (vyživuje plod, odstraňuje odpadní látky, poskytuje plodu protilátky z matčiny krve) a pupeční šňůra, které zprostředkovávají kontakt mezi plodem a matkou.

Koncem druhého měsíce těhotenství měří zárodek přibližně 30 mm, jsou vytvořeny hlavní orgánové soustavy a má už zřetelně lidský tvar (Hughes 1998, s. 161). Nadále o něj hovoříme jako o plodu.

### 3.3.2. Motorika

Ke konci embryonálního období (přibližně od sedmého po polovinu devátého týdne) se embryo začíná spontánně pohybovat. Jde o jemné změny kontur embrya trvající v rozmezí od 1,5 do 2 sekund. Tyto pohyby po dvou týdnech vývoje opět ustávají. Dochází také ke slabé flexi a extenzi „páteře“ a tím způsobenému pohybu končetin (Harris, Butterworth 2002, s. 69; Piontelli 1992, s. 29). Od osmého týdne dochází taktéž k „lekavým“ pohybům, rychlému asi sekundu trvajícím trhnutí celého plodu (Harris, Butterworth 2002, s. 69).

## 3.4. Fetální období

Na embryonální období navazuje *období fetální*, tj. období plodu, trvající od 9. týdne po oplození až do konce těhotenství. V tomto období jsou již vytvořeny všechny důležité orgány, a proto jde spíše o fázi zrání tkání a orgánů a intenzivního růstu (Sadler *et al.* 2006; s. 89).

### 3.4.1. Tělesný vývoj

Ve čtvrtém a pátém měsíci vývoje začíná plod rapidně růst do délky, maxima dosahuje tento délkový růst přibližně ve dvacátém týdnu vývoje (Hughes 1998, s. 151), poté se zpomaluje, ale etapa rychlého růstu pokračuje i postnatálně, jako tzv. kojenecká růstová komponenta. Fetální růst je nezávislý na koncentracích růstového hormonu a jeho řízení není zcela jasné, zřejmě se na něm podílejí inzulinu podobné růstové faktory, ale žádný hlavní regulační hormon identifikován nebyl (Ulijaszek 1998, s. 108 a 195).

Významnou charakteristikou fetálního růstu je relativní zpomalení růstu hlavičky oproti trupu a končetinám, které má za následek postupné změny v proporcích plodu. Zatímco ve třetím měsíci vývoje zaujímá hlava přibližně polovinu velikosti plodu, v době porodu je to už pouze čtvrtina jeho celkové délky. Dolní končetiny jsou stále menší a méně vyvinuté než končetiny horní (Sadler *et al.* 2006; s. 89).

Hmotnostní přírůstek je markantní zejména v posledních dvou měsících těhotenství, kdy plod celkově zesiluje a přibírá na váze (ca 0,23 kg za týden). V této době se také začínají vytvářet tukové zásoby a plod se celkově zakulacuje. Zatímco v polovině těhotenství obsahuje plod okolo 1% tukové tkáně, až do narození stoupne její podíl na 15% (Hughes 1998, s. 151; Malina 1998, s. 214; Sadler *et al.* 2006, s. 90).

Ve druhém trimestru se upravuje podoba obličeje, laterálně položené oči se přesouvají na přední stranu hlavy a také uši zaujímají svou konečnou polohu. Přibližně od 4. měsíce se na povrchu těla začíná tvořit *lanugo*, které mizí do porodu nebo krátce po něm. Od stejné doby jsou již také zřetelné řasy a obočí. Kůže je sice vyvinuta, ale podkožní vazivo ještě zcela vytvořeno není a proto je kůže načervenalá a svráštělá (Sadler *et al.* 2006, s. 89). Ve dvacátém týdnu těhotenství je vnější genitál vytvořen natolik, že lze ultrazvukovým vyšetřením určit genitální pohlaví plodu. Ve stejné době se také v dlouhých kostech a kostech lebky objevují první osifikační centra (Sadler *et al.* 2006; s. 89).

V posledním trimestru již k žádným dramatickým morfologickým změnám nedochází. Téměř všechny orgánové soustavy jsou již dobře vyvinuté a funkční a pouze dozrávají a zefektivňují svou činnost. Výjimku tvoří pouze dýchací a nervová soustava. Dochází

k dokončování vývoje plicních váčků a zvyšuje se krevní průtok plicním oběhem. V míše postupuje myelinizace nervových vláken (započatá ve druhém trimestru), která není kompletně dokončená ani na konci těhotenství a pokračuje postnatálně (Sadler *et al.* 2006, s. 89; Vacek 1992, s. 267).

Díky brzkému vývoji orgánových soustav mají v šestém měsíci narozené děti velmi dobré vyhlídky na přežití, v sedmém měsíci je pravděpodobnost přežití až 90% (Sadler *et al.* 2006, s. 90).

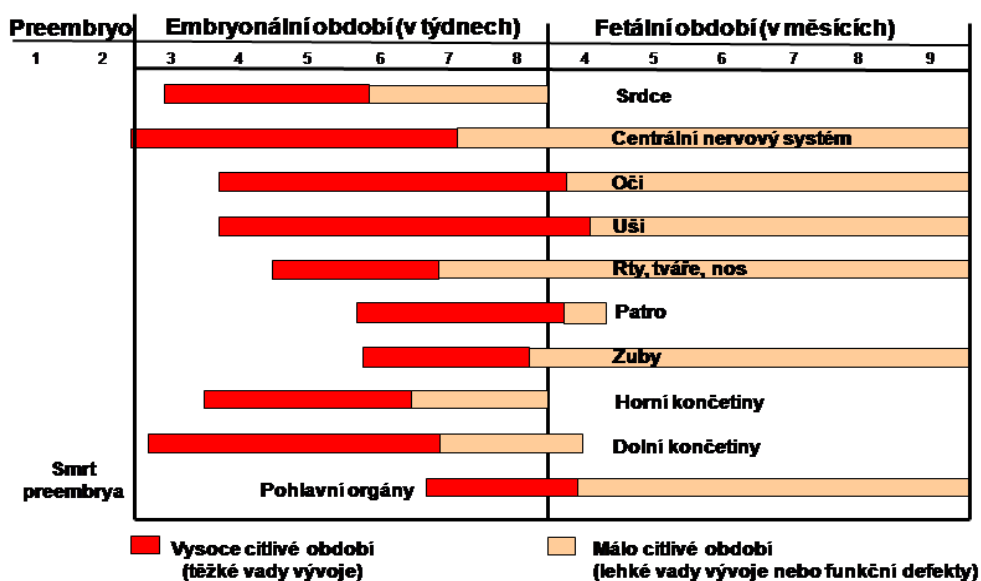
### 3.4.2. Motorika

V devátém týdnu se objevuje „škvtání“, přibližně sekundu trvající prudké záchvěvy bránice, na které v desátém týdnu vývoje navazují dýchací pohyby, tedy pravidelné pohyby bránice, hrudníku a břicha, někdy spojené s pohyby čelistí. Od devátého týdne můžeme také pozorovat pohyby končetin a hlavy (Piontelli 1992, s. 30).

Od desátého týdne vývoje dochází k prudkému rozvoji pohybových schopností (dotyky obličeje a rukou se současnými pohyby prstů, protahování, zívání a pohyby čelistí i pohyby jazyku, rotace celého plodu) a repertoár pohybů se rychle rozrůstá. Ve 12 týdnu se objevují dotyky rukou a úst, cucání, polykání, rotace ruky v zápěstí a také jemnější pohyby jednotlivých prstů. V 15. týdnu vývoje, kdy je pohybový rejstřík již téměř kompletní (Harris, Butterworth 2002, s. 68; Piontelli 1992, s. 30), dochází k dočasnému snížení pohybové aktivity, snad kvůli reorganizaci nervové soustavy a dotváření vyšších nervových oblastí nebo kvůli stísněnějšímu prostředí. Po 24. týdnu jsou pozorovatelné i jemné pohyby, například obličejových svalů (Harris, Butterworth 2002, s. 68).

Ke spontánním pohybům dochází z nutnosti procvičit vyvíjející se systémy a poskytnout jim zpětnou vazbu. Důležité jsou pohyby také z důvodů stimulace některých smyslů a zamezení srůstu s plodovými obaly. Nutnost pohybu pro správný vývoj pohybového systému dokazují špatně vyvinuté klouby u novorozenců s fetálním alkoholovým syndromem. Alkohol, který se přes placentu dostává do organismu plodu, totiž tlumí jeho pohyblivost, což vede k malformaci kloubů (Harris, Butterworth 2002, s. 68).

Již prenatálně se vyvíjí některé reflexy, od 28. týdne je to například tonický šijový a také uchopovací reflex (Harris, Butterworth 2002, s. 68). Správné a okamžité fungování nepodmíněných reflexů bezprostředně po porodu je nezbytné pro přežití novorozence.



Obr. 3.3. Kritická období prenatálního vývoje člověka.

### 3.4.3. Denní aktivita

Každý plod má vlastní individuální vzorec denní aktivity, vzorce aktivity různých plodů stejného stáří jsou identické, liší se však výrazně v kvantitativním zastoupení různých pohybů (Piontelli 1992, s. 30). Po 30. týdnu můžeme u plodu zaznamenat REM spánek, ve kterém plod stráví přibližně 70-80% času.

### 3.4.4. Percepce

Senzorické dráhy bolesti jsou funkční již od 20. týdne vývoje (Langmeier, Krejčířová 2006, s. 24).

Chuťové ústrojí je funkční pravděpodobně od třetího trimestru, v této době se také dá pokusně dokázat preference sladké chuti (Langmeier, Krejčířová 2006, s. 24).

Sluchový aparát je plně vyvinut přibližně ve 37. týdnu těhotenství. Dítě pravděpodobně již prenatalně slyší ostré hlasité zvuky z venčí, nesené matčinými tkáněmi – matčin hlas, tlukot jejího srdce a cirkulaci krve v cévách. Matky popisují reakce plodu na takové zvuky přibližně od 32. týdne těhotenství.

K dokončení vývoje oka dochází mezi 7. – 8. měsícem těhotenství, kdy se od sebe oddělují dočasně srostlá oční víčka (Vacek 1992; s. 287). Dítě také reaguje na uměle vyvolané vizuální podněty, například na bleskové světlo procházející břišní stěnou matky (Langmeier, Krejčířová 2006, s. 24).

### 3.4.5. Psychický vývoj

Bioelektrickou aktivitu mozku plodu lze vysledovat již od začátku fetálního období. Záhy plod reaguje na dráždění. Již prenatalně, zhruba od 22. týdne těhotenství, byla prokázána schopnost plodu habituace (postupné vymizení reakce na opakující se podnět), tedy jednoduchého způsobu učení (Langmeier, Krejčířová 2006; s. 25). V posledních dvou měsících těhotenství je plod schopen vytvářet podmíněné spojení mezi zvukovým a dotykovým podnětem (Langmeier, Krejčířová 2006; s. 25).

### 3.4.6. Imunita

Zárodečné buňky, ze kterých se diferencují jak buňky lymfoidní tkáně, tak krevní buňky, se prvně objevují od 21. dne ve stěně žloutkového vaku, v 60. dni vývoje migrují do jater a od 90. dne vývoje do kostní dřeni. Zárodečné buňky B lymfocytů jsou přibližně od 14. týdne vývoje uloženy v játrech, plicích, ledvinách a kostní dřeni a tato místa jsou také centry produkce b-lymfocytů přibližně od 19. týdne vývoje (Hughes 1998, s. 167). Thymus je zformován z migrujících epitelových buněk okolo 8. týdne vývoje a první lymfocyty jsou pozorovatelné přibližně ke konci 9. týdne (Hughes 1998, s. 168).

Prenatální rozvoj specifické imunity zahrnuje produkci lymfocytů a buněk zodpovědných za zprostředkování antigenů. Stejně jako po celý následující život dochází k eliminaci příliš aktivních lymfocytů (které by mohly způsobit autoimunitní chorobu) a lymfocytů, které nereagují na antigeny (v thymu). Imunitní systém je již prenatalně schopen reagovat na antigeny, již u 20 týdenních plodů můžeme v případě infekce pozorovat zvýšení počtu plazmatických buněk (Hughes 1998, s. 168).

### 3.4.7. Komunikace

Od samého počátku těhotenství embryo a později plod komunikují s organismem matky prostřednictvím hormonů. Již prenatalně je také plod schopen sociální interakce. Svými pohyby plod aktivně ovlivňuje chování matky a zpětně reaguje na její emoce (Langmeier, Krejčířová 2006; s. 25).

### 3.5. Porod

V prenatálním období byl člověk absolutně závislý na matce, přijímal od ní výživu nezbytnou pro vývoj a růst, a byl v děloze chráněn před vnějšími vlivy. Porod je kritickým přechodem mezi prenatálním a postnatálním obdobím. Novorozenec se dostává z tekutého prostředí o konstantní teplotě (cca 37°C), ve kterém má zajištěn přísun všech důležitých látek, výměnu dýchacích plynů a odvod zplodin metabolismu, do plynného prostředí proměnlivých podmínek, kde si musí dýchání, trávení a vylučování zajistit sám (Bogin 1999, s. 58-59). Kritická je jednak (a) *změna vnějších podmínek* a nároků na jedince kladených (na kterou musí být novorozenec již prenatálně připraven), u některých druhů je kritický (b) i *samotný porod*, tj. proces, při kterém se plod dostává z těla matky a stává se novorozencem.

#### 3.5.1. Délka gestace

Základní otázkou je, kdy má k porodu dojít. Čím víc času a energie je plodu v tomto období přerozděleno, tím větší jsou po narození jeho šance na přežití. Gestace ovšem matku výrazně zatěžuje výdejem energie, což ji činí zranitelnější (v přírodních podmínkách ze strany predátorů a patogenů) a prodlužuje čas, kdy bude moci mít dalšího potomka. Naopak plod bude mít větší šance na přežití, když setrvá v těle matky co nejdéle. *Optimální délka gestace* z hlediska matky a z hlediska plodu je tedy jiná. Protože zrající plod pro matku představuje stále větší náklady, měly by v jednom bodě tyto náklady převážit výhody plynoucí plodu ze setrvání v děloze. Načasování porodu je proto určitým kompromisem mezi nároky matky a plodu (Langdon 2005, s. 275-276).

Délka gestace savců závisí na velikosti těla v dospělosti a celkové délce života. V tomto smyslu není délka těhotenství u člověka nijak neobvyklá. Je však neobyčejně krátká ve vztahu k velikosti lidského mozku a vzorci jeho růstu. Pokud bychom délku gestace u člověka odhadli na základě růstu mozku, činila by přibližně 21 měsíců, tj. necelé dva roky. U ostatních primátů roste mozek především ve fetálním období a po narození se jeho růst výrazně zpomaluje. U člověka pokračuje růst mozku stejnou rychlostí jako ve fetálním období přibližně ještě prvních dvanáct měsíců po narození. Při narození má mozek člověka pouze 25% dospělé velikosti, ve srovnání s 47% u šimpanze. Člověk se rodí s mozkiem nehotovým a to může mít dvě příčiny. První souvisí se *schopností placenty předávat výživu* od matky plodu a mozek vyživovat, druhá s *velikostí mozku vůči rozměrům porodních cest*.

Placenta má danou konečnou horní mez kapacity, intenzivně rostoucí mozek lidského plodu však vyžaduje stále větší absolutní množství živin. V určitém okamžiku již množství výživy z placenty rostoucímu mozku nedostačuje. V té chvíli je z hlediska plodu výhodnější přejít z placentární výživy na kojení. K dosažení mezní kapacity placenty dochází u lidského plodu v 9. měsíci těhotenství a s touto dobou koinciduje také doba porodu (Langdon 2005, s. 275-276).

Jiným důvodem zkrácené gestace u člověka může být přizpůsobení lidské pánve vzpřímenému postoji a dvounohé chůzi (bipedii). Novorozenec s plně vyvinutým mozkiem by nebyl schopen projít zmenšeným porodním kanálem. Velký mozek člověka si vyžádal změny v prenatální životní historii – z hlediska vývoje mozku je porod začleněn ve chvíli, kdy je hlavička novorozence ještě s to porodním kanálem projít (Leutenegger 1982).

Skutečný spouštěč porodu není znám, a pravděpodobně se u různých druhů savců liší. U člověka ke spuštění porodu přispívají fyziologické pochody jak na straně matky, tak na straně plodu. Během těhotenství jsou kontrakce děložní svaloviny tlumeny hormony progesteronem a relaxinem.

Vývoj, který měl proběhnout ještě v děloze, se pak dokončuje během prvního roku života po narození mimo dělohu. Změny v časování porodu v lidské životní historii (ať už je podstatnějším důvodem kapacita placenty nebo velikost porodního kanálu) musely být provázeny urychlením vývoje ostatních životně důležitých tělních systémů, aby mohl nezralý

novorozenec mimo dělohu přežít. Gestace je aktivně urychlena a lidé se tedy rodí předčasně. Přestože jsou primáty obecně skupinou prekociálních živočichů, člověk je v důsledku změn v délce gestace *sekundárně altriciálním* druhem (Gould 1985). Na druhou stranu má lidský novorozenec ve srovnání se šimpanzím přibližně 3,75x větší tukové zásoby (Kaplan, Gangestad 2004, s. 20).

### 3.5.2. Cefalopelvický nepoměr a porod u člověka

U placentálních savců obecně představuje porod riziko pro matku i potomky (Rosenberg 1992). Jeho úspěšnost závisí z velké části na adekvátním vztahu mezi rozměry malé pánve matky a lebky novorozence (Leutenegger 1982). Ten závisí na relativní velikosti novorozence vzhledem k velikosti matky a stupni encefalizace. Druhy s menší tělesnou velikostí mají relativně větší novorozence s relativně větším mozkem vzhledem k velikosti těla než druhy s větší velikostí těla.

Takzvaný *cefalopelvický nepoměr* je u člověka důsledkem přestavby pánve spojené s přizpůsobením vzpřímenému postoji a bipední lokomoci. Cefalopelvický nepoměr není vlastní pouze lidem. Mezi primáty mají novorozenci menších druhů vzhledem k rozměrům pánevního vchodu (hranicí mezi malou a velkou pánví) relativně větší velikost lebky než druhy tělesně větší. S relativně největší velikostí lebky vzhledem k rozměrům malé pánve se setkáme u primátů Nového světa z čeledi kosmanovitých (*Callithricidae*, rod *Callithrix*) a malpovitých (*Cebidae*, rod *Saimiri*), u jejichž novorozenců rozměry lebky značně přesahují příslušné rozměry pánevního vchodu. Situace u člověka se blíží poměrům, jaké nacházíme u zástupců čeledi kočkodanovitých (*Cercopithecidae*, rody *Macaca* a *Nasalis*) a gibbonovitých (*Hylobatidae*), popřípadě chápanovitých (*Atelidae*, rody *Brachyteles* a *Lagothrix*), u kterých je cefalopelvický nepoměr příznivější. Zcela odlišná situace je u velkých lidoopů, kde je velikost porodního kanálu ve vztahu k velikosti hlavičky novorozence více než dostatečná; v tomto směru má tedy člověk blíže k opicím než k našim nejbližším žijícím příbuzným.

Porod u člověka se od porodu u ostatních savců a primátů odlišuje ve třech základních aspektech (Rosenberg 1992):

- a) v porodním mechanismu, jakým plod a jeho části procházejí porodními cestami,
- b) v délce a stupni obtížnosti porodu;
- c) v chování matky a dalších členů skupiny v době porodu.

Vzhledem ke kvadrupedním primátům prodělala lidská pánev v průběhu evoluce výrazné změny. V rámci *malé pánve* (tvrdých cest porodních) lze rozlišit čtyři roviny: (a) pánevní vchod, jenž je příčně oválný a jehož největším rozměrem je průměr příčný, (b) šíři pánevní, která má tvar kruhovitý, (c) úžinu a (d) východ pánevní, jejichž největšími rozměry jsou průměry předozadní. Průsvit pánevních cest navíc směřuje v horních oddílech distálně, zatímco v dolních oddílech ventrálně, na rozdíl od porodního kanálu ostatních primátů, jehož průběh je více méně přímý a ve všech úrovních delší v rovině předozadní. Lidský plod a části jeho těla se při porodu přizpůsobují prostorovým podmínkám v daných úsecích porodních cest, přičemž nejdelší rozměr lebky (jak u člověka, tak u ostatních primátů jsou to rozměry sagitální) se klade vždy do nejdelších rozměrů jednotlivých oddílů pánve. Zatímco u ostatních primátů vstupuje hlavička novorozence do pánevního vchodu v rovině sagitální a v této rovině rovněž z pánve vystupuje, u člověka je pro průchod plodu nezbytná *rotace hlavičky*.

Při porodu v *poloze podélné záhlavím* (typické pro všechny primáty), v postavení se záhlavím směřujícím dopředu a hřbetem v levé hraně děložní (u moderního člověka nejčastějším) vstupuje hlavička do malé pánve v průměru příčném či šikmém. Hlavička se předklání, brada se dostává do kontaktu s hrudníkem a vedoucím bodem se stává záhlaví. Dále postupuje přes šíři do úžiny pánevní, kde se vnitřně otáčí tak, že v pánevním východu je

předozadní rozměr v průměru přímém. Záhlaví se stáčí dopředu za sponu stydkou (obličej tedy směřuje k matčině páteři), okolo které se otáčí, přičemž konkavita porodních cest nutí hlavičku ve vztahu k trupu k záklonu. Na rozdíl od ostatních primátů, u nichž je záhlaví při vstupu i výstupu z malé pánve orientováno dozadu a obličej směřuje k matce, u člověka se prořezává nejdříve oblast záhlaví, pak oblast předhlaví, čelo, obličej a nakonec brada.

U některých opic může hlavička novorozence vstupovat do malé pánve i v poloze deflexní (přičemž prostupujícím rozměrem je menší výška obličeje, nikoli délka lebky), vystupuje však vždy s obličejem směřujícím k matce (Rosenberg, Trevathan 2002). Porozená hlavička se poté stáčí svým záhlavím na stranu (vnější rotace), kde je ještě neporozený hřbet (v důsledku vnitřní rotace rigidních ramen, jejichž delší osa musí rovněž procházet nejdelšími rozměry malé pánve), a dostává se tak do pozice, v jaké vstupovala do pánevního vchodu.

U člověka se vyvinuly fyziologické mechanismy, které obtížný porod usnadňují. Patří mezi ně rozvolnění pánevních vazů v průběhu těhotenství působením ovariálních a placentálních hormonů. Toto rozvolnění, vedoucí ke zvýšené mobilitě pánevních spojů a přetrvávající i po porodu, má u žen velký klinický význam, neboť je příčinou symptomů pánevní nestability spojené s bolestivými stavy. Při průchodu porodním kanálem dochází ke změnám v konfiguraci hlavičky novorozence. Tyto fyziologické změny spočívají ve stlačení hlavičky v místě prostupujícího obvodu a v příslušném prodloužení v opačném směru. V případě výrazného cefalopelvického nepoměru dochází ke konformaci hlavičky, kdy se (na rozdíl od konfigurace) mění její objem vzájemným posunutím lebních kostí, což může vést k závažnějším poraněním, která ohrožují zdraví i život dítěte.

Rodičky, ať už jde o člověka či ostatní primáty, zaujímají při porodu pozice, které rozšiřují rozměry malé pánve (zejména východu pánevního) a usnadňují průchod plodu. Pro samice primátů je typický dřep, u žen rodících v přirozených podmínkách byla kromě dřepu zaznamenána řada dalších pozic (Rosenberg, Trevathan 2002).

Samice primátů rodí zpravidla osamoceně a samy aktivně pomáhají svým potomkům na svět. Porodu mohou být přítomni i další jedinci, nejčastěji samice nebo nedospělci, kteří přihlížejí a mohou se rodičky a novorozence dotýkat. Přímé funkční zasahování do průběhu porodu nebo jeho napomáhání je však ojedinělé (Rosenberg 1992). Pro rodící ženu je v důsledku orientace vystupující hlavičky obtížné zajistit bezprostřední potřeby novorozence po průchodu porodním kanálem, jakými jsou očištění nosu a úst pro přísun vzduchu, odstranění pupeční šňůry, pokud je otočena okolo krku novorozence, či pouze bezpečné vyzdvihnutí novorozence k sobě (Trevathan 1987). Wendy Trevathan (1987) soudí, že asistence ostatních členů skupiny při porodu, rozšířená ve většině lidských společností, představuje adaptivní chování snižující mateřskou a novorozeneckou úmrtnost.

Rosenberg (1992) soudí, že jedinečné aspekty lidského porodu se neobjevily najednou, ale postupně jako odpověď na nároky porodu v interakci s dalšími evolučními změnami skeletu. Zatímco odlišná orientace hlavičky při vstupu do pánevního vchodu se objevuje spolu s adaptací homininní pánve na bipední lokomoci, specifická rotace hlavičky a její výstup záhlavím směřujícím k matce je důsledkem zvyšující se encefalizace, jež se objevuje v evoluci rodu *Homo* později. Účast dalších jedinců při porodu pak nabývá na významu spolu se zvyšováním obtížnosti porodu spojeným se zvětšováním mozku. I když obtíže při porodu nejsou výsadou člověka, u většiny primátů je porod obecně jednodušší, kratší a méně bolestivý (Rosenberg 1992), což platí zejména pro lidoopy. Nejbliže jsou člověku, co se týče délky a obtížnosti porodu, zástupci menších druhů jihoamerických opic (*Saimiri sciureus*), u kterých je cefalopelvický nepoměr nejméně příznivý.

Obtížnost přechodu z prenatálního do postnatálního života u člověka demonstruje fakt, že dětská úmrtnost je zdaleka nejvyšší v novorozeneckém období a vůbec nejvyšší do několika dnů po porodu. Příčinou těchto úmrtí však většinou není porod sám (poporodní traumata), i když ten hraje svoji roli, ale nedostatečný růst a vývoj plodu v prenatálním



období. Jedním z indikátorů nedostatečného prenatalního vývoje je *nízká porodní hmotnost*, tj. hmotnost novorozence nižší než 2500 g. Jiným indikátorem je *předčasný porod*, tj. porod před 37. týdnem těhotenství. V některých případech mají předčasně narozené děti navíc ještě nižší porodní hmotnost, než by odpovídalo jejich gestačnímu stáří. Novorozenecká úmrtnost je nejvyšší právě u těchto dětí. Původem těchto potíží mohou být vrozené (dědičné nebo nově získané) vývojové vady, placentální nedostatečnost nebo špatné podmínky matky. Mezi ty patří podvýživa, choroby, kouření a konzumace alkoholu (Bogin 1999, s. 59-60). Nízká porodní hmotnost novorozenců je spojena s *nízkým socioekonomickým statutem* matky, a to jak při srovnání mezi státy, tak při srovnání různých sociálních skupin v rámci jednoho státu.

S narozením samotným nedochází ve vyvíjejícím se organismu k žádným přelomovým změnám v růstu, řada funkcí a znaků je připravená již prenatalně. Vývojové procesy započaté prenatalně kontinuálně pokračují i po narození (Piontelli 1992, s. 30). Zdravý donošený novorozenec je vybaven řadou vrozených (nepodmíněných) reflexů, které mu umožňují od prvopočátku života mimo dělohu přežít. Na většinu silných podnětů reaguje novorozenec pláčem, ale neslí.

Donošený lidský novorozenec vykazuje tyto znaky:

- hmotnost 2500 – 4000 g
- výška (délka) 50 cm
- dobře vyvinutý podkožní tuk
- růžová kůže krytá mázkem, lanugo může pokrývat povrch těla, ale pouze zbytkově
- vytvořeny jsou všechny deriváty kůže, hlavičku pokrývají vlasy, nehty přesahují okraje prstů
- varlata jsou sestoupnutá do šourku (u chlapců), *labia majora* překrývají *labia minora* (u dívek)

#### 4. Vývoj a růst od narození do dospělosti

Samice placentálních savců (*Eutheria*), mezi něž řadíme i primáty (*Primates*) včetně člověka, rodí živá mláďata, která po narození kojí a všestranně o ně pečují (Gaisler 2000). U různých druhů najdeme ovšem rozdíly v délce, intenzitě a časových změnách této péče. Ve většině případů je však míra této péče značná a výrazně ovlivňuje další reprodukční možnosti samic i samců. Postnatální období u člověka je charakteristické (1) absolutním prodloužením většiny životních fází, které sdílíme s ostatními primáty, (2) relativním zkrácením období laktace a včleněním fáze středního dětství do životní historie, (3) existencí adrenarche spolu s růstovým spurtem středního dětství, (4) prodloužením období adolescence a včleněním pubertálního/adolescentního růstového spurtu a (5) prodloužením postreprodukčního období, jež se nekryje s obdobím postprodukčním.

##### 4.1. Rané dětství

Rané dětství je dobou od přestřížení pupeční šňůry do dokončení prořezávání dočasných zubů, tedy zhruba do druhé poloviny třetího roku života. Rané dětství bývá dále rozdělováno na období *novorozenecké* (první měsíc života), *kojenecké* (2. – 12. měsíc) a *batolecí* (12. – 36. měsíc; Prokopec 1967, s. 363). Ve vymezení posledního z uvedených období se však různí autoři liší. Hlavní charakteristikou batolecího období je přechod od života plně závislého na

matce k relativní samostatnosti pohybu věku dětského po dvou končetinách. Navzdory označení jednotlivých fází je *kojení* většinou významná součást výživy dítěte ve všech třech obdobích.

#### 4.1.1. Tělesné znaky a jejich vývoj

Během několika dní po porodu novorozenec nejprve mírně ztrácí na váze, zejména úbytkem tekutin, ale okolo desátého až čtrnáctého dne života se váha opět vrací na porodní hodnoty. V následujících týdnech přibírá přibližně 140-170g za týden a v dalším vývoji se rychlost přibývání na váze mírně zvyšuje. Ke konci sedmého měsíce zdvojnásobuje kojeneckou svoji porodní hmotnost, v prvním roce života již má trojnásobek porodní hmotnosti. Přibírání na váze je však spojeno s intenzivním délkovým růstem a růstem svalstva, podkožní vrstva tuku se tedy zmenšuje a dítě postupně hubne.

V souvislosti s odezníváním juvenilní růstové komponenty dochází v prvních třech letech života k postupnému snižování růstové rychlosti. Na konci třetího roku života se již v růstu plně uplatňuje dětská růstová komponenta (za kterou je zodpovědný růstový hormon), během níž je délkový přírůstek pozvolnější (Malina 1998, s. 193). Do čtvrtého měsíce roste tělo do délky (výšky) rychlostí přibližně 2,55 cm/měsíc, růstová rychlost se postupně snižuje – v prvním roce činí přírůstek okolo 25 cm, v roce druhém 12 cm. Tělesná výška dítěte ve dvou letech dosahuje přibližně poloviny konečné výšky v dospělosti (Prokopec 1967, s. 363, Riegerová 1993, s. 74).

Tělu novorozence dominuje relativně velká hlava, která zaujímá  $\frac{1}{4}$  délky těla. Postkraniální oblasti těla ve svém vývoji v době narození zaostávají, ale rychle se na rozměry hlavy dotahují. Ve dvou letech života tvoří hlava  $\frac{1}{5}$  celkové výšky. Do čtvrtého měsíce vývoje se obvod hrudníku vyrovnává obvodu hlavy, tento poměr je zachován i v prvním roce života. Kolem druhého roku se pak hrudník oplošťuje. Horní končetiny jsou ve svém vývoji v předstihu před dolními končetinami (Prokopec 1967, s. 364). Páteř novorozence není typicky dvojitě zakřivená, lordóza krční se vyvíjí okolo 3. měsíce života, kdy dítě v lehu na břicho zvedá hlavičku. Bederní lordóza se utváří v souvislosti s vývojem chůze jednak činností hlubokého zádového svalstva, jednak působením hmotnosti orgánů působících při stožení na páteř. Kyfóza se fixuje kolem 6. roku života (Čihák 2002, s. 112).

Novorozenecký mozek dosahuje  $\frac{1}{4}$  hmotnosti mozku dospělého člověka. Stejně jako tělo, pokračuje mozek po narození v intenzivním růstu započatém v posledních měsících intrauterinního vývoje. Při narození jsou nejlépe rozvinuty podkorové struktury řídící základní životní funkce. V kůře mozkové dochází postnatálně k reorganizaci buněčných spojů na základě stimulů nervových drah vnějšími podněty (Papalia, Wendkos Olds 1989, s. 85). Do dvou měsíců života ustává produkce nových nervových buněk a k dalšímu růstu mozku dochází pouze růstem stávajících buněk a vytvářením jejich spojů. Už v jednom roce dosahuje mozek  $\frac{2}{3}$  své konečné hmotnosti.

Ostatní orgánové soustavy posilují a zefektivňují svoji činnost. Dechová frekvence novorozence dosahuje 30-50 nádechů za minutu a stejně jako je tomu u frekvence tepové (u novorozence 120-160 tepů za minutu) dochází k jejímu snižování a stabilizaci. Kapacita plic dosahuje  $\frac{1}{10}$  kapacity dospělého člověka. Při dýchání používá dítě především břišní svaly, hrudní zapojuje postupně v dalším vývoji.

V průměru v osmém měsíci se začíná prořezávat mléčný chrup, který je kompletní do 30. měsíce života (Cameron 1998, s. 46).

Kůže novorozence je růžová, po narození rychle vysychá a tmavne do geneticky daného odstínu. Mezi 4. a 8. měsícem se ustaluje také barva očí, jejichž pohyby se začínají více synchronizovat.

#### 4.1.2. Motorika

Novorozenec a kojeneček

S narozením nepřibývá do motorického repertoáru žádný nový pohybový vzorec. Téměř všechny pohyby novorozence jsou přítomny již u plodu. Dochází pouze ke změně kvality pohybů, především vlivem gravitace (Piontelli 1992, s. 30).

Zprvu je motorika tvořena téměř výhradně nepodmíněnými reflexy směřujícími k obraně a přežití. Postupně s vyžíváním centrální nervové soustavy dochází k ústupu reflexní motoriky. Do 4. měsíce se vytrácí tonický šíjový, lokomoční i uchopovací reflex, dobře vyvinut však zůstává reflex sací a hledací. Vyvíjí se naopak reflex Landauův – pokud dítě držíme v poloze na břichu, udržuje hlavu v horizontální poloze a roztahuje končetiny. V dalším vývoji zaniká také sací reflex a sání je nadále výhradně volní činností. Polykací reflex není zprvu v plné míře rozvinut, k jeho rozvoji dochází mezi 4. a 8. měsícem (Papalia, Wendkos Olds 1989, s. 85-87). Hodnocení reflexů u novorozenců má význam v pediatrii. Například při poškození správné funkce reflexních drah v důsledku porodního poškození horních končetin nelze vyvolat objímací reflex, nebo funguje pouze na jedné straně těla.

Reflexy lidského novorozence:

##### *Sebezáchovné a obranné reflexy*

Dýchací reflex – permanentní; umožňuje výměnu dýchacích plynů.

Mrkací reflex – permanentní; chrání oko před mechanickým poškozením.

Další: kašláni, zívání, slzení

Pupilární reflex – permanentní; přizpůsobení oka různé intenzitě světla.

##### *Pokrmově trávicí reflexy*

Sací reflex – je postupně modifikován zkušeností; vymizí v sedmi měsících, umožňuje automatické sání mléka.

Polykací reflex – permanentní, modifikován zkušeností; umožňuje polykání potravy a chrání proti zadušení.

Další: vylučování

##### *Další reflexy*

Hledací reflex – otáčení hlavou za taktilním podnětem; oslabuje ve dvou měsících a vymizí v pěti měsících postnatálně; orientuje ústa dítěte za zdrojem mléka.

Tonický šíjový reflex – při lehu na zádech natahuje paži a dolní končetinu na té straně, na kterou se dívá.

Babinského reflex – roztažení prstů nohy, když se hladí okraj chodidla; vymizí ve 12 až 18 měsících.

Uchopovací reflex – uchopení (obejmutí prsty) předmětu, který se dotkne dlaně; vymizí ve 3 až 4 měsících a je nahrazen volným úchopem.

Moorův reflex (objímací) – na hlasitý zvuk nebo náhlou změnu polohy hlavy (podtrhnutí podložky) rozhodí rukama od sebe a ohne dolní končetiny v kyčlích, a pak následně přitáhne horní končetiny k sobě (objímá) a dolní přitáhne k břichu; vymizí ve 4 měsících. Zůstává však úlekový reflex na hlasité zvuky a ztrátu tělesné podpory.

Plavací reflex – ponořením do vody zadrží dech a začne aktivně pohybovat horními i dolními končetinami; vymizí ve 4 až 6 měsících.

Lokomoční reflex (reflexní chůze) – podržený ve vzpřímené poloze tak, že se chodidly dotýká podložky, začne pohybovat dolními končetinami jako při chůzi; vymizí v prvních osmi týdnech, bez ohledu na to, jestli mělo dítě možnost reflex uplatnit.

Kvůli zvýšenému svalovému napětí zaujímá novorozenec polohu podobnou té nitroděložní, s ohnutými horními a dolními končetinami. Slabé šíjové svalstvo dovoluje vleže hýbat hlavičkou ze strany na stranu, ale neudrží ji proti působení gravitace. Pokud není hlava podepřena, svěšuje se pod horizontální rovinu. Svaly i kosti však rychle zpevňují, od druhého až třetího měsíce kojenec zvedá hlavu a následně při lehu na břiše také část trupu za pomoci končetin. Od čtvrtého měsíce je dítě schopno se otočit z polohy na břiše na záda a následně i opačně. Od šestého měsíce udrží hlavu proti působení gravitace i při sedu a poté se učí sedět bez pomoci. Od 8. měsíce dokáže dítě sedět bez problémů, naklánět se, otáčet a taky lézt, vidí tedy svět většinou v horizontální poloze, kdy může vnímat větší množství podnětů, a získat předměty, které leží mimo jeho dosah. Ke konci prvního roku sedí bez problémů bez pomoci, je schopno se s oporou postavit a také s podporou dospělého chodit (Harris, Butterworth 2002; Papalia, Wendkos Olds 1989).

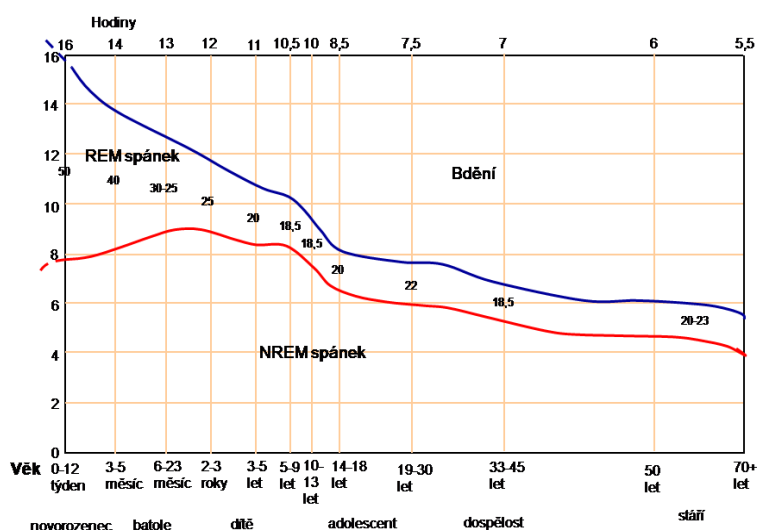
Horní část těla je po celou dobu vývoje v předstihu před dolní částí, ruce jsou aktivnější než nohy. Od poloviny 4. měsíce je dítě schopno udržet v ruce středně velké předměty, ale má problém s předměty malými (Papalia, Wendkos Olds 1989). Od 4. - 5. měsíce také dovede koordinovaně uchopit věc v dosahu, v této době ještě oběma rukama. Od 8. měsíce se vyvíjí klíčkový úchop a dítě používá k úchopu jednu ruku (Langmeier, Krejčířová 2006, s. 54). Stále však nedovede předměty položit, buďto je pustí nebo odhodí. Kojenecké období je rozhodující pro vývoj koordinace systému oko–ruka (Riegerová 1993, s. 74). Tyto motorické pokroky výrazně zvyšují samostatnost dítěte ke konci prvního roku života.

#### Batole

Na počátku batolecího věku začíná dítě s prvními samostatnými kroky a kolem 13. – 16. měsíce začíná také samostatně chodit. Ve dvou letech dítě již dobře utíká, dovede překonávat nízké překážky a padá zřídka (Harris, Butterworth 2002, s. 80), zvládá již také chůzi do schodů. Chůzi ze schodů si dítě osvojuje až ve třetím roce života (Langmeier, Krejčířová 2006, s. 72).

V průběhu druhého roku si dítě zdokonaluje schopnost upouštět předměty, ve dvou letech je tak dítě schopno postavit věž z kostek (Langmeier, Krejčířová 2006, s. 72).

S pokračujícím vývojem motoriky stoupá také samostatnost dítěte, které se od dvou let učí některé hygienické návyky, během třetího roku se začíná účastnit oblékání (Langmeier, Krejčířová 2006, s. 72).



Obr. 4.1. Graf znázorňující změny v délce spánku a bdění a procentuální zastoupení REM spánku od narození do stáří (podle Sigelman, Rider 2008, s. 134).

#### 4.1.3. Denní rytmus

V denních aktivitách zprvu dominuje spánek, v průměru novorozenec prospí 16-20 hodin denně ve 2-3 hodinových intervalech. Na rozdíl od nedonošených dětí, je spánek zralého novorozence již znatelně oddělen od bdění, i když lze rozeznávat přechodné stavy (lehký spánek, dřímota, klidný bdělý stav; Langmeier, Krejčířová 2006, s. 32). Od tří měsíců spí dítě více v noci, od 6 měsíců je to více než polovina veškerého spánku. Celková délka spánku v průběhu dne s dalším vývojem klesá.

#### 4.1.4. Percepce

Zrak novorozence je znatelně horší, než je tomu u dospělého člověka, ale pro jeho potřeby je dostatečný. Zraková omezení navíc umožňují novorozenci si na okolní svět zvykat postupně. Adekvátně je vybaven pro sledování *obličeje*, tedy objektu, se kterým přichází do styku nejčastěji. Novorozenecká čočka není zcela funkční a oko má fixní ohniskovou vzdálenost 21 cm, což odpovídá vzdálenost očí kojícího se nebo v náruči držení dítěte od obličeje matky. Rovněž periferní vidění není zcela rozvinuto (Harris, Butterworth 2002, s. 85; Papalia, Wendkos Olds 1989, s. 104).

Schopnost akomodace čočky se rozvíjí teprve ve třech měsících. Od dvou měsíců dokážou kojenci rozeznat červenou a zelenou, čípky pro modrou barvu jsou funkční okolo 3. měsíce (Harris, Butterworth 2002, s. 85; Papalia, Wendkos Olds 1989, s. 104). Ve třech letech života dosahuje oko téměř dospělých schopností (Papalia, Wendkos Olds 1989, s. 104).

Sluch je jedním z nejlépe připravených smyslů. Celý sluchový aparát je dostatečně připraven ještě před narozením a je plně funkční od 37. týdne těhotenství, ačkoliv i po tomto období probíhají korekce ve tvaru a velikosti ušního boltce (Harris, Butterworth 2002, s. 86).

Novorozenec rozeznává některé chutě, preferuje sladké tekutiny, naopak nechutná mu kyselé. Podobné je to i s rozeznáváním pachů.

Již od narození jsou smysly do určité míry provázané, novorozenec reflexivně upíná pozornost ve směru zdroje zvuku. Tato provázanost po čase vymizí a znovu se objevuje až okolo 3. - 4. měsíce života (Langmeier, Krejčířová 2006, s. 35).

#### 4.1.5. Kognitivní vývoj

Novorozenec a kojeneček

Dítě je během prvního roku života na úrovni tzv. senzomotorické inteligence, jeho myšlenkové pochody jsou vázány na skutečně prováděnou činnost a na přímo vnímané objekty.

Novorozenec upíná pozornost zejména na pohybuující se předměty. Pokud mu však zmizí z dohledu, ztratí o ně zájem (sejde z očí, sejde z mysli). Věnuje tedy pozornost pouze viděnému (Langmeier, Krejčířová 2006, s. 33). Dává přednost ostrým kontrastům a preferuje složitější tvary před jednoduššími. Jednoznačně upřednostňuje tvary připomínající lidský obličej. Okolo 8. měsíce si dítě začíná uvědomovat stálost předmětů, pokud je ztratí z dohledu, aktivně je hledá v místech, kde je vidělo naposled (Langmaier, Krejčířová 2006, s. 58; Papalia, Wendkos Olds 1989, s. 104).

Již od narození a z části ještě prenatálně je dítě schopno se učit všemi základními způsoby učení. Rozpoznává například hlas své matky (později i svého otce) a v prvním měsíci je také schopen odlišit její obličej od obličejů cizích lidí, ve srovnání s cizími obličejí ho například déle pozoruje (Papalia, Wendkos Olds 1989, s. 104).

Batole

Podle Piageta postupuje batole přibližně ve dvou letech na vyšší úroveň kognitivních schopností (tzv. symbolické myšlení, preoperační fáze). Na této úrovni může dítě provádět některé činnosti pouze v mysli a není už vázáno na bezprostředně přítomné předměty. Stále

však je ve svém myšlení odkázáno na existující předměty a nedovede zobecnit a logicky myslet. Soudy o věcech činí na základě analogií. Na počátku druhého roku dítě záměrně experimentuje (třeba s házením hraček), na jeho konci již hledá nová řešení místo toho, aby používalo řešení stará (pokud nemůže např. dosáhnout na skleničku, tahá nejdříve za ubrus; Langmeier, Krejčířová 2006, s. 78; Papalia, Wendkos Olds 1989).

věk v měsících	jazykové schopnosti
6	vrnění přechází v brblání s náznakem samohlásek
12	začíná imitovat zvuky; rozumí některým slovům; používá zvuky pro označení konkrétních předmětů - tzn. začíná používat slova
18	používá 3-50 slov; řazení slov a intonace při pomínají řeč; velký pokrok v porozumnění řeči
24	slovník přesahuje 50 slov; nejčastěji používá dvouslovná spojení; chce komunikovat a brblání ustává
30	téměř každým dnem se učí nová slova; projev se skládá ze tří a více slov; bezchybně rozumí; chybuje v gramatice
3 roky	slovník je tvořen téměř 1000 výrazů; gramatika je velmi podobná gramatice, kterou používají dospělí; ubývájí chyby ve slovosledu; rozvíjí se komunikace s ostatními - v konverzaci se dítě aktivně zajímá o nejasnosti a chce je vysvětlit, čím dál tím více používá
4 roky	dítě je schopno přizpůsobit řeč znalostem druhé osoby; spory se mohou slovně vyřešit; běžná jsou návrhy ke spolupráci

Obr. 4.2. Vývoj jazykových schopností v prvních letech života. Upraveno podle Papalia, Wendkos Olds 1989, s. 136.

#### 4.1.6. Komunikace a socializace

##### Novorozenec a kojeneček

Až do rozvoje řeči je hlavním prostředkem dorozumívání se s okolím neverbální komunikace, novorozenec umí dávat najevo své potřeby, tíseň, strach a odpovídá na reakce rodičů. Důležitou formou komunikace je také křik a pláč, který se podle situace liší do té míry, že je matka schopna z formy křiku rozpoznat potřeby dítěte (Langmeier, Krejčířová 2006, s. 50). Dítě se velmi rychle učí používat svůj křik k dosažení svých zájmů a až do 2. měsíce míra křiku narůstá a v dalších měsících křiku ubývá. Ve třetím měsíci dítě vydává první samohlásky. V šestém měsíci dítě začíná žvatlat a vyslovovat slabiky. Stále více také vyjadřuje své pocity jinak, než pláčem (Langmeier, Krejčířová 2006, s. 54). Od 8. - 9. měsíce rozumí dítě jednoduchým výzvám a může se objevit také první neurčité slovo, které však nemá ještě význam symbolu předmětů nebo činností (Langmeier, Krejčířová 2006, s. 73; Papalia, Wendkos Olds 1989).

Už novorozenec reaguje na lidský hlas pozitivně, uklidňuje jej. Dokáže také napodobovat jednoduché mimické výrazy a svou mimikou vyjadřovat emoce. Kojenci (okolo 3. měsíce) jsou schopni sladit své zvuky, pohyby a pohledy s rodičem, vyluzovat zvuky a napodobovat některé samohlásky. Dokážou interakci udržet, začít (na známé osoby mávají rukama a snaží se je přivolat) i ukončit. V dalším stádiu (9. měsíc) si dítě osvojuje schopnost upoutat pozornost druhé osoby na předmět svého zájmu (tzv. sdílené pozornosti), dosahovanou nejprve odkazováním pohledem, ke konci prvního roku pak také ukázáním (Langmeier, Krejčířová 2006, s. 68-69, 75).

Postupem času si dítě čím dál tím více uvědomuje samo sebe. Do tří měsíců (tzv. preobjektální fáze) nerozlišuje mezi objekty ve svém okolí. Od 3. do 6. měsíce již rozlišuje

obličej od ostatních předmětů a reaguje na ně s úsměvem. Nerozlišuje však mezi tváří známou a neznámou. Teprve mezi 6. a 8. měsícem začíná kojeneček tváře rozlišovat, špatně snáší odloučení od známé osoby (tzv. separační úzkost) a přibližně ve stejné době také přítomnost cizí osoby (Langmeier, Krejčířová 2006, s. 63-64).

#### Batole

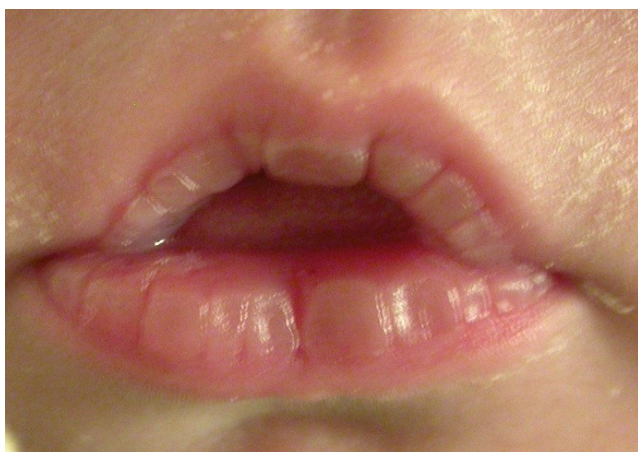
Již v 10. – 11. měsíci má dětské žvatlání podobu lidské řeči s konkrétní intonací. Teprve ve druhém roce dítě začíná chápat význam slova jako symbolu a také v tomto období prudce stoupá slovní zásoba (ve 12. měsíci 6 slov, v 18. měsíci 20-30 slov, ale ve dvou letech 200-300 slov). Vždy rozumí více slovům, než kolik jich aktivně používá (Langmeier, Krejčířová 2006, s. 75). Na konci třetího roku života začíná dítě mluvit v první osobě.

Po prvním roce života upevňuje svou potřebu být neustále s matkou. Okolo 16. – 26. měsíce si však začíná vytvářet vztah k dalším osobám, nejprve se jedná o osoby v rodině, později také o vrstevníky.

Na konci batolecího věku přichází fáze osamostatnění, kdy si je dítě schopno hrát samo a snáší také odloučení od matky (Langmeier, Krejčířová 2006, s. 63-64). V tomto období si už dítě také uvědomuje sebe samo, odděleného od okolí (Langmeier, Krejčířová 2006, s. 83). Zhruba od dvou let je valná většina dětí schopna rozeznat svůj obraz v zrcadle (Harris, Butterworth 2002, s. 121).

#### 4.1.7. Kojení a odstav

On narození je dítě vyživováno mateřským mlékem. Tento způsob výživy má člověk společný se všemi ostatními savci. Sát od prvních okamžiků života umožňuje novorozenci již prenatálně rozvinutý *sací reflex* a další adaptace. Během fetálního vývoje se rozdělí mukóza rtu na dvě zóny, vnější hladkou (*pars glabra*) a vnitřní širší, pokrytá papilami, které mu dodávají sametového vzhledu (*pars villosa*). Funkcí papil je pomáhat novorozenci v držení prsní bradavky při sání. Papily postupně mizí a ve 2. měsíci postnatálního života zmizí zcela (Čihák 2002, s. 12).



Obr. 4.3. Rty kojence.

Organismus matky se na laktaci připravoval od třetího měsíce těhotenství. Vysoké hladiny estrogenu, progesteronu a prolaktinu stimulovaly v těhotenství růst alveolů a laloků mléčné žlázy a mléčných kanálků, *lidský placentární laktogen* (HPL) podporoval růst prsu, bradavky a prsního dvorce (Ganong 1999, s. 379). Mléko je v malé míře produkováno od 5. měsíce těhotenství. Za iniciaci laktace je zodpovědný poporodní pokles koncentrace



estrogenu, jehož vysoké hladiny inhibovaly v těhotenství tvorbu mléka. Vylučování mléka při kojení je řízeno hormonem oxytocinem, který je při sání bradavky vylučován hypofýzou a způsobuje kontrakci stěny vývodu mléčné žlázy (Ganong 1999, s. 380).

zub	měsíc prořezání	pořadí
<b>M1</b>	6. - 8.	dolní zpravidla dříve
<b>I1</b>	6. - 7.	dolní zpravidla dříve
<b>M2</b>	7. - 9.	dolní zpravidla dříve
<b>P1</b>	9. - 11.	
<b>C</b>	9. - 14.	
<b>P2</b>	11. - 14.	
<b>M2</b>	10. - 15.	
<b>M3</b>	17. - 30.	

Obr. 4.4. Prořezávání dočasného chrupu. Zdroj: Čihák 2002, s. 35.

### 6.1.8. Imunita

Obsah imunitních buněk novorozence se blíží hodnotám běžným u dětí a dospělých, většina z těchto buněk však ještě nebyla stimulována kontaktem s antigeny. Novorozenci nemají hmatné lymfatické uzliny a jejich tkáně obsahují velmi malé množství plazmatických buněk (Hughes 1998, s. 169). Neaktivované T lymfocyty odpovídají při styku s antigenem pomaleji, než aktivované buňky dospělého člověka, a produkují také menší množství cytokinů. To má za následek slabší imunitu a také reakci na zánětlivá onemocnění (Hughes 1998, s. 169).

Mateřské mléko je mimo jiné významné z hlediska imunity kojence. Matka uchovává specifickou imunitní paměť v B lymfocytech v *Peyerových plátech* stěny svého tenkého střeva. Během kojení, pravděpodobně pod vlivem hormonu prolaktinu, B lymfocyty migrují prostřednictvím krevní cirkulace a uloží se v mléčné žláze (a také ve slinných žlázách). Tam se přemění na plazmatické buňky, které do mléka v enormním množství produkují imunoglobulin A. Tyto imunoglobulíny nejsou ve své většině kojencem stráveny, nýbrž zůstávají v lumen střeva a chrání střevo před ataky patogenů. Pokud matka neustále polyká patogeny (např. z okolí dítěte), na které má z dřívějšíka specifické B lymfocyty, bezprostředně na to produkuje velké množství specifických imunoglobulinů A do mléka. Uvedený mechanismus se označuje jako *enteromamární oběh*. U mnoha živočichů, včetně vyšších primátů, lízá matka stolici svých kojenců a neustále ji tak testuje na přítomnost patogenů. I když to matky lidské běžně neprovádí, pach stolice výlučně kojených dětí není vnímán jako nepříjemný a nenutí matku si bezprostředně po zaopáření kojence ruce umýt. A tak i u lidí je zvýšená pravděpodobnost, že matka pozře patogeny, které měl kojeneček ve stolici. Pokud je matka neustále v blízkosti kojence a kojí ho, pro všechny patogeny, se kterými se dítě setká, má v mléce za krátkou dobu připraveny vysoké koncentrace protilátek (Short 1992).

Lidské mléko obsahuje také vysoké koncentrace *epidermálního růstového faktoru*, který může hrát roli v postnatální maturaci gastrointestinálního traktu kojence. Obsah epidermálního růstového faktoru v kravském mléce je relativně malý. Kromě toho je střevo kojence relativně porózní, a pokud je dítě v prvních měsících života krmeno kravským nebo jiným náhradním mlékem, mohou být jeho částice nezměněny absorbovány do cirkulace, kde mohou vyvolat imunitní reakci. To může být příčinou vyššího výskytu alergií u dětí, které byly jako kojenci krmeny náhradní stravou. Ochranný efekt epidermálního růstového faktoru z mateřského mléka trvá déle než vlastní kojení. Pokud jsou děti kojeny plně 3 měsíce, jsou chráněny proti gastroenteritidám minimálně jeden rok (Short 1992).



## 4.2. Předškolní věk – střední dětství

Období předškolního věku (3-6 let) je obdobím vlastního dětství (anglicky *childhood*), někdy označované jako *střední dětství*. Představuje ontogenetickou fázi, ve které nejsou změny tak patrné, jako tomu bylo v období předchozím. Toto období představuje *specificky lidskou* fázi životního cyklu.

### 4.2.1. Tělesná stavba

Proměny ve stavbě těla jsou menší, než tomu bylo v průběhu prvních tří let života, ale umožňují dítěti získání nových motorických a intelektuálních schopností. Celkový tělesný růst zpomaluje, dítě vyroste do výšky v průměru 5 cm ročně. Od tří let do nástupu puberty hovoříme o tzv. dětské růstové komponentě, během níž je růst řízen především růstovým hormonem. *Růstový hormon* stimuluje růst dlouhých kostí, které se v poměru k trupu v dětství prodlužují. Postupuje také rozvoj kostí a svalů, vlivem čehož dítě zesiluje (Papalia, Wendkos Olds 1989, s. 191). Tělo si však stále zachovává veskrze dětský ráz. Postavě *dominuje hlava*, která je však relativně menší, než tomu bylo v předcházejícím stádiu, v šesti letech tvoří přibližně 1/6 celkové délky. Svaly a kosti nejsou na povrchu těla patrné, obrysy trupu jsou stejně jako u batolat rovné. Při uvolněném postoji vyčnívá břicho dopředu a lopatky odstupují vzad (Prokopec 1967, s. 364).

Dochází k vyžívání nervové soustavy a vegetativních funkcí (Riegerová 1993, s. 75). Zvyšováním dechové kapacity plic a kapacity oběhového systému dochází také ke zvyšování výdrže, stejně jako po celé období růstu dochází k dalšímu poklesu tepové a dechové frekvence (Papalia, Wendkos Olds 1989, s. 191). Ve třech letech jsou prořezané všechny mléčné zuby, na konci předškolního věku začíná prořezávání trvalého chrupu (Papalia, Wendkos Olds 1989, s. 191), z větší části však probíhá až ve školním věku, kde je také dále rozvedeno.

### 4.2.2. Motorika

V předškolním věku se dále rozvíjí hrubá i jemná motorika. Rychle se zlepšuje pohybová koordinace, hbitost i elegance pohybů. Tříleté dítě je schopno rovné chůze a krátkodobě udržet rovnováhu na jedné noze (Papalia, Wendkos Olds 1989, s. 197), čtyřleté dítě skáče, leze po žebříku a hází míčem stejně jako dospělý (Langmeier, Krejčířová 2002, s. 89), pětileté dítě už je například schopno naučit se bruslit (Papalia, Wendkos Olds 1989, s. 197). Dochází ke zdokonalování manuální dovednosti (zejména zlepšováním koordinace oko-ruka). Dítě dokáže vykonávat každou z horních končetin různou činností (Riegerová 1993, s. 89). Od dvou až tří let dítě začíná preferovat jednu z rukou (Papalia, Wendkos Olds 1989, s. 197).

Díky těmto motorickým zlepšením je dítě schopno zvládat čím dál tím více činností (jíst lžící, zapnout si oblečení, obléci se, zkouší zavazovat tkaničky) a dále se osamostatňuje (Langmeier, Krejčířová 2002, s. 88; Papalia, Wendkos Olds 1989, s. 197).

### 4.2.3. Denní rytmus

Dítě spí přibližně 12 hodin v noci, ale potřebuje také odpočinek během dne, obvykle hodinu ráno a hodinu večer. S rostoucím věkem se posunuje čas, ve kterém jde dítě do postele (Papalia, Wendkos Olds 1989, s. 197).

### 4.2.4. Percepce

Smyslové schopnosti jsou již téměř na úrovni dospělého člověka, dále se zlepšují tréninkem a zkušeností. Děti mají sklon být v tomto věku *dalekozraké*, protože jejich oči nejsou stále tvarované tak jako u dospělého člověka (Papalia, Wendkos Olds 1989, s. 267).

#### 4.2.5. Kognitivní vývoj

Rozpoznávací schopnost, jako např. schopnost identifikovat předměty, se kterými již přišlo dítě do styku, je již od začátku tohoto období na dobré úrovni. Naproti tomu schopnost vybavit si určitou věc, tedy reprodukovat znalosti uložené v paměti, je po celý předškolní věk poměrně špatná. Prudký rozvoj obou schopností nastává po pátém roce života (Papalia, Wendkos Olds 1989, s. 199-212).

Již v batolecím věku se dítě učí pracovat s některými pojmy pouze v duchu, tj. používat tzv. symbolické myšlení, bez bezprostřední sensorické zkušenosti. Okolo 4. roku dosahuje na další kvalitativní stupeň – názorové myšlení a dokáže přemýšlet v obecné rovině, v pojmech. Stále však není s pojmy schopno logicky nakládat a jeho úsudek je vázán na názor, zpravidla vytvořený na základě vizuálního vjemu (Langmeier, Krejčířová 2006, s. 90).

Přechod od senzomotorického myšlení k myšlení symbolickému je důležitý mimo jiné proto, že dítě je schopno nadále se učit přemýšlením, tedy ne činností, ale představováním si činnosti (Papalia, Wendkos Olds 1989, s. 219).

V souvislosti s vývojem řeči také stoupá množství poznatků o sobě a svém okolí. Pětileté dítě je tak schopno podat jednoduchou definici známých věcí, umí napočítat do deseti, stále však ještě s názornou ukázkou (např. prsty; Langmeier, Krejčířová 2006, s. 89).

#### 4.2.6. Komunikace a socializace

V raném dětství řeč zdokonaluje po všech stránkách. Výslovnost se výrazně očišťuje a přibližuje se výslovnosti dospělé (Langmeier, Krejčířová 2002, s. 88). Dítě se učí používat propracovanou gramatiku, zvládá třeba podřadné věty (Langmeier, Krejčířová 2002, s. 88; Papalia, Wendkos Olds 1989, s. 219).

Předškolní dítě komunikuje s ostatními a zájem o mluvenou řeč s věkem dále roste. Často také mluví samo k sobě, což mu umožňuje lépe kontrolovat své činy (Papalia, Wendkos Olds 1989, s. 219). S rostoucím věkem hlasitě „příkazy“ ustávají (kolem 4 – 5 let) a dítě k sobě promlouvá pouze v duchu.

Komunikace se sourozenci a vrstevníky je velmi důležitá pro osobní rozvoj a její podoba ovlivňuje vztahy v budoucím životě. V souvislosti s rozvojem verbálních schopností je interakce se sourozenci a vrstevníky čím dál tím více verbální, ubývá dotykové interakce. V předškolním věku dochází k výraznému rozvoji schopnosti sebeovládání (sociální kontroly či svědomí), dítě se například učí počkat a neřídit se okamžitým impulzem (Langmeier, Krejčířová 2002, s. 96), více ovládá své pocity, utlumí okamžitou reakci a přehodnocuje ji, dokáže pocity lépe vyjádřit. Společně s těmito pokroky se dítě také zlepšuje ve schopnosti vnímat a rozumět pocitům ostatních lidí, tj. zlepšuje svou schopnost *empatie*.

Důležitá je pro rozvoj osobnosti a schopností dítěte *hra*. V předškolním věku je dítě konečně schopno si hrát společně s druhým dítětem (*společná a kooperativní hra*), ne vedle něj jako doposud (*paralelní hra*). Prostřednictvím hraní si dítě procvičuje fyzické schopnosti (učí se ovládat svalstvo a koordinovat své pohyby), smyslové vnímání a učí se interagovat s ostatními dětmi. Způsoby hraní odrážejí vývoj dítěte (Langmeier, Krejčířová 2002, s. 98; Papalia, Wendkos Olds 1989, s. 231).

V předškolním věku, a snad již u kojenců a batolat, se také objevují známky pohlavních rozdílů v chování, diferencují se mužské a ženské role. Chlapci si hrají agresivněji a divoceji než dívky, projevují také větší tendence dominovat nad ostatními dětmi a soupeřit s rodiči. Dívky jsou na druhou stranu více empatické a dovedou se vžít do pocitů ostatních lidí. Tyto rozdíly však nelze přeceňovat (Papalia, Wendkos Olds 1989, s. 231).

#### 4.2.7. Evoluční původ středního dětství

Existence středního dětství (*childhood*) je pro člověka specifická. Vznikla prodloužením fáze *infancy* a zkrácením období kojení. Po zbývajícím období je pak mateřské mléko

nahrazením uměle připravenou dětskou (odstavnou) stravou. Existence středního dětství tedy úzce souvisí s odstavem.

K odstavu dochází u živočichů zpravidla po prořezání zubů, které umožní mláďatům konzumovat dospělou stravu. U člověka dochází k odstavu v závislosti na obecné dostupnosti zdrojů potravy v příslušné společnosti. Ve společnostech s dostatkem zdrojů je to okolo devíti měsíců po narození, ve společnostech s omezenými zdroji potravy, kde se objevuje podvýživa, je tomu okolo 36 měsíců (Bogin 1999, s. 174). První tuhá (nemléčná) strava je ke kojení u člověka (i řady jiných druhů velkých savců) přidána, když hmotnost kojence dosáhne přibližně 2,1 % porodní hmotnosti. Ve většině lidských společností (ať už bohatých nebo chudých na zdroje potravy) k odstavu dochází, když má dítě hmotnost okolo 9 kg, což je přibližně 2,7 násobek porodní hmotnosti (cca 3400 g). U většiny savců má mládě při odstavu minimálně trojnásobek porodní hmotnosti (šimpanz – 4,9 násobek; bonobo – 6,1 násobek; orangutan – 6,1 násobek; gorila – 9,4 násobek) (Bogin 1999, s. 174). Většina savců také odstavuje svoje kojence po prořezání trvalých zubů (prvních trvalých stoliček), protože savčí mládě pouze s mléčným chrupem ještě nedokáže zpracovat dospělou stravu. Po prořezání prvních trvalých stoliček je odstaven a stává se buď dospělým, nebo pokračuje juvenilní fází. Oproti tomu odstav u člověka nastává dlouho před prořezáním prvních trvalých stoliček a odstav zde koinciduje spíše s prořezáním chrupu mléčného. Mléčné zuby však mají tenčí sklovinu a mělčí kořeny, čelisti dětí jsou menší a nemohou vyvinout takovou sílu. Kvůli nezralosti chrupu proto dítě vyžaduje speciálně upravenou (měkkou, kašovitou) a kaloricky velmi koncentrovanou stravu. Kromě chrupu je důvodem také oproti dospělým relativně krátký trávicí trakt. Bez vhodně upravené odstavné stravy mohou děti trpět podvýživou, přestože množství živin v přijímané potravě je dostatečné, trávicí ústrojí je však neumí plnohodnotně využít (cf. Bogin 1999, 174-175).

Děti potřebují energeticky bohatou a koncentrovanou stravu také kvůli růstu mozku. Mozek dítěte mladšího pěti let využívá přibližně 40-85% bazálního metabolismu, u dospělého je to 16-25%. I dospělý člověk má oproti předpokladu, vycházejícího ze situace u ostatních savců, neúměrně velký mozek a malé trávicí ústrojí, zatímco játra, srdce a ledviny mají relativně odpovídající velikost. V evoluci člověka pravděpodobně došlo ke kompromisu (*trade-off*) a za zvětšený mozek došlo ke zmenšení trávicího traktu. Energetickou spotřebu pak bylo možno vyrovnat získáním a příjmem energeticky/nutričně koncentrovanější a snáze stravitelné stravy. Toho člověk dosáhl jednak (a) výběrem vhodného typu stravy a (b) umělou úpravou stravy. Oproti ostatním primátům se v lidské stravě vyskytuje větší proporce hlíz, kořenů a semen, které jsou bohaté na zásobní látky typu polysacharidů (škrob), a větší proporce živočišné potravy (maso). Příprava potravy k lepší stravitelnosti u člověka představuje pestrou škálu kulturně předávaných postupů tepelných úprav (pečení, vaření), detoxikace, koncentrování, ochucování a kombinace různých druhů potravy. Tato příprava je zvláště důležitá pro přežití dětí, protože jejich disproporce mezi velikostí mozku a trávicího ústrojí je ještě výraznější než u dospělých (Bogin 1999, s. 178).

Vznik fáze středního dětství (*childhood*) v životní historii člověka se dává do souvislosti s několika událostmi v evoluci člověka. Jedním z těchto aspektů je bipedie, která hominidům umožnila v rukou přenášet na delší vzdálenosti objekty, včetně dětí. Dokud matka dítě nosí, mnohem rychleji se vyvíjí mozek než dolní končetiny a příslušná inervace. To se změní okolo dvou let věku, kdy dojde jak k rychlému růstu dolních končetin, tak motoricko-senzorické kůry mozku v oblasti příslušející dolním končetinám (Bogin 1999, s. 182). U opic starého světa a lidoopů roste mozek nejvíce prenatalně. Při narození činí hmotnost hlavy u lidoopů přibližně 9% a u člověka přibližně 12% hmotnosti celého těla, v dospělosti je to asi 0,8% u lidoopů a 2,8% u člověka. Mozek lidského novorozence je tedy relativně 1,33 krát větší než mozek novorozeného šimpanze, zatímco mozek dospělého člověka je relativně 3,5 krát větší. Postnatalně tedy musí mnohem více vyrůst než mozek u šimpanze. V prvních několika letech

života je rychlost růstu mozku člověka mnohem vyšší než u kteréhokoliv jiného savce. Tento typ růstu mozku je nutný v okamžiku, kdy velikost mozku v dospělosti přesáhne 850 cm<sup>3</sup> (Martinův mozkový Rubikon). Dospělé velikosti mozku může být u hominidů dosaženo prodloužením fetálního růstu, při velikosti mozku nad 850 cm<sup>3</sup> však již rozměry kostěné pánve hominidů nedovolují dostatečný prenatalní růst mozku. Musí tedy pokračovat ještě dlouhou dobu postnatálně, končí u člověka i lidoopů se začátkem juvenilní fáze (u člověka 6-7 let). Dětství u člověka (3-6 let) však umožňuje pokračování růstu mozku pod vlivem rodičovské investice, aniž by byl jedinec stále závislý na laktaci. Pokud dovedeme úvahu do konce, pokud mozek nějakého fosilního předka člověka v dospělosti překročil výše uvedenou hranici, můžeme počítat s výskytem dětství v jeho životní historii. U australopitéků ještě nebyla objemová hranice mozku pro dětství překročena, postačovalo pouze mírné prodloužení fáze *infancy*. Také u *Homo habilis* může být ještě dostatečný růst mozku příslušného objemu (650 – 800 cm<sup>3</sup>) zajištěn prodloužením fetální fáze a kojeneckého období (*infancy*). Na základě poznatků růstu kosti stehenní, který je obdobný jako u ostatních druhů rodu *Homo* a odlišný od australopitéků, lze však již krátkou fází středního dětství předpokládat (Bogin 1999, s. 183-186).

Volně žijící populace šimpanzů jsou v populační rovnováze, takže malé snížení porodnosti může znamenat úbytek populace a nakonec i její zánik. Prodlužování postnatálních fází životního cyklu (spojené s růstem mozku), ve kterých je dítě závislé na matce, tak znamenalo prodlužování intervalu mezi porody a nižší počet potomků na jednu samici. To je právě situace, která může v dlouhodobém horizontu populaci ohrozit. U člověka došlo k výraznému prodloužení jednotlivých postnatálních fází životního cyklu, demografické problémy to však neznamenalo. Je pravděpodobné, že důvodem je právě fáze středního dětství. Místo aby laktace probíhala až do 6-7 let (jak by odpovídalo růstu lidoopa s mozkem lidské velikosti), došlo u člověka ke zkrácení fáze raného dětství a laktace na cca 3 roky, předčasnému odstavení a vložení fáze středním dětstvím (*childhood*) mezi odstavení a začátek fáze juvenilní. Uvolnění z laktace umožnilo lidským matkám znovu otěhotnět ještě dávno před tím, než jejich předcházející potomek dosáhne začátku juvenilní fáze. To je také vzorec pozorovaný u současných společností lovců sběračů, který jim umožňuje snížit meziporodní interval na méně než 3,6 roku, zatímco u šimpanzů žijících volně v přírodě je to v průměru okolo 5,6 roku (Bogin 1999, s. 187-188).

Od australopitéků k *Homo erectus* došlo pravděpodobně k postupnému zkracování fáze raného dětství a prodlužování fáze středního dětství. Od časného *Homo erectus* pravděpodobně docházelo k přechodu raného a středního dětství před prořezáním prvních trvalých stoliček (M1). Je obtížné rekonstruovat kauzální závislosti těchto změn. Je možné, že růst mozku vyvolal opoždění prořezávání trvalého chrupu, což si dále vynutilo existenci fáze středního dětství. Je však naopak také možné, že opoždění prořezání chrupu vytvořilo potřebu středního dětství a mělo důsledky v oblasti intenzifikace sociálního učení a chování, se kterou byla spojená selekce většího mozku.

Jak se postupně rozvinulo dětství v životní historii člověka v průběhu evoluce a s čím souvisí ještě neřeší otázku, proč k zařazení této fáze došlo. Jak ukazuje příklad šelem a lidoopů, specifická fáze středního dětství není k intenzifikaci sociálního učení a chování nezbytná, postačuje prodloužení fáze laktace a juvenilního období. Komu je střední dětství prospěšné, k čemu je dobré?

1. Potravní a reprodukční adaptace. Umožňuje příbuzným (matce, otcí a dalším) poskytovat závislému dítěti potravu a současně uvolňuje matku z kojení a inhibice ovulace. To umožňuje lepší stravu stávajícího potomka a snižuje meziporodní interval matky. U většiny sociálních savců dochází k další reprodukci matky v době prořezání prvních trvalých stoliček potomka nebo různě dlouhou dobu potom. Člověk je z tohoto pravidla výjimka. Zkrácení fáze *infancy* má člověk potenciál větší celoživotní fertilitu než kterýkoliv lidoop, což

především umožňuje snáze regulovat populační výkyvy (Bogin 1999, s. 192). Současně u lovců a sběračů dochází k rozšíření zodpovědnosti a péče o dítě z matky na řadu jiných příbuzných, zejména na babičky a tety. V mnoha případech ženy různého věku pracují spolu, připravují stravu, opravují oděv a jinak společně pečují o děti. Tento způsob péče nenajdeme u žádného jiného primáta (Bogin 1999, s. 190-193).

2. Lidský mozek dosáhne dospělé velikosti v době, kdy celé tělo dosáhlo pouhých 40% dospělé velikosti. Alometrie růstu těla dítěte – velká hlava, drobný obličej – tj. zjev stále velmi podobný kojenci – představuje stimuly, vyvolávající v dospělých ochranné a pečovatelské tendence. Tento typ růstu dodává dětem na povrchu „roztomilý“ infantilní vzhled déle než u ostatních savců. Díky tomu získávají i v tomto období značné rodičovské investice dospělých (Bogin 1999, s. 193).

3. Stejně jako v období juvenilním (z důvodu pomalého růstu), malé rozměry těla a tedy i nutriční potřeby omezují kompetici dětí s dospělými o potravu. Pětileté dítě vyžaduje o 22,7% energetických zdrojů méně než desetiletý jedinec. Živit potomka velikosti pětiletého dítěte je tedy snazší a levnější, než živit adolescenta (Bogin 1999, s. 193-198).

4. Děti ve středním dětství již nevyžadují kojení. V mnoha společnostech lovců sběračů přebírají zodpovědnost za hlídání dětí juvenilní jedinci. Děti postupně přesouvají svoje vazby z rodičů a ostatních dospělých na juvenilní jedince. Děti jistě nezůstávají nikdy v táboře sami, vždy je přítomna nějaká dospělá osoba, ta se ale přímo na péči o děti nepodílí. Věkově odstupňovaná herní skupina, složená z dětí od 3-4 let do 8-9 let, umožňuje přenos kulturního chování ze starších na mladší jedince a usnadňuje učení se dospělému chování, vše prostřednictvím her (Bogin 1999, s. 198-200).

5. Prodloužený vývoj u sociálních savců umožňuje ontogenetické přizpůsobení aktuálním vnějším podmínkám, dodává vývojovou plasticitu přizpůsobující fenotyp požadavkům prostředí (velikost těla, proporce, nastavení metabolismu atd.). Vložení dětství do životního cyklu poskytuje další 3-4 roky navíc a umožňuje prohloubení schopnosti ontogenetické plasticity (Bogin 1999, s. 200).

### **4.3. Mladší školní věk**

Mladší školní věk, nebo též pozdní dětství představuje fázi odpovídající juvenilnímu období či juvenilní fázi (*juvenile stage*) velkých savců. Je obdobím od dokončení první proměny postavy (od konce dětství ve smyslu *childhood*) do nástupu puberty, tedy do aktivace řídicí hypotalamo-hypofyzárně-gonadální osy. Pozdní dětství je především obdobím zpomalení růstu a vývoje a to jak po stránce fyzické, tak po stránce duševní. V tomto navazuje na předcházející období a odpovídá koncepci juvenilní fáze sociálních savců.

#### **4.3.1. Tělesné znaky a jejich vývoj**

V prepubertálním věku končí první proměna postavy, tedy období, během něhož se vyrovnává proporcionalita trupu a končetin. Po celé střední dětství je rozhodující dětská růstová komponenta, růst je relativně pomalý ve srovnání s prvními třemi roky života i ve srovnání s následující fází adolescentní, rychlost růstu do výšky je cca 5-7 cm/rok a 3,5 kg/rok (Papalia, Wendkos Olds 1989, s. 263) a je řízen především somatotropinem. Končetiny v tomto období rostou rychleji než trup a proto dochází k dalším změnám celkové proporcionality. Vlivem délkového růstu dochází jak u chlapců, tak u dívek k celkovému zeštíhlení postavy. V obličejí je více patrný kostěný podklad, pas je již vyznačen, což souvisí také s rozšiřováním hrudníku a jeho oploštěním. Ve větší míře se zvětšují i obvodové a šířkové míry (Prokopec 1967, s. 364 a 365). Hlava v tomto období dosahuje 90% své konečné velikosti.

Stejně jako po celé dětství a dospívání dochází ke zvyšování výkonnosti orgánů a orgánových soustav, což se projevuje dalším snížením tepové frekvence (v 7 letech 85-90 tepů za minutu; v 10 letech 78-85 tepů za minutu), mírným zvýšením krevního tlaku a nárůstem počtu erytrocytů. Dochází také k přesunu krvetvorby do žeber, obratlů a plochých kostí. V návaznosti na rozšiřování a oplošťování hrudníku roste také vitální kapacita plic.

Postupně dochází k výměně dočasného, méně odolného chrupu za chrup definitivní, výměna však pokračuje i v dalších obdobích individuálního vývoje. Zpevňují chrupavky a formuje se konečný tvar nosu a uší. Dále se rozvíjí také mozek, především zvýrazněním gyrifikace, a vyžívá imunitní systém.

Důležitým mezníkem v ontogenezi je *adrenarche*. Tak se označuje nástup zvyšování sekrece steroidních hormonů, zejména dehydroandrosteronu a dehydroandrosteronsulfátu (DHEAS) z nadledviny. Koncentrace adrenálních androgenů (DHA – dehydroepiandrosteron, DHAS – dehydroepiandrosteronsulfát a 4-androstendion) je u sexuálně dospělých primátů výrazně vyšší než jakýchkoliv jiných živočichů. U opic není mezi dospělými a nedospělými primáty výraznější rozdíl. U šimpanzů ve věku sedmi let je však koncentrace adrenálních androgenů 4,7 krát vyšší než u šimpanzů čtyřletých. Šimpanzi a lidé tedy mají adrenarche, pouze u lidí je adrenarche spojeno s růstovým spurtem (mid-growth spurt) (Bogin 199, s. 180).

Hladiny adrenálních androgenů jsou mezi časným dětstvím a adrenarche relativně velmi nízké. Vzhledem k tomu, že androgeny mají pozitivní účinek na růst kostí do délky, uvedené snížení hladin adrenálních androgenů může být evolučním mechanismem zpomalení růstu v období středního dětství (Bogin 199, s. 180). Adrenarche u člověka předchází pubertě, ale je pravděpodobně zcela odděleno od hormonální osy hypotalamus-hypofýza-gonády (Campbell 2006), regulace probíhá prostřednictvím ACTH. Nástup adrenarche pravděpodobně nesouvisí s vnějším spouštěčem, ale je dán dozráním *zona reticularis* nadledviny. Primárním důvodem adrenarche je pravděpodobně dozrávání mozku. Toto období se nachází na přechodu mezi středním dětstvím a juvenilní fází a koinciduje s výrazným posunem v kognitivním vývoji – přechod z preoperačního stádia (dle Piageta) do stádia konkrétních operací (Bogin 1999, s. 181). Sekrece DHEAS roste až do dvacátého roku života, poté dochází k jejímu snižování. DHEAS urychluje somatický růst a vývoj a působí na celou řadu fyziologických systémů, včetně nervového a imunitního. Fyziologicky aktivní je DHEAS převážně v nervové tkáni a hraje pravděpodobně roli v dozrávání kůry mozkové, které můžeme pozorovat mezi 6. a 20. rokem života. Působí také na chování, zvyšuje kapacitu kognitivních funkcí a snižuje bázlivost, důsledkem čehož se dítě více odpoutává od rodičů a je schopno navazovat sociální kontakty i s ostatními lidmi. Tento hormon pravděpodobně usnadňuje orientaci v sociálních vztazích a schopnost si zapamatovat jejich průběhu (Campbell 2006).

Vedle primárního neurologického vlivu, ovlivňuje DHEAS také růst a imunitu. Jeho působení pravděpodobně také vyvolává dílčí růstové urychlení, tzv. *mid-growth spurt*, (přírůstek 7-10 cm/rok), které však přibližně po 1,5 roce ustává. Dochází také ke zformování prvních pohlavních rozdílů. U obou pohlaví, ale zejména u dívek dochází k nárůstu podkožního tuku. U chlapců není nárůst ukládání tak patrný, ale dochází ke změnám distribuce podkožního tuku z centrifugální na centripetální (Riegerová 1993, s. 76). Dochází také k růstu a formování pánve, ramen, lebky a rozvoji svalstva.

#### 4.3.2. Motorika

S dalším zlepšováním motoriky na všech úrovních roste zájem o sporty a aktivity vyžadující větší hbitost, sílu i koordinaci. Na počátku tohoto období vychází většina pohybů horní končetiny z ramenního a loketního kloubu, později dítě začíná čím dál tím více využívat synchronizovaných pohybů jednotlivých prstů a ruky (Langmeier, Krejčířová 2006, s. 120).

Výzkumy poukazují na postupné zlepšování motoriky s přibývajícím věkem a stupňování rozdílů v pohybových schopnostech chlapců a dívek. Podle jiných výzkumů je to především následek rozdílných aktivit chlapců a dívek. Pokud děti obou pohlaví provozují stejné činnosti, rozdíly ve schopnostech jsou nepatrné (Hall, Lee 1984).

#### 4.3.3. *Percepce*

Okolo šesti let nabývají oční bulvy dospělého tvaru a vylepšuje se schopnost akomodace čočky, dochází tedy ve srovnání s předchozím obdobím ke zlepšení zraku. Ucho dorůstá v 9 letech své dospělé velikosti i tvaru.

#### 4.3.4. *Kognitivní vývoj*

Mezi pátým a sedmým rokem se rozvíjí schopnost logického myšlení, dítě postupuje do Piagetova *stadia konkrétních operací*, nezávislého na viděné podobě (předškolní dítě si ještě muselo vybavit paměťové stopy předchozích vjemů). Stále se však musí jednat o konkrétní věci a jevy (Langmeier, Krejčířová 2006, s. 127-129).

Psychologie hledí na toto období jako na fázi *střízlivého realizmu*. Školák zkoumá své okolí a chce se o světě dozvědět co nejvíce. Dítě lépe než v minulém období udržuje pozornost a cílevědomě pozoruje věci kolem sebe. V poznávání světa mu napomáhá také prudký *rozvoj paměti*, která se stále více opírá o slovní výpovědi. Zvyšuje se kapacita krátkodobé paměti a také se zlepšuje schopnost organizovat a uspořádat informace. Dokáže například pochopit zahrnutí prvků do obecných tříd (Langmeier, Krejčířová 2006, s. 127-129).

#### 4.3.5. *Komunikace a socializace*

Schopnosti komunikace se zlepšují, ale nedosahují ještě zcela dospělé úrovně. Okolo 9. roku je dítě schopno rozumět složité větné stavbě. Dítě v tomto věku již dobře chápe význam některých abstraktních pojmů. Význam pojmů jako svoboda, spravedlnost apod. však začíná chápat až v následujícím období (Langmeier, Krejčířová 2006, s. 122-123).

Příchod do školy je výrazným mezníkem v začleňování dítěte do společnosti. S tím, jak dítě komunikuje s ostatními dětmi ve vrstevnické skupině, zlepšuje se jeho schopnost sociálního porozumění a současně také seberegulace (rozumí svým pocitům, ale bere ohled i na očekávání, požadavky a postoje okolí). Začíná také své emoce před okolím skrývat (Langmeier, Krejčířová 2006, s. 131). S příchodem do školy si dítě osvojuje nové sociální role a upevňují se role sexuální (Langmeier, Krejčířová 2006, s. 131).

### 4.4. *Starší školní a dorostenecký věk*

Jako o *období dospívání* hovoříme o ontogenetické fázi ohraničené na jedné straně aktivací pubertální hormonální osy a na straně druhé uzavřením růstových chrupavek, tedy přibližně od 10 do 20 let u dívek a od 12 do 22 let u chlapců (někteří autoři udávají nižší hodnoty věku dosažení dospělosti). Toto období dělíme dále na krátké období puberty, do vyzrání sekundárních pohlavních znaků, a adolescence - období tělesného a duševního dospívání. Období začátku plodnosti je z pohledu životní historie zvoleno tak, aby se maximalizovala reprodukční úspěšnost. Tělo je již dostatečně vyvinuté a částečná alokace zdrojů do reprodukce se vyplácí z hlediska inkluzivní fitness více, než další růst. Jinými slovy, další alokace zdrojů do tělesného kapitálu se ve srovnání s alokací do reprodukce nevyplatí (Kaplan, Gangestad 2004, s. 25). Jak u chlapců, tak u dívek je nástup puberty v těsném vztahu se stavem výživy. Obecně se dá říci, že čím větší jsou tukové zásoby, tím dříve proběhne menarche. U chlapců však, na rozdíl od dívek, může nadváha nástup puberty oddálit.

Dospívání je obdobím finálního pohlavního a tělesného dozrání, jehož výsledkem je maturace pohlavních orgánů a nástup funkce pohlavních žláz, spermatogeneze u mužů a menstruačního cyklu u žen, a rozvoj sekundárních pohlavních znaků, který je na činnosti gonád závislý. Je také těsně spjata s dokončením vývoje a růstu postavy a morfologickým a funkčním dozráním orgánů a orgánových systémů. Pohlavní dozrání je výsledkem celé kaskády hormonálních a tělesných proměn. Klíčová je aktivace hormonální osy hypothalamus-hypofýza-gonády, tedy soustavy hormonálních signálů, zahrnující gonadotropiny uvolňující hormon vylučovaný hypothalamem (GRH), folikuly stimulující hormon (FSH) a luteinizační hormon (LH) hypofýzy a steroidními hormony gonád, tedy estradiol (E) a progesteron (P) vaječníků, testosteron varlat (T) a inhibin (I).

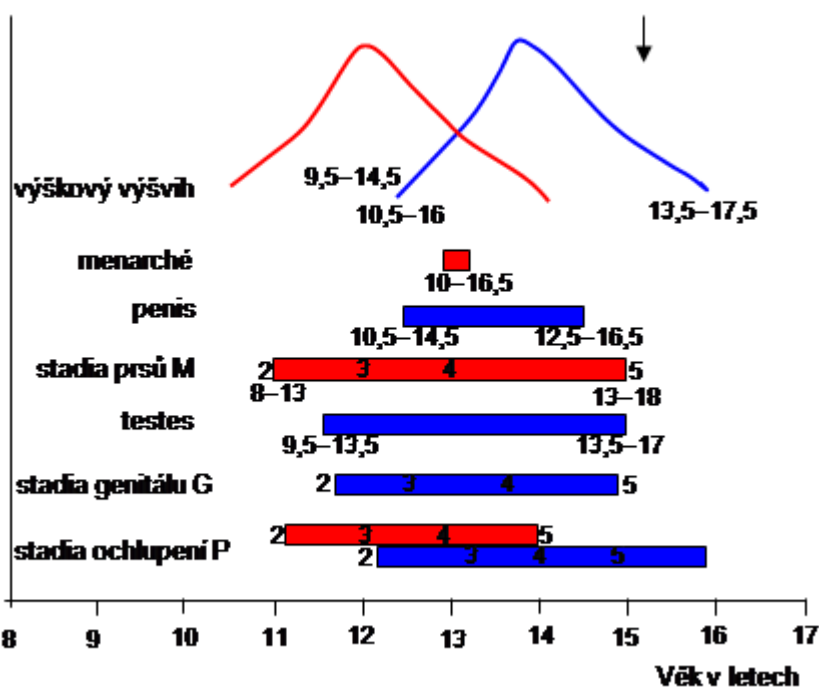
Počátek puberty souvisí se začátkem uvolňování GnRH (gonadotropin uvolňujícího hormonu) hypothalamu, stimulujícího uvolňování gonadotropinů adenohipofýzy (FSH a LH). Aktivace hormonální osy hypothalamus-hypofýza-gonády má za následek obnovení činnosti gonád, která byla v průběhu dosavadního postnatálního vývoje utlumena. Hormony vylučované pohlavními žlázami pak stimulují rozvoj primárních a sekundárních pohlavních znaků. Přesné příčiny začátku puberty nejsou objasněny, určitou roli v zahájení celého procesu má pravděpodobně hormon leptin, produkovaný tukovou tkání (zejména podkožním tukem). Podle jednoho z modelů leptin zprostředkovává nervové soustavě (konkrétně hypothalamu) informace o energetických zásobách organismu. Tímto způsobem může dojít k aktivaci hormonální osy řídící pohlavní dozrání v době, kdy organismus (především ženský) je schopen zvládnout zátěž spojenou s těhotenstvím a kojením. O významu leptinu v celém procesu svědčí také fakt, že u osob s kongenitální deficiencí leptinu nedochází bez podání leptinu k nástupu puberty (Kirchengast, Göstl 2006; Ong et al. 1999).

Stres jakéhokoliv druhu (podvýživa, psychologické stresy, nadměrná fyzická a psychická zátěž) způsobuje zpomalení dospívání a opoždění menarche a spermarche, jejich vliv na dobu nástupu puberty je však z velké části překryt genetickou variabilitou. Obecně se dá říci, že v těžkých podmínkách se prodlužuje věk, ve kterém má matka první dítě, obě pohlaví se chovají „konzervativněji“ (prodlužuje se například doba předmanželského poznávání se), dívky vyhledávají muže s vyšším sociálním statutem. Úspěšná výchova totiž v těchto podmínkách vyžaduje větší úsilí a také účast obou rodičů (MacDonald 1997, s.14). V průběhu uplynulých 200 let dochází ke zlepšování životní úrovně západní populace a poklesu výskytu infekčních chorob, což se projevuje zlepšením zdravotního stavu a výživy, a tím i časnějším nástupem puberty (Kirchengast, Göstl 2006).

#### 4.4.1. Tělesné znaky a jejich vývoj

Působením gonadotropinů dochází u chlapců k maturaci varlat a tvorbě testosteronu. Společným vlivem testosteronu a gonadotropinů se ve varlatech začínají tvořit spermie (*spermarche*), dozrává vnější genitál a vytváří se sekundární pohlavní znaky (Ganong 1999; Prokopec 1967, s. 376). U dívek nastupuje nejdříve *telarche* (formování prsou), poté *pubarche* (vytváří se pubické ochlupení) a nakonec *menarche* (první menstruační cyklus), přibližně po dvou letech od začátku puberty. První menstruační cykly jsou nepravidelné a často anovulační, nedochází při nich k uvolňování vajíčka (Ganong 1999; Prokopec 1967, s. 376). Postup pohlavní maturace se v klinické praxi sleduje za pomoci pětistupňových *Tannerových škál* definujících jednotlivá stadia rozvoje primárních a sekundárních pohlavních znaků ([vývoj pubického ochlupení](#), [vývoj zevního genitálu](#), [vývoj prsu](#)). Posloupnost vývoje sekundárních pohlavních znaků má menší interindividuální variabilitu, než je tomu u věku nástupu puberty (Ganong 1999; Prokopec 1967, s. 376).



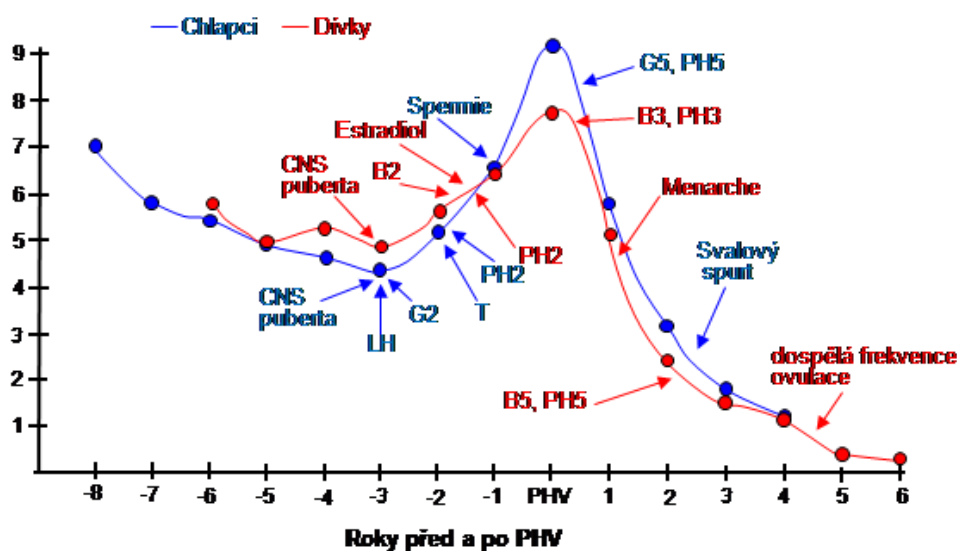


Obr. 4.5. Přehled puberty u dívek (červeně) a chlapců (modře) na základě fází dle Tannerových škál.

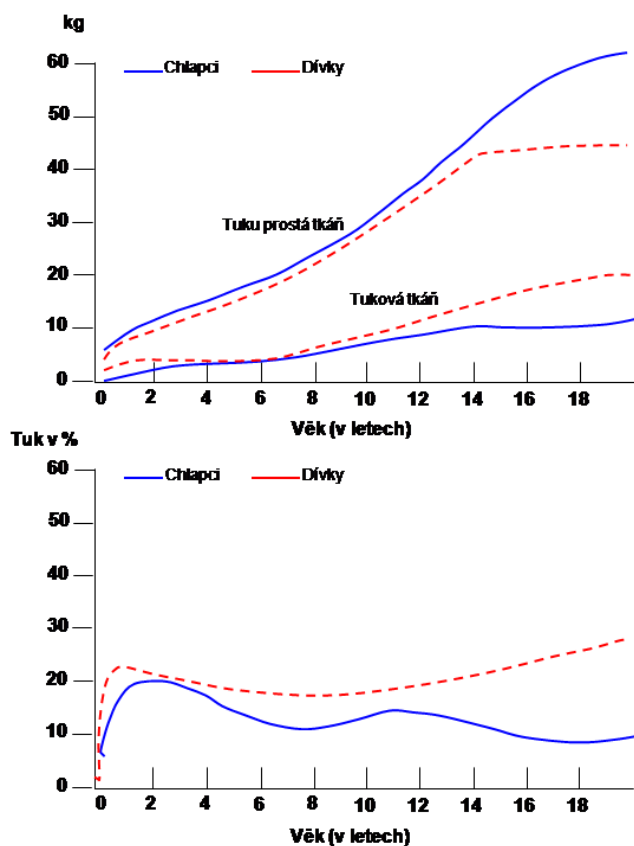
Kromě vývoje sekundárních pohlavních znaků dochází k výraznému zrychlení růstu těla, označovanému jako *pubertální růstový spurt* (10-12 cm/rok), v anglické literatuře jako *adolescentní spurt* (Pozn.: je sporné, zda jde o pubertální nebo adolescentní sport, u dívek totiž k vrcholu růstové rychlosti dochází obvykle ještě před *menarche*, zatímco u chlapců až po *spermarche*). Jde o druhé nejintenzivnější růstové období lidské ontogeneze. Pubertální spurt je dán vlivem pohlavních hormonů na hypothalamus, konkrétně snížením citlivosti hypothalamu na zpětnou vazbu regulující hladiny somatotropinu po celé dosavadní dětství.

Vrcholy pubertálního spurtu přichází v různých segmentech těla v různou dobu (pořadí (1. – dolní segment; 2. – celková výška a délka horních končetin; 3. – horní segment), to má za následek proměny proporcionality v průběhu puberty a adolescence. Poměr délky trupu ke končetinám v pubertě vzrůstá (Prokopec 1967, s. 396). V období adolescence se rychlost růstu pomalu snižuje, ustavuje se konečná proporcionalita postavy. Uzavírají se růstové chrupavky a tělo téměř přestává růst do délky. Vlivem rozdílné hladiny pohlavních hormonů u chlapců a u dívek dochází v průběhu puberty ke zvýrazňování pohlavního dimorfizmu ve tvaru postavy. U mužů dochází působením androgenů k rozvoji muskulatury (dochází k růstu svalové tkáně na úkor tukové) a dalších znaků majících vliv na fyzickou výkonnost. Androgeny zároveň snižují investice do imunitního systému (Kaplan, Gangestad 2004). U dívek dochází ke zvyšování podkožních zásob tuku, nárůst svaloviny u nich zůstává přibližně na stejné úrovni, jako byl v dětství. Estrogeny urychlují srůst růstových chrupavek. Proto dochází u dívek k dřívějšímu zastavení růstu dlouhých kostí, než u chlapců (Kaplan, Gangestad 2004).

Stejně jako v předcházejících obdobích se zefektivňuje činnost orgánových soustav, klesá dechová (16/minutu) i tepová frekvence.



Obr. 4.6. Pubertální růstový spurt u chlapců a dívek. Vrchol růstového spurtu (Peak Height Velocity, PHV) chlapců a dívek byl zde pro srovnání synchronizován (ve skutečnosti dívky chlapce cca o 2 roky předbíhají); symboly označují období rozvoje příslušných znaků a stupně Tannerových škál (G – genitál, PH – pubické ochlupení, B – prsy, Spermie – spermarche, CNS puberty – období reaktivace hypotalamo-hypofyzo-gonadální osy, LH – vzestup hladin luteinizačního hormonu).



Obr. 4.7. Typické distanční křivky vývoje tukuprosté a tukové tkáně a proporce tělesného tuku pro chlapce (modře) a dívky (červeně).

#### 4.4.2. Motorika

Změny jsou výraznější než v předcházejícím období. Především díky dalšímu procvičování a růstu svalstva se zvyšuje síla, hbitost, rovnováha, koordinace, ale také schopnost jemné motoriky.

#### 4.4.3. Percepce

Vnímání všech smyslů dosahuje v období dospívání svého maxima.

#### 4.4.4. Imunita

Redukuje se thymus a lymfatická tkáň, celkově je ale imunitní systém na vrcholu. To na jedné straně znamená nejvyšší odolnost vůči patogenům, ale také zvýšené riziko rozvoje autoimunitních chorob.

#### 4.4.5. Kognitivní vývoj

Intelligenční vývoj pokračuje po celé období dospívání až do časně dospělosti, dospívající jsou však už velmi blízko maximu svých schopností. Podle Piageta postupují dospívající na úroveň *stadia formálních operací*, na které jsou schopni pracovat s abstraktnějšími, obecnějšími pojmy nesouvisejícími s bezprostřední smyslovou zkušeností. Na rozdíl od předchozí úrovně dokážou také provádět logické operace nezávisle na obsahu sdělení. Systém formálních operací také umožňuje myslet o myšlení, tedy myšlenkové operace mohou být objektem dalších operací (Langmeier, Krejčířová 2006, s. 152).

#### 4.4.6. Komunikace a socializace

Pokračuje vývoj řeči, roste slovní zásoba, složitost výrazové stavby i celková výrazová schopnost. V období dospívání dochází k řadě psychických změn, jejichž příčinou je ohlášení nových pudových tendencí spojených s pohlavním životem a také změna v přístupu okolí (Langmeier, Krejčířová 2006, s. 147).

V dospívání vrcholí proces osamostatňování a rozšiřování sociálních vztahů. Dospívající se na jedné straně uvolňuje ze závislosti na rodičích, na straně druhé navazuje diferencovanější kontakty ke svým vrstevníkům (Langmeier, Krejčířová 2006, s. 155). Důležitým procesem, probíhajícím v období dospívání, je dosažení jasného a stabilního pocitu vlastní identity (Langmeier, Krejčířová 2006, s. 160).

## 5. Vývoj člověka v dospělosti a stáří

### 5.1. Plná dospělost, zralost a střední věk

#### 5.1.1. Tělesné znaky

Dospělostí končí období tělesné maturace a růstu. Dospělost však neznamená úplné zastavení somatického růstu, ten do jisté míry pokračuje až do druhé poloviny třetí dekády a některé orgány (např. nos) do určité míry rostou po celou dospělost až do stáří. Jako hranice dospělosti se z pohledu růstu považuje doba, kdy je celkový roční přírůstek menší než 1 cm. Funkčně je pak dospělost definována dokončeným rozvojem primárních a sekundárních pohlavních znaků a kosterní a svalovou zralostí (Malina 1989, s. 235).

Znaky dospělosti člověka podle Tannera (Malina 1989, s. 235):

- Husté pubické ochlupení dospělého typu, u žen s ostrou horizontální hranicí dosahující až k inguinální čáře, u mužů po celé *regio pudendalis* vybíhající k pupku.
- Genitál dospělý ve velikosti i tvaru, pigmentovaný, dále se nezvětšující, u mužů silně zřasené *scrotum*.
- U mužů varlata objemu 16-25 ml; u žen prsy s velkou a pigmentovanou areolou, dobře rozlišenou od papily.
- U žen prodělané *menarche*, u mužů prodělané *spermarche*.

Mladí dospělí se těší obecně velmi dobrému zdraví, hlavní příčinnou smrti jsou v tomto období úrazy. V pozdějším věku 35-40 let se na přední místo příčin úmrtí dostávají nádorová onemocnění. Ve druhé polovině dospělosti je celá řada nemocí vázána na postupný pokles rezervní kapacity (který je výrazný ve stáří), stále je však nemocnost poměrně nízká (Papalia, Wendkos Olds 1989, s. 488 a 489).

Vrcholu psychických i fyzických schopností dosahuje člověk ve třetí dekádě života, po které se obecně začínají projevovat první známky stárnutí (šedivění vlasů, funkčně znatelnější opotřebenosti chrupu atd.), které jsou do padesáti let tak pozvolné, že je člověk téměř nepocítuje. Velmi brzy stárnou tepny, ve kterých se ukládají soli, vápník a cholesterol, čímž klesá jejich pružnost a rozvíjí se ateroskleróza. Ztrátou pružnosti cév dochází k postupnému zvyšování krevního tlaku. Mezi 50. a 60. rokem také začíná klesat výkonnost srdce. Celkově v pozdní dospělosti klesá výkonnost a odolnost proti zátěži (Suchý 1967, s. 406).

### 5.1.2. Motorika

Vrcholu svalové síly dosahuje člověk mezi 25. a 30. rokem života, poté dochází k jejímu postupnému ubývání, zhruba o 10% mezi 20. a 60. rokem života (Langmeier, Krejčířová 2006, s. 190; Papalia, Wendkos Olds 1989, s. 484). Úbytek fyzických možností je v dospělosti významně svázán s tělesnou aktivitou.

### 5.1.3. Percepce

Smysly dosahují největších schopností v časně a střední dospělosti. V druhé polovině dospělosti člověk sám zaznamenává zhoršování smyslových schopností, stále však jde o poměrně malé změny.

Nejdříve se stárnutí projeví na oční čočce, která již od mládí ztrácí pružnost vlivem zvyšování obsahu minerálních látek, čímž oko postupně přichází o schopnost pozorovat blízké předměty. Sítnice je nejcitlivější okolo třicátého roku života, již od 16 let se však na histologické úrovni dají pozorovat degenerativní změny (Suchý 1967, s. 406). K výraznějšímu zhoršování zraku dochází od 40. roku života, kdy mají lidé kvůli zvyšující se mineralizaci čočky sklon k dalekozrakosti. Dochází také ke zmenšování zornice a tím ke zhoršení vidění za špatných světelných podmínek (Papalia, Wendkos Olds 1989, s. 413, 483).

Ke zhoršování sluchu dochází bujením vaziva, se zvyšujícím se věkem klesá schopnost vnímat vysoké tóny (z 18 000-20 000 herců u dvacetiletých na zhruba 10 000 hz v 50-60 letech; Suchý 1967, s. 406). Zřetelné zhoršování schopnosti vnímat vysoké tóny začíná již po 25. roku života, výraznější jsou tyto degenerativní změny po padesátce. (Papalia, Wendkos Olds 1989, s. 413).

Stárnutí ostatních smyslů můžeme pozorovat až později. Od páté dekády života se zhoršuje chuť, především schopnost rozeznat jemné chuťové rozdíly. Čich se začíná zhoršovat nejpozději za všech smyslů (Papalia, Wendkos Olds 1989, s. 413, 483-484).

#### 5.1.4. Kognitivní vývoj

Výkonnost inteligence nezávislé na učení a zkušenosti (tedy fluidní inteligence) navazuje na vzestupnou tendenci z předcházejícího období adolescence a dosahuje vrcholu okolo 30. roku života, poté zůstává až do 50-60 let poměrně stabilní. Některé schopnosti pak rostou i do pozdní dospělosti (Langmeier, Krejčířová 2006, s. 170).

Naproti tomu krystalická inteligence, která vychází ze schopnosti zapamatovat si a v budoucnu využít nějakou informaci, stoupá po celé období dospělosti a u některých lidí také ve stáří (Papalia, Wendkos Olds 1989, s. 426). To odráží také schopnost řešení praktických problémů, které vrcholí mezi 40. – 60. rokem života (Langmeier, Krejčířová 2006, s. 170).

#### 5.1.5. Reprodukce a sexualita

Ke konci dospělosti se u žen dostavuje menopauza (klimakterium, přechod), tedy ukončení reprodukční aktivity, v němž postupně vyhasíná aktivita pohlavních orgánů a dochází k výrazným hormonálním změnám, zejména poklesu hladin pohlavních hormonů (vaječníky přestávají produkovat progesteron a estradiol a estrogeny jsou nadále produkovány jen aromatizací androstendionu). V důsledku porušení zpětnovazební kontroly se naopak zvyšují hladiny folikuly stimulujícího hormonu (FSH) a luteinizačního hormonu (LH). Klimakterium je doprovázeno také fyzickými (pocení, návaly horka aj.) a psychickými (podrážděnost, rozkolísanost) potížemi (Ganong 1999; Riegerová 1993, s. 79; Vokurka, Hugo a kol. 2006, s. 467).

Po klimakteriu následuje dlouhé postreprodukční období (ženy ztrácí plodnost, muži si sice uchovávají plodnost do vyššího věku, ale pokud nevymění partnerku, znamená její klimakterium konec reprodukce i pro ně), které je specifikem v lidské životní historii. Ve skutečnosti se ale člověk obvykle přestává reprodukovat několik let před klimakteriem ženy, biologická ztráta schopnosti produkovat pohlavní buňky a udržovat menstruační cyklus tedy *není* vlastním mechanismem ukončení reprodukce ženy v její životní historii.

Příčiny vzniku klimakteria nejsou dány biologicky, mnohé organizmy se rozmnožují i v mnohem vyšším věku. S rostoucím věkem matky se ale zvyšuje pravděpodobnost riziko spojené s těhotenstvím a péčí o děti a také pravděpodobnost jejich úmrtím. Z pohledu teorie životní historie dosahují ženy větší inkluzivní fitness, když v tomto věku zvyšují reprodukční úspěch svého potomstva, na úkor své další reprodukce. Z údajů v matrikách vyplývá, že přítomnost matky v blízkosti (ve stejné vesnici či poblíž) dospělé dcery má skutečně významný vliv na reprodukci, zkracuje interval mezi porody a zvyšuje celkový počet dětí dcery. Přínos postreprodukčního života slábne v okamžiku, kdy už i dcery ukončí svoji reprodukci; v tomto období se také zvyšuje úmrtnost žen (Lahdenperä 2007; Beise 2005).

Vliv přítomnosti otce/dědečka na reprodukci potomků popisuje ve své práci Lahdenperä se svými kolegy (2007). V přítomnosti otce se snižoval věk prvního těhotenství a také interval mezi porody. Otec/dědeček však neměl, na rozdíl od matky/babičky, vliv na počet vnuků, muži si podle tohoto výzkumu svoji fitness svou dlouhověkostí nezvyšují. Přítomnost otce/dědečka tedy měla vliv na *life history* jeho potomků, ale ne takový, aby zvýšila jeho fitness (Lahdenperä et al. 2007).

#### 5.1.6. Emoce a socializace

Také z psychologického hlediska je dospělost obdobím zralosti a překonání rozporů dětství a dospívání. Mladší dospělost je přechodnou fází, ve které se člověk vymaňuje z dosavadní závislosti na rodičích, ale stále se učí řadě schopností a dovedností nezbytných pro dospělý život. V souvislosti s modernizací společnosti a zvyšujícím se nárokům na připravenost dochází k postupnému prodlužování fáze mladší dospělosti (Langmeier, Krejčířová 2006, s. 170; Papalia, Wendkos Olds 1989, s. 451-453). Většina lidí dnes plně přejímá dospělou odpovědnost teprve mezi 25. a 30. rokem života.

Dalším přechodným obdobím dospělosti je období zakládání vlastní rodiny a rodičovství. Hlavním formujícím faktorem je rozšíření intimního vztahu dvou lidí o další zcela závislé osoby, děti, a s tím spojená zodpovědnost za jejich výchovu a zaopatření. Stejně tak jako se vyvíjí vychovávané dítě, vyvíjí se také rodiče, přehodnocují svoji kariéru a hodnotový systém apod. (Papalia, Wendkos Olds 1989, s. 468-471).

Do období pozdní dospělosti, nejčastěji mezi 40. – 45. rok bývá lokalizována tzv. *krize středního věku*, krizové období přehodnocování původně zvolených cílů a svých postojů k okolí (Langmeier, Krejčířová 2006, s. 170).

## 5.2. Stárnutí a stáří

Toto období můžeme dále dělit na – období stárnutí 60-74; vysokého stáří 75-89; a kmetského věku 90 a více. V lékařské praxi je za starého považován člověk nad 75 let (Riegerová 1993, s. 80).

### 5.2.1. Tělesné znaky

Od šesté dekády se objevují první zřetelné příznaky stárnutí. Výrazný je pokles záložní (rezervní) kapacity orgánů a tělesných systémů pro mimořádné události. V mládí a dospělosti pracuje běžný orgán na 10 až 25% svého maximálního výkonu, ve stáří se tento podíl zvyšuje a rezerva klesá. Snižuje se výdrž a výkonnost, odolnost vůči chorobám, narůstá počet nádorových onemocnění, zpomaluje se hojení ran apod.

Dochází k úbytku svalové hmoty a síly. Tento úbytek je dán jednak atrofií samotných svalů, jednak porušením jejich inervace, ať už poškozením periferních nervů nebo úbytkem motoneuronů v kuře mozkové. Úbytek svaloviny ve stáří je progresivní, v devadesáti letech může její objem klesnout na 30 procent původních hodnot.

Postupně dochází ke zvyšování obsahu tuku, relativně přibývá vaziva na úkor funkčních tkání. Odumírají neurony a jsou nahrazovány gliovými buňkami. Srdeční tep se zpomaluje a stává se nepravidelný. Přes nižší srdeční výkonnost stoupá, zejména vinou aterosklerózy, krevní tlak.

Snižuje se množství podkožního tuku a vaziva, kůže ztrácí elasticitu a dostává podobu „pergamenu“ (Papalia, Wendkos Olds 1989, s. 544). Progresivním úbytkem melaninu dochází k zešedivění vlasů. Pokračuje také ústup vlasové linie a rozvoj alopecie (i když šedivění vlasů i plešatění byly jako jedny z prvních projevů stárnutí patrné již od časně dospělosti).

Velkými geriatrickými syndromy jsou *instabilita* (porušení kontroly rovnováhy), *imobilita* (pomalá chůze pouze na krátké vzdálenosti, potřeba holi nebo pomoci), *inkontinence* a *intelektové poruchy*. Běžné jsou ztráta chrupu a ústup alveolárního výběžku čelistí.

Navzdory postupujícím degenerativním změnám je většina starých lidí zdravá. Až 60% lidí nad 60 let a více než polovina starších 80 nemusí výrazněji omezovat své denní aktivity (Papalia, Wendkos Olds 1989).

### 5.2.2. Motorika

S postupujícím věkem dochází ke zpomalování pohybů a reakcí, poklesu síly a výdrže. Výrazné ústup muskulatury na úkor tukové tkáně má za následek snížení pohyblivosti a je jednou z hlavních příčin ztráty nezávislosti ve stáří (Malina 1998, s. 204). Mezi 65. – 75. rokem je soběstačných 85 % lidí, u osob starších 85 let je to již pouze 40%.

### 5.2.3. Percepce

Dochází ke zhoršování smyslového vnímání. Výrazné zhoršení zraku můžeme pozorovat zhruba u 90% lidí starších 60 let, sluchu pak zhruba u 30% lidí.

Rozvoj dalekozrakosti, výrazný zejména v druhé polovině dospělosti, se kolem 60. roku ustaluje a dále již nepostupuje. Přesto se celkově zrak zhoršuje natolik, že okolo 65. roku mají někteří lidé vážné problémy se zrakem – špatně rozlišují hroubku a odstín barev, hůře se adaptují na změny světla a zhoršuje se vidění za špatných světelných podmínek. Častým problémem jsou zákaly. U některých lidí vedou tato zhoršení až k úplné ztrátě zraku (Papalia, Wendkos Olds 1989, s. 541-542).

Běžné jsou také poruchy sluchu, stejně jako v dospělosti dochází ke zhoršování schopnosti vnímat vysoké tóny. Problémy se sluchem má až polovina lidí mezi 75-79 lety (Papalia, Wendkos Olds 1989, s. 542).

Dochází také ke zhoršování chuti a čichu. Výrazné jsou tyto změny zejména po 80. roce, kde více než polovina lidí pociťuje ztrátu chuti a téměř 4/5 také ztrátu čichu (Doty et al. 1984). Pokles je natolik významný, že vyúsťuje ve zhoršování chuti k jídlu a podvýživě.

#### 5.2.4. Kognitivní vývoj

Všudypřítomné jsou poruchy paměti, postižené je zejména vyvolání nových informací a učení, proto je postižené zejména vybavování si nových událostí. Nejvíce postiženou složkou paměti je dlouhodobá paměť na nově naučené informace. Krátkodobá paměť i dlouhodobá paměť zůstávají téměř na stejné úrovni, na jaké byly na konci dospělosti (Papalia, Wendkos Olds 1989, s. 559).

Zřetelně klesá inteligence, rozdíly v poklesu výkonnosti jsou však značně individuální, různé kognitivní schopnosti se také mění různě. Úroveň fluidní inteligence (schopnost například řešit problém v časové tísně) pokračuje ve svém sestupu započatém již ve čtvrté dekádě života. Ve stáří však začíná klesat také úroveň krystalické inteligence (čerpající z velké části ze zkušeností), i když u některých lidí se i nadále zvyšuje (Langmeier, Krejčířová 2006; Papalia, Wendkos Olds 1989, s. 426).

Nejčastější psychiatrickou diagnózou ve stáří je *dementia*, tedy pokles intelektuálních a kognitivních funkcí, jež je pomalý, trvalý a nevratný.

#### 5.2.5. Emoce a socializace

Stejně jako v předcházejících obdobích, jsou velmi důležité blízké vztahy k rodině a přátelům. Těchto kontaktů však po sedmdesáti letech ubývá, zejména proto, že stávající vrstevníci začínají umírat a lidé více váhají s navazováním nových kontaktů.

#### 5.2.6. Stárnutí a mortalita

Stárnutí je proces fyzických, psychických a sociálních změn organismu. Na biologické úrovni se stárnutí projevuje snižováním výkonnosti tělesných orgánů, odolnosti vůči stresu a zátěži, schopnosti udržovat homeostázu a tím způsobené větší náchylnosti k onemocněním a úrazům. Na histologické úrovni dochází k degeneraci tkání, snižováním míry dělení buněk a jejich odumíráním. Ne všechny tkáně a součásti tkání však v průběhu života degenerují, na určité rozlišovací úrovni se vždy dostaneme k nestárnoucím elementům tvořícím stárnoucí vyšší celek. Stárnutí není nevyhnutelný proces, je výsledkem genetického naprogramování. Jedinci celé řady jiných druhů žijí velmi dlouho a rozmnožují se až do pozdního věku.

#### 5.2.7. Teorie vysvětlující smrt a stárnutí

*Teorie vnitrodruhové kompetice:* staří umírají, aby uvolnili místo mladým. To umožňuje přizpůsobení populace změnám prostředí. Nebere v úvahu protichůdné působení individuální selekce.

*Teorie selekčního stínu nebo akumulace mutací:* stárnutí je výsledkem postupného snižování účinnosti selekce vůči škodlivým genům v závislosti na chronologickém věku. Selektce vůči genům, jejichž negativní účinek se projeví v pozdějším věku, je velmi slabá,

protože organizmus již předal své geny do další generace. Geny, které zapříčiňují stárnutí, však nejsou náhodně rozprostřeny po genomu, ale jde o konkrétní geny společné všem eukaryotickým buňkám (Gavrilov, Gavrilova 2006, s. 4).

*Teorie antagonistických účinků mutací* (anglicky *antagonistic pleiotropy theory*): zhoršování životaschopnosti starších jedinců způsobují mutace, které přináší výhodu mladším, ale současně nevýhodu starším. Alely, které by zvyšovaly fitness v mladším věku, ale zhoršovaly životaschopnost u starších jedinců, by byly selekčně zvýhodněny. Tato teorie nevyklučuje teorii předchozí, rozdíl je jen v selekci genů. Zatímco u teorie akumulace mutací se mutace hromadí pasivně z generace na generaci, v případě této teorie jsou ve stáří škodlivé geny aktivně hromaděny (Gavrilov, Gavrilova 2006, s. 4).

*Teorie opotřebovávání* (anglicky *disposable soma theories*): tyto teorie vychází z teorie životní historie. Investice do rozmnožování, udržování těla a růstu jsou vždy kompromisem, což znamená, že ani jednu z těchto věcí nemůže organizmus vykonávat dokonale. Při omezenosti zdrojů musí organizmus omezovat své investice do udržování svého těla a nezvratně stárne.

Současná střední délka života (SDŽ) je v rozvinutých zemích 77-83 let. Až do 19. století se hodnota střední délky života pohybovala na úrovni 20-30 let. V posledních dvou stoletích se střední délka života zvyšuje především díky snížení kojenecké a dětské úmrtnosti, zavedení kanalizace a sanitárních opatření, snížení úmrtnosti rodiček a zlepšení péče a výživy. V současnosti je střední délka života vyšší u žen než u mužů. Muži spotřebovávají více tabáku, drog a alkoholu, věnují se rizikovějším aktivitám, testosteron působí oxidační stres (naopak menstruace pomáhá ženám zbavovat se těžkých kovů), více se projevují nemoci vázané na chromozom X. Ne vždy tomu tak však bylo, v minulosti srážela hodnotu SDŽ u žen především vysoká úmrtnost rodiček při porodu.

Podle údajů Světové zdravotnické organizace je v současnosti střední délka života mužů v české republice 73,45 let, u žen 79,67 let. Od roku 1990 přitom došlo k růstu SDŽ o 5,8 let u mužů a 4,3 roku u žen. Nejčastějšími příčinami smrti byly: kardiovaskulární choroby (53%, toho nejvíce ischemická choroba srdeční s 26%), maligní novotvary (28,4%, nejvíce rekta a konečníku), nemoci trávicího traktu (4,5%) a úrazy (6,5%). Příčiny smrti v jednotlivých věkových kategoriích uvádí obr. 5.1.

věkové rozmezí	0-1		2-4		5-14		15-24		25-34	
	n/100000	% ze všech umrtí	n/100000	% ze všech umrtí	n/100000	% ze všech umrtí	n/100000	% ze všech umrtí	n/100000	% ze všech umrtí
infekční a parazitická onemocnění	2	0,6	0	0,0	0,4	2,5	0,1	0,2	0,2	0,3
otrava krve	0	0,0	0	0,0	0,2	1,3	0,1	0,2	0,1	0,1
zhoubné novotvary	4,9	1,5	1,9	10,2	2,2	14,0	4	7,8	10,2	14,2
nezhoubné novotvary	0	0,0	0,2	1,1	0	0,0	0,1	0,2	0,1	0,1
cukrovka	0	0,0	0	0,0	0,1	0,6	0	0,0	0,4	0,6
nemoci oběhového systému	2	0,6	0,3	1,6	0,3	1,9	3	5,8	6,5	9,0
-- cerebrovaskulární poruchy	1	0,3	0	0,0	0	0,0	0,7	1,4	1,3	1,8
úrazy	17,5	5,2	5,15	27,7	8,5	54,0	25	48,5	24,5	34,0
věkové rozmezí	35-44		45-54		55-64		65-74		více než 75	
	n/100000	% ze všech umrtí	n/100000	% ze všech umrtí	n/100000	% ze všech umrtí	n/100000	% ze všech umrtí	n/100000	% ze všech umrtí
infekční a parazitická onemocnění	1,1	0,7	3,6	0,8	7,9	0,7	11,2	0,4	29,7	0,3
otrava krve	0,3	0,2	0,9	0,2	3,6	0,3	7	0,2	19	0,2
zhoubné novotvary	37,5	25,0	165	34,9	475	41,6	1009	35,9	1850	19,3
nezhoubné novotvary	0,2	0,1	0,6	0,1	2	0,2	8	0,3	19,55	0,2
cukrovka	1,6	1,1	4,7	1,0	15,5	1,4	43	1,5	120	1,3
nemoci oběhového systému	11,1	7,4	120	25,4	331	29,0	1258	44,8	6040	62,9
-- cerebrovaskulární poruchy	4,3	2,9	18,6	3,9	68,5	6,0	292	10,4	1721	17,9
úrazy	27	18,0	42	8,9	39,5	3,5	60,5	2,2	226	2,4

Obr. 5.1. Hlavní příčiny smrti v jednotlivých věkových kategoriích v České republice v roce 2005. V prvním roce života jsou hlavní příčinou úmrtí vrozené vady a poruchy spojené s těhotenstvím a porodem. Zdroj: Světová zdravotnická organizace, <http://www.who.int/healthinfo/morttables/en/>