

Vývoj močopohlavního systému

Vývoj močového a pohlavního systému je spolu úzce spjat. Vyvíjejí se společně z **intermediárního mesodermu** (probíhá podél zadní stěny břišní) a jejich vývody zpočátku ústí do společné dutiny – **kloaky**.

Močový systém

Během prenatalního vývoje člověka se zakládají 3 z částí se překrývající systémy vylučovacích orgánů:

- *Pronephros* – je rudimentární a nefunkční orgán.
- *Mesonephros* – se funkčně uplatňuje jen v krátkém časovém úseku, v časném fetálním období.
- *Metanephros* – což je definitivní ledvina.

Pronephros

Pronephros též předledvina se vyvíjí v průběhu **4. týdne**. Tento orgán je patrný na začátku čtvrtého týdne jako **7–10 zřetelných skupin buněk v krční oblasti**. Tyto shluky buněk jsou považovány za rudimentární vylučovací jednotky – **nefrotomy**. Tyto struktury nejsou již na konci 4. týdne patrné, přičemž kraniálně ležící nefrotomy zanikají dříve, než se vytvoří ty, které leží kaudálně.

Mesonephros

Mesonephros též prvoledvina tvoří skupina vylučovacích kanálků a ductus mesonephricus, které pocházejí z **intermediárního mesodermu v úrovni od horní hrudní po horní bederní oblast (L3 segment)**. První vylučovací kanálky se objevují v době zániku pronephros – **na začátku 4. týdne vývoje**. Tyto kanálky se rychle prodlužují, získávají kličku ve tvaru písmene S a získávají kontakt s klubičkem kapilár, které na jejich mediálním konci tvoří **glomerulus**. Vylučovací kanálky vytvářejí kolem glomerulu **Bowmannovo pouzdro** a spolu s ním tvoří útvar nazývaný **corpusculum renale**. Vylučovací kanálky laterálně vyústí do podélného odvodného kanálku – **ductus mesonephricus**, nazývaného též **ductus Wolffii**. Mesonephros je v polovině druhého měsíce velký vejčitý párový orgán po stranách střední čáry. Zde leží laterálně od vyvíjející se pohlavní žlázy a val tvořený oběma těmito orgány podmiňuje řasu, **plica urogenitalis**. Postupně kanálky a glomeruly mesonephros v kraniokaudálním směru zanikají, přičemž **koncem 2. měsíce** vývoje je takto degenerována již většina mesonephros. Pouze u mužských plodů **několik kaudálních kanálků a ductus mesonephricus persistují**, aby se tak mohly podílet na utváření **vývodných pohlavních žláz**, u ženských plodů se tak neděje.

Metanephros

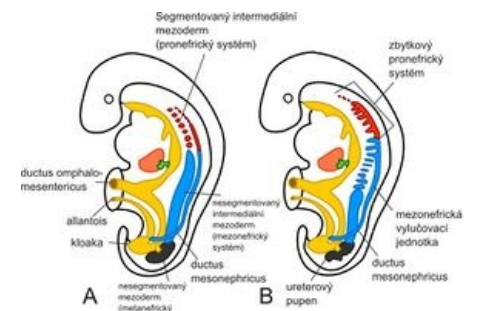
Konečný vylučovací orgán se objevuje v 5. týdnu. Jeho vylučovací jednotky se vyvíjejí stejným způsobem jako mesonephros, z **metanefrogenního blastému** – nesegmentovaná masa tkáně intermediárního mesodermu v dolní hrudní, bederní a sakrální krajině. Vývoj soustavy sběracích a odvodných kanálků je ale odlišný. Sběrací a odvodné kanálky definitivní ledviny se vytvoří **do konce 5. týdne** vývoje, přičemž se vyvíjejí **z ureterového pupenu**, který vyrůstá z ductus mesonephricus blízko jeho ústění do kloaky. Pupen vrůstá do tkáně metanephros, která nad ním tvoří čepičku. Tím, jak se pupen vzápětí rozšiřuje, tvoří primitivní **ledvinovou pánvičku** a rozdělí se na kraniální a kaudální část, základ příštích **calices majores**. Každý kalich dále tvoří 2 nové pupeny, které pronikají do tkáně metanephros a pokračují v rozdělování, až vznikne min. 12 generací kanálků. Vzhled takto vytvořených kanálků se ale mění, jelikož kanálky 2. řádu se zvětšují a vtahují do sebe kanálky 3. a 4. generace, čímž vzniknou **calices minores**. Dále se sběrací a odvodné kanálky 5. a vyšších generací značně prodlužují a současně se sbíhají ke calices minores, aby tak vznikly **pyramides renales**. Ureterový pupen tak dává vzniknout **ureteru, pánvičce ledvinné, malým a velkým kalichům, stejně tak i sběracím a odvodným kanálkům**, kterých je založeno 1–3 miliony.

Vylučovací systém

Na periférii každého nově vytvořeného sběracího kanálku nalézáme **čepičku tkáně metanephros**. Sběrací kanálky indukují v této tkáni vznik malých váčků – **vesicules renales**, které jsou tvořeny buňkami metanephros. Z vesicules renales postupně vznikají **kanálky stočené do tvaru písmena S**, následně se kolem esovitého kanálku zvětšují kapiláry a vytvářejí klubička – **glomeruly**. Tyto kanálky a jejich glomeruly jsou základem vylučovací jednotky – nefronu. Z periferního konce nefronu je kolem glomerulu vytvořeno Bowmanovo pouzdro a glomerulus je do něj nakonec zavzat. Opačný konec kanálku se otevírá do sběracího kanálku, čímž je umožněn průchod z Bowmanova pouzdra do odvodného systému. Následně roste vylučovací kanálek do délky a vytváří **proximální stočený kanálek, Henleovu kličku a distální stočený kanálek**.

Ledvina tedy vzniká ze 2 základů

- z mesodermu metanephros – vylučovací jednotka;
- z ureterového pupenu – sběrný a odvodný systém.



Vývojové typy vylučovacích orgánů

Nefrony se tvoří pouze v prenatálním období a při narození je jich zhruba 1 milion. moč se začíná tvořit od 10. týdne vývoje nedlouho poté, co se začaly diferencovat kapiláry glomerulů.

Molekulární mechanismy vývoje ledvin

 Podrobnější informace naleznete na stránce *Molekulární mechanismy vývoje ledvin*.

Diferenciace ledviny je podmíněna interakcí epitelu (epitel ureterového pupenu) a mesenchymu (mesenchym metanefrogenního blastému). Mesenchym exprimuje transkripční faktor WT 1, který je odpovědný za schopnost metanefrogenního blastému odpovídat na indukční vliv ureterového pupenu. Mesenchym též produkuje řadu dalších růstových faktorů, které zprostředkovávají interakci mezi epitelem a mesenchymem.

Močový měchýř a urethra

Během 4.–7. týdne vývoje rozdělí septum urorectale **kloaku** na *sinus urogenitalis* (vpředu) a **canalis analis** (vzadu). Septum urorectale je vrstva mesodermu mezi primitivním análním kanálem a sinus urogenitalis.

Na sinus urogenitalis rozlišujeme 3 části.

- *Horní a největší část* je základem **močového měchýře**. Ten zpočátku souvisí s *allantois* kanálkem, který představuje **urachus**. Poté, co lumen allantois obliteruje, zachovává se z něj vazivový pruh od vrcholu měchýře k pupku – **ligamentum umbilicale medianum**.
- Další částí urogenitálního sinu je jeho *pánevní úsek*, ze kterého pochází u mužského pohlaví **prostatická a membranozní část urethry** a u ženského pohlaví **celá urethra**.
- Poslední částí urogenitálního sinu je jeho *spongiózní část*. Z té u mužského pohlaví vzniká **spongiózní část urethry** kromě její pars glandis, která vzniká z ektodermového epitelového čepu. U ženských plodů z této části vzniká **vestibulum vaginae**.
- Během diferenciace kloaky jsou kaudální úseky ductus mesonephricus vtaženy do stěny močového měchýře, takže *uretery nyní ústí do močového měchýře samostatně*. Za vzestupu ledvin se jejich *ústí posouvají kraniálně*, kdežto *ústí ductus mesonephricus se k sobě přibližují* a u mužského pohlaví ústí do prostatické části urethry jako **ductus ejaculatorii**. U ženského pohlaví *ductus mesonephricus* nad odstupem ureterového pupenu *zaniká*.

Urethra

Epitel urethry pochází u obou pohlaví z **entodermu**. *Vazivo a hladká svalová tkáň*, která urethru obklopuje, pochází z **mezodermu splanchopleury**. Ke *konci 3. měsíce* začíná epitel prostatické části urethry *proliferovat*, aby tak položil základy **prostatě** u mužských plodů a **urethrálním a paraurethrálním žlázám** u ženských plodů.

Pohlavní systém

Diferenciace pohlaví je komplexní proces, do kterého je zapojeno mnoho genů. Klíčem k sexuálnímu dimorfismu je chromozóm Y, který obsahuje gen determinující varle, nazývaný SRY (sex region on Y). Proteinový produkt tohoto genu je transkripční faktor iniciující genovou kaskádu, která vyvolává redukci, až zánik pohlavních cest opačného pohlaví. Protein SRY – determinuje vznik varlete, tedy mužského pohlaví.

Gonády

Svoje znaky vyvíjejí v 7. týdnu vývoje. Prvotně jsou založeny jako podlouhlé párové lišty – plicae genitales, mediálně od základu ledvin (mesonephros).

3 základy

- Intermediární mezoderm.
- Proliferaci povrchového epitelu (coelomového) – derivát somatopleury.
- Prvopohlavní buňky – v 5. týdnu migrují dorzálním mezenteriem, v 6. týdnu vcestují do gonádové lišty, zde přijdou do kontaktu s provazci epitelových buněk, které jsou z coelomového epitelu, tvoří tady řadu solidních buněčných pruhů (Medulární provazce) = toto stádium se nazývá Indiferentní stádium gonády. **!!Pokud nedojde k vcestování buněk, gonády se nevyvinou!!**

Testis (=varle)

Embryo je geneticky mužského pohlaví, pokud je nositelem gonozómů XY. Pod vlivem chromozómu Y a genu SRY dochází k:

- vyvíjení medulárních provazců,
- tunica albuginea – oddělí medulární provazce od povrchového coelomu,
- netvoří se kortikální provazce.

4. měsíc – provazce ve tvaru podkovy obsahují prvopohlavní buňky a podpůrné Sertoliho buňky, které jsou z buněk povrchového, coelomového epitelu žlázy.

8. týden – Leydigovy buňky, které jsou derivátem původního mezenchymu plicae genitales a leží mezi medulárními

provazci varlete, produkují testosteron, který ovlivňuje diferenciaci vývodných pohlavních cest a vnějších pohlavních orgánů.

Medulární provazce varlete zůstávají kompaktní až do puberty, potom se v nich objeví lumen a diferencují se v tubuli seminiferi contorti. Ty se napojují na **rete testis**. Rete testis se otvírá do **ductuli efferentes testis**, které jsou zbytkem exkretčních tubulů mesonephros. Spojují rete testis s **ductus mesonephricus Wolffii**, ze kterého se vyvíjí **ductus deferens**.

Ovarium (=vaječník)

Chromozomová výbava gonozómů XX. Absence chromozómu Y způsobí, že

- medulární provazce degenerují,
- vyvíjejí se kortikální provazce,
- tunica albuginea se nevyvíjí.

Ve 4. měsíci se kortikální provazce rozpadnou v izolované ostrůvky buněk a každý z nich obklopuje jednu, či více prvopohlavních buněk. Prvopohlavní buňky mitoticky prolifерují, obklopují se jednou vrstvou buněk a vytvářejí primární folikuly. Povrchové buňky, které vznikly z buněk povrchového epitelu, se označují jako folikulární buňky a prvopohlavní buňky jako oogonie.

Vývodné cesty pohlavní

Indiferentní stádium

Původně mají embrya mužského i ženského pohlaví oba páry vývodných cest (mezonefrický, Wolffův vývod a paramezonefrický, Müllerův vývod).

Ductus paramesonephricus vzniká jako podlouhlá invaginace coelomového epitelu na anterolaterálním povrchu urogenitální lišty. Na kraniálním konci má nálevkovitý otvor, kterým se otvírá do dutiny břišní. Kaudálně běží nejprve laterálně od mezonefrického vývodu, potom ho kříží ventrálně a roste dál kaudálně a mediálně. Ve střední čáře přichází do kontaktu s druhostranným paramesonefrickým vývodem. Oba kanálky jsou nejprve oddělené septem, ale potom splynou a vytvoří uterovaginální kanál. Společný dolní hrot vývodů roste dál kaudálně k zadní stěně sinus urogenitalis, kde vytvoří malou vyvýšeninu - paramesonefrický Müllerův hrbolík. Po stranách tohoto hrbolku se otvírá vpravo i vlevo ductus mesonephricus.

Mužské vývodné cesty pohlavní

Při zániku mesonephros se některé jeho kanálky spojují s rete testis a následně se diferencují v ductuli efferentes testis. Kanálky v oblasti kaudálního pólu varlete se s rete testis nespojují a zbytky persistují jako paradidymis. Ductus mesonephricus persistuje v appendix epididymidis (nejkraniálnější část) a v hlavní část mužských vývodných cest – ductus epididymidis (nadvarle), ductus deferens a ductus ejaculatorius. Müllerův vývod u mužského pohlaví degeneruje s výjimkou krátkého úseku, appendix testis.

Ženské vývodné cesty pohlavní

Ženské vývodné cesty se vyvíjejí z ductus paramesonephrici Mülleri. Paramesonefrické vývody jsou obsažené v okraji urogenitální lišty, která se postupně stáčí do transversální roviny, až se ve střední čáře spojí za vzniku plica lata uteri. Z Müllerových vývodů vznikají tubae uterinae a po spojení obou kanálků - canalis uterovaginalis. Canalis uterovaginalis dává základ uteru a horní třetiny vagíny. Dolní dvě třetiny vznikají ze dvou pupenů ve stěně sinus urogenitalis – sinovaginální bulby. Z nich se postupným vývojem vytváří vaginální ploténka, která se diferencuje ve vagínu.

Vnější pohlavní orgány

Indiferentní stádium

Vnější pohlavní orgány se vyvíjejí z párových kloakových řas vytvořených okolo kloakové membrány. Ty se v přední části spojují v tuberculum genitale. V 6. týdnu se kloakové řasy rozdělí na přední uretrální a zadní anální řasy. Mezitím se na vnějším okraji uretrálních řas vytvářejí vyvýšené valy, tori genitales.

Mužské vnější pohlavní orgány

Vznikají pod vlivem androgenních hormonů, které jsou produkovány ve fetálních varlatech. Vývoj je charakterizovaný rychlým růstem tuberculum genitale, které je základem pro corpus penis a glans penis. Spolu s ním rostou uretrální řasy, které jsou základem corpus spongiosum penis a raphae penis, a které následně ohraničují uretrální rýhu. Táto rýha se prodlužuje spolu se základem penisu. Ve třetím měsíci uretrální řasy srůstají ve střední čáře a vytvářejí corpus spongiosum penis, avšak nedosahují až do pars glandis penis. Glandární část uretry se vytváří z epitelového čepu, který je tvořený z ektodermu na povrchu glans penis. Provazec luminizuje a vytváří pars glandis urethrae a ostium externum. Tori genitales splývají, posouvají se kaudálně a diferencují se ve scrotum.

Ženské vnější pohlavní orgány

Vývoj této části ženské pohlavní soustavy je stimulován estrogyeny. Tuberculum genitale se prodlužuje minimálně a vytváří clitoris. Uretrální řasy nesplývají a vytvářejí labia minora. Tori genitales tvoří labia majora. Urogenitální rýha zůstává otevřená a tvoří vestibulum vaginae.

Odkazy

Související články

Vývojové vady ledvin

Použitá literatura

- SADLER, Thomas W. *Langmanova lékařská embryologie*. 1. vydání. Praha : Grada, 2011. 432 s. ISBN 978-80-247-2640-3.
- MOORE, Keith L a T.V.N PERSAUD. *Zrození člověka : Embryologie s klinickým zaměřením*. 1. vydání. 2000. 564 s. ISBN 80-85866-94-3.