

VÝVOJ MOČOPOHLAVNÍHO ÚSTROJÍ

MUDr. Václav Báča, Ph.D.

Anatomický ústav, 3. lékařská fakulta Univerzity Karlovy v Praze

1 Úvod

Močopohlavní ústrojí (*systema urinarium et genitale*, urogenitální systém) tvoří celek nejenom po stránce funkční, ale také po stránce vývojové. Funkčně nacházíme souvislosti zejména u muže, u nějž močová trubice tvoří společný vývod jak pro moč, tak pro semeno. Močopohlavní ústrojí se vyvíjí na konci 3. týdne z intermediárního mezodermu (*mesoderma intermedium*), který je uložen podél zadní tělní stěny embrya. Tento mezoderm se v průběhu horizontálních záhybů posouvá ventrálně, odděluje se od somitů a dává vznik párovému mezodermálnímu vyzdvižení zadní stěny ve formě urogenitální lišty. Tato urogenitální lišta je vlastním základem pro obě ústrojí – laterálně pro močové ústrojí jako nefrogenní lišta (*crista mesonephrica*) a mediálně pro pohlavní ústrojí jako gonadální lišta (*crista gonadalis*). Celek je proto z pohledu didaktického lépe rozdělit na ústrojí vylučovací a pohlavní (systém reprodukční), v anatomii na popisné i vývojové.

1.1 Vývoj močového ústrojí

Vývoj močového ústrojí začíná dříve než vývoj pohlavního ústrojí. Nacházíme zde základní vývojové jednotky: ledviny (*renes*, *nephros*), močovody (*ureteres*), močový měchýř (*vesica urinaria*) a močovou trubici (*urethra*).

2 Vývoj ledvin

Ledviny v ontogenezi lidského zárodka procházejí třemi stadii – *pronephros*, *mesonephros* a *metanephros*. *Pronephros* je rudimentární a zcela nefunkční soustava, *mesonephros* je již dobře vyvinuta a po určitý čas i funkční, *metanephros* představuje definitivní vylučovací ústrojí člověka.

Pronephros (předledvina, *pronefros*) se objevuje začátkem 4. týdne v krční krajině a její vývody se otevírají kaudálně do kloaky. Velmi záhy zanikají kromě jejich společného vývodu (*ductus pronephricus*), který je nadále využíván následujícími vývojovými stadii ledvin.

Mesonephros (prvoledvina, mezonefros) se objevuje koncem 4. týdne kaudálně od *pronephros*, je již dobře vyvinuta a funguje jako dočasné ledviny, dokud nejsou preformovány ledviny definitivní. *Mesonephros* se již skládá z ledvinných tělísek (*glomeruli*, glomeruly) a prvoledvinových kanálků (*tubuli mesonephrici*, mesonefrické kanálky), které se otevírají do kloaky prostřednictvím prvoledvinného vývodu (*ductus mesonephricus Wolffii*, Wolffův vývod), jenž je kaudálním pokračováním *ductus pronephricus*. *Mesonephros* degeneruje na konci třetího měsíce, ale jeho vývody a tubuly u mužského zárodku dávají vznik vývodným pohlavním cestám.

Metanephros (konečná ledvina, definitivní ledvina) se začíná vyvíjet na začátku 5. týdne a funkční začíná být v 9. týdnu. Vyvíjí se ze dvou základů – vlastního metanefrogenního blastému (*cappa metanephrogenica*, *blastema metanephrogenicum*), z intermediárního mezodermu a z močovodového pupenu (*gemma ureterica*, uretrální pupen, *diverticulum metanephricum*, metanefrické divertikulum). Močovodový pupen je výrůstek prvoledvinného Wolfova vývodu blíže jeho kaudálnímu vyústění do kloaky. Jeho kaudální část se stává základem pro močovod (*ureter*), kraniální část pro ledvinnou pánvičku (*pelvis renalis*, pyelon) a sběrací kanálky (*tubuli colligentes*), které posléze svým splynutím vytvářejí velké ledvinné kalichy (*calyces renales majores*) a malé ledvinné kalichy (*calyces renales minores*, ledvinné kalíšky). Během svého růstu vniká močovodový pupen do metanefrogenního blastému a zpětně indukuje jeho vytváření a přeměnu v prvoledvinná tělíska (*corpuscula mesonephrica*), která se postupně mění v ledvinné (metanefrogenní) kanálky (*tubulus urinifer*) s vchlípenými glomeruly na kraniálních koncích. Postupně se diferencují stavební jednotky definitivní ledviny – nefrony, které se skládají z ledvinného tělíska (*corpusculum renale Malpighi*), což je cévní klubíčko (*glomerulum*) s pouzdrem (*capsula glomerularis Bowmani*, Bowmanovo pouzdro), které dohromady tvoří ledvinné klubíčko (*glomerulus*), dále bližší stočený kanálek (*tubulus convolutus proximalis*, proximální tubulus), střední kanálek (*tubulus intermedius*) včetně ledvinné kličky (*ansa nephrica Henlei*, Henleho klička) a vzdálenější stočený kanálek (*tubulus convolutus distalis*, distální tubulus). Vzdálenější stočený kanálek (distální tubulus) se dotýká obloukovitě stočeného sběracího kanálku (*tubulus colligens*) a následně se s ním spojí. Tím je dáno, že ledvinný kanálek (*tubulus urinifer*) vzniká ze dvou vývojově odlišných základů – nefronu z metanefrogenního blastému a sběracího kanálku z ureterálního pupene. Obě tyto složky jsou ve vzájemně induktivním vztahu – větvení ureterálního pupene závisí na kontaktu s metanefrogenním blastémem a zároveň diferenciaci nefronu závisí na kontaktu s ureterálním pupenem. Počet nefronů narůstá od 8. do 18. týdne těhotenství, horní hranice dosahuje v 23. týdnu. Při porodu

je v každé ledvině přítomno osm set tisíc až jeden milion nefronů. Zvětšování ledvin po porodu již není dáno vytvářením nových nefronů, ale je důsledkem růstu intersticiálního parenchymu společně s prodlužováním proximálních a intermediárních tubulů nefronů. Tvorba moči je započata v 9. týdnu a pokračuje po celé fetální období. Moč je vylučována do amniové dutiny, v níž se mísí s plodovou vodou. Plod během svého nitroděložního vývoje spolýká denně stovky mililitrů amniové tekutiny, která je vstřebávána střevem a jejíž odpadové produkty jsou přes placentu vylučovány mateřskou krví. Objem glomerulární filtrace po porodu významně narůstá.

Ledviny během svého vývoje mění svoji polohu. Nejprve jsou uloženy v pánvi blízko sebe ventrálně od křížové kosti. S tělesným růstem zárodku se dostávají výše do prostoru za pobřišnici (retroperitoneálně) a vzdalují se od sebe. Konečnou polohu ve výši prvního bederního obratle zaujímají po kontaktu se základem nadledvin v 9. týdnu těhotenství. Dochází k tzv. „relativnímu“ vzestupu, který je dán především růstem kaudální části trupu zárodku. Ledviny kromě změny polohy ve smyslu skeletotopické výšky prodělávají také rotační změnu – před vzestupem je ledvinná branka (*hilum renale*, ledvinný hilus) otočena ventrálně, během něho se ledvina otáčí o 90 stupňů a branka se tak dostává do své definitivní pozice na mediálním okraji ledviny.

Cévní zásobení ledviny představují nejprve větve ze společné pánevní tepny (*arteria iliaca communis*), při změně polohy ledvin přejímají postupně jejich výživu větve z dolního konce břišní srdečnice (*aorta abdominalis*, břišní aorta). V konečné pozici jsou zásobovány ve výši první bederní meziobratlové ploténky (mezi obratli L₁ a L₂) párem větví, zvaných ledvinné tepny (*arteriae renales*). Původní cévní zásobení podléhá postupné involuci v souladu se vzestupem ledvin, některá z těchto větví se však může zachovat (cca v 30% případů); pak hovoříme o přídatné ledvinné tepně (*arteria renalis accessoria*). V souvislosti s cévním zásobením je nutné se zmínit o rozdělení ledvin na laloky (*lobi*) a dílce (*segmenta*, *segmenty*). Laloky jsou vytvořeny zcela transparentně u fetální ledviny a bývají ještě naznačeny u ledviny novorozence. S růstem a zvětšováním nefronů laločnatost většinou mizí, pokud přetrvává, hovoříme o tzv. renkulizované ledvině (*ren lobatus*, laločnatá ledvina). Cévní zásobení do jisté míry kopíruje lobární uspořádání ledviny, ale podle cévního zásobení lze ledvinu rozdělit na pět dílců (*segmentů*), jejichž dílcové tepny (*arteriae segmentales*) mají charakter konečných tepen a v případě, že se proudění krve do dílcové tepny zastaví, dochází k ischemii postižené oblasti.

3 Vývoj močového měchýře a močové trubice

Základem močového měchýře a močové trubice je prvotní močopohlavní záhyb (*sinus urogenitalis primitivus*). Kloaka je rozdělena mezenchymální přepážkou, močokonečnickovou přepážkou (*septum urorectale*, urorektální septum), na přední část, močopohlavní záhyb (*sinus urogenitalis*) a zadní část, konečnickový záhyb (*sinus rectalis*). Močopohlavní přepážka splývá v 7. týdnu s kloakovou blánou (*membrana cloacalis*), která je touto přepážkou rozdělena na řitní blánu (*membrana analis*) a močopohlavní blánu (*membrana urogenitalis*). *Sinus urogenitalis* můžeme rozdělit do tří částí, horní (měchýřovou) související s allantois, střední (pánevní) a dolní (údivou) rostoucí k pohlavnímu hrbolku (*tuberculum genitale*). Močový měchýř se vyvíjí z horní části (*pars vesicalis sinus urogenitalis*), pouze měchýřový trojúhelník (*trigonum vesicae Lieutaudi*) vzniká z Wolfova vývodu. Stěna močového měchýře, kromě epitelu, který vzniká z endodermu *sinus urogenitalis*, se vyvíjí z okolního splanchnického mezodermu. Močový měchýř nejprve široce komunikuje s allantois, později se toto spojení retrahuje a dává vznik vazivovému provazci nazývanému *urachus*. Ten běží od vrcholu močového měchýře k pupku a u dospělého jedince z něho zůstává středový pupečníkový vaz (*ligamentum umbilicale medianum*), zahalený nástěnnou pobřišnicí ve středovou pupečníkovou řasu (*plica umbilicalis mediana*). Poloha ústí močovodů do měchýře (*ostia ureterum*) prodělává změnu – v souvislosti se vzestupem ledvin jsou tato ústí tažena dorzokraniolaterálně, a proto konečná poloha ústí močovodů je šikmo do dna močového měchýře. U novorozenců nacházíme močový měchýř před pobřišnicí (preperitoneálně) nad stydkou sponou (*symphysis pubica*) i v prázdném stavu, okolo 6. roku zahajuje sestup do pánve a svoji konečnou polohu zaujímá až po pubertě.

U žen se celá močová trubice se vyvíjí z pánevní části močopohlavního záhybu (*pars pelvica sinus urogenitalis*); u mužů z něj vznikají pouze dvě horní části: měchýřová (*pars intramuralis urethrae masculinae*) a předstojnicová část (*pars prostatica urethrae masculinae*). Z údivé části močopohlavního záhybu (*pars phallica sinus urogenitalis*) se u muže vyvíjejí dnová část (*pars intermedia, pars membranacea urethrae masculinae*, membranózní část) a houbovitá část (*pars spongiosa urethrae masculinae*, spongiózní část). Zbývající část mužské močové trubice se vyvíjí z ektodermu močotrubicové ploténky (*lamella glandaris*, uretrální ploténka, glandulární ploténka), která vyrůstá z vrcholu pyjového žaludu (*glans penis*) proti houbovitě části močové trubice, v níž dochází k její kanalizaci a následnému napojení. Proto je epitel této části mužské močové trubice, včetně žaludové jamky (*fossa navicularis urethrae*) odvozen od povrchového ektodermu. Zbývající části stěny močové trubice jsou, stejně jako u stěn močového měchýře, tvořeny materiálem z okolního splanchnického mezenchymu.

4 Vývojové vady močového ústrojí

Vývojové vady ledvin a močovodů se vyskytují u 3-4 % novorozenců. Může jít o anomálii v poloze, při níž nedošlo k úplné rotaci ledviny (*malrotatio renis*, malrotace ledviny), nebo nedošlo k jejímu vzestupu a ledvina setrvala na svém původním místě v pánvi (*ren pelvicus*, ektopie ledviny). Porucha může také vzniknout při napojování obou základů ledvinného kanálku: moč se tvoří, ale není odváděna, a vzniká tak *ren polycysticus*, polycystická dysplastická ledvina.

Počet ledvin – jednostranná geneze (*anephria unilateralis*) v 1:1000 případech, většinou bez příznaků pro kompenzatorní zvětšení druhostranné ledviny. Oboustranná geneze (*anephria bilateralis*) se vyskytuje v 1:3000 případech, je spojena s *oligohydramnion* a novorozenci umírají krátce po porodu, tzn. že tato vývojová vada není slučitelná se životem.

Tvar ledvin – může se vyskytovat ledvina splývající v dolních pólech – podkovovitá ledvina (*ren unguiformis*, *arcuatus*, *concretus*), ledvina splývající horním koncem jedné a dolním koncem druhé – esovitá ledvina (*ren sigmoideus*) nebo splývající oběma konci – houbovitá ledvina (*ren fungiformis*). Mezi anomálie na hranici počtu a tvaru můžeme počítat zdvojenou ledvinu (*ren duplex*) se dvěma brankami, pánvičkami (*pelvis duplex*) i močovody (*ureter duplex*). Pokud se močovody krátce po odstupě z pánvičky spojí, hovoříme o rozštěpeném močovodu (*ureter fissus*). Pokud močovod neústí do močového měchýře, hovoříme o ektopickém ureteru (*ureter ectopicus*). Močovod může být abnormálně zúžený (*ureterostenosis*) v jednom úseku či po celé délce nebo může být v neobvyklé poloze vůči dolní duté žíle (*ureter retrocavalis*) či pánevním cévám (*ureter retroiliacus*).

K vývojovým vadám močového měchýře počítáme patologicky zvětšený močový měchýř (*megacystis*), který vzniká na základě abnormálního vývoje ureterálního pupene či přítomnosti zadních močotrubicových chlopní. Další vývojovou vadou je *exstrophia vesicae urinariae*, která je dána neúplným uzávěrem přední stěny břišní ve střední čáře (*eventratio*) a měchýřový trojúhelník s močovodovými ústími je exponován na povrch. Poruchy vyústění mužské močové trubice se podle místa dělí na *epispadias* (epispádie, na hřbet pyje) a častější *hypospadias* (hypospádie, na močotrubicovou plochu).