

ULTRAZVUKOVÉ VYŠETŘENÍ LEDVIN A MOČOVÉHO MĚCHÝŘE U DĚTÍ

ULTRASONOGRAPHY OF KIDNEY AND URINARY BLADDER IN CHILDREN

přehledový článek

Lenka Bakaj Zbrožková
Kamila Michálková
Filip Čtvrtlík

Radiologická klinika FN a LF UP,
Olomouc

Přijato. 15. 9. 2013.

Korespondenční adresa:

MUDr. Lenka Bakaj Zbrožková
Radiologická klinika FN
I. P. Pavlova 6, 779 00 Olomouc
e-mail: zbrozkova.l@seznam.cz

Konflikt zájmů: Autor neuvádí
žádný konflikt zájmů.

Práce je podporována grantem
IGA UP v Olomouci LF-2013-002.

SOUHRN

Bakaj Zbrožková L, Michálková K, Čtvrtlík F. Ultrazvukové vyšetření ledvin a močového měchýře u dětí

Ultrazvukové (UZ) vyšetření ledvin a močového měchýře je nejčastěji prováděným ultrazvukovým vyšetřením u dětí. K dosažení validních výsledků vyšetření jsou nutné nejen dobré teoretické znalosti vyšetřujícího, ale především osvojení si správných vyšetřovacích postupů. Vyšetřování ledvin u dětí má oproti vyšetřování u dospělých určitá specifika. V tomto článku je probráno široké spektrum indikací k UZ vyšetření ledvin a močového měchýře, přehledně je popsána technika a metodika vlastního vyšetření a podrobně jsou uvedeny základní kvantitativní parametry, které je nutné při správném UZ vyšetření ledvin získat a zhodnotit.

Klíčová slova: ultrazvuk, ledviny, močový měchýř, děti.

SUMMARY

Bakaj Zbrožková L, Michálková K, Čtvrtlík F. Ultrasonography of kidney and urinary bladder in children

Ultrasonography (US) of kidneys and urinary bladder is the most frequently performed ultrasonography investigation in children. To obtain valid results from this investigation not only good theoretical knowledge, but also correct investigation technique is needed. Investigation of kidneys in children compared with investigation in adults has some specifics. In this article large spectrum of indications of kidneys and urinary bladder ultrasonography is discussed, the technique and method of investigation are clearly described and the basic quantitative parameters which are necessary to achieve and evaluate are mentioned.

Key words: ultrasonography, kidney, urinary bladder, children.

ÚVOD

Ultrazvukové (UZ) vyšetření je metodou volby při podezření na jakékoliv onemocnění ledvin a vývodného močového ústrojí u novorozenců, kojenců a starších dětí. UZ vyšetření má při porovnání s ostatními zobrazovacími metodami řadu výhod, mezi které patří především široká dostupnost vyšetření, nízká cena, rychlost, snadná opakovatelnost, při vyšetření není pacient vystaven účinkům ionizujícího záření, UZ má výborné

anatomické a relativně vysoké tkáňové rozlišení. Tyto výhody činí UZ vyšetření nenahraditelnou a často i definitivní zobrazovací metodou (1). Při UZ vyšetření, především při dopplerovském vyšetření, je nutná alespoň částečná spolupráce pacienta, což bývá při vyšetřování malých dětí problematické. V tomto článku jsou souhrnně prezentovány informace o indikacích, technice a správné metodice UZ vyšetření ledvin u dětí.

INDIKACE K ULTRAZVUKOVÉMU VYŠETŘENÍ LEDVIN, MOČOVODŮ A MOČOVÉHO MĚCHÝŘE

Indikační spektrum k UZ vyšetření ledvin je velmi široké (tab. 1). Nejčastější indikací k vyšetření ledvin u dětí bývají infekce močových cest, pyurie a neprospívání. UZ vyšetření je metodou volby při podezření na vrozené vývojové vady ledvin, které se mohou vyskytovat samostatně nebo spolu s vývojovými anomáliemi jiných systémů (např. skupina VACTREL, hemihypertrofiie, sporadická aniridie, visceromegalie...). Při UZ vyšetření ledvin jsme schopni detekovat přítomnost změn jak ledvinového parenchymu (tumorózní ložiska, cystické onemocnění ledvin atd.), tak patologické změny vývodného systému (hydronefróza, ureterohydronefróza, ureterokéla a další). U dětí se spontánní hematurií může UZ vyšetření ledvin vyloučit nebo potvrdit litiázu či nádorové onemocnění. U traumat většinou začínáme UZ vyšetřením břicha včetně ledvin, u vysokoenergetických úrazů volíme CT vyšetření. Při vyšetření pacientů s renálním selháním můžeme dopplerovským vyšetřením diagnostikovat renální venózní nebo arteriální trombózu. U pacientů s hypertenzí můžeme při klasickém vyšetření v B-modu nalézt hypoplazii ledviny nebo známky nefropatie a vzácně jizvy v parenchymu. Při dopplerovském vyšetření hodnotíme cévní svazky a můžeme potvrdit či vyloučit vaskulární příčinu hypertenze. UZ vyšetření je metodou volby pro pravidelné pooperační kontroly například po transplantaci ledvinového štěpu, po operaci hydronefrózy, po reimplantaci močových cest, po resekcii ledviny atd. Diskutovanou otázkou je screeningové UZ vyšetření ledvin u novorozenců, které není v současnosti v České republice hrazeno ze zdravotního pojištění. I přesto jej na našem pracovišti provádíme u všech novorozenců 3. den po narození, a to bez vyúčtování pojišťovně. Další spornou otázkou je UZ vyšetření močového měchýře a močových cest s kontrastní látkou (contrast enhanced ultrasonography, CEUS), které umožňuje detekovat přítomnost a hodnotit stupeň vezikoureterálního reflexu. Ovšem použití této UZ kontrastní látky u dětí není zatím v České republice schváleno.

Indikací k vyšetření močového měchýře jsou mikční potíže jakékoliv etiologie (infekce, litiáza, tumory, neurogenní měchýř, chlopně zadní uretry, trauma) a určení postmikčního rezidua. V neposlední řadě se pod UZ kontrolou provádí i některé intervenční výkony jako biopsie ledviny, zavádění nefrostomických drénů nebo drenáž abscesů.

TECHNIKA A METODIKA

Základem kvalitního vyšetření s vysokou výpovědní hodnotou je jednak dobré technické vybavení, ale také znalosti a zkušenosti vyšetřujícího lékaře. Při vyšetřování ledvin využíváme klasické 2D vyšetření v B-modu, barevné dopplerovské mapování průtoku (colour doppler sonography, CDS; color doppler imaging, CDI; color flow mapping, CFM) a barevné zobrazení dopplerovské energie (power doppler sonography, colour doppler energy, CDE), případně, pokud je k dispozici, tak i 3D vyšetření. Při vyšetřování využíváme vysokofrekvenční lineární nebo konvexní sondy. Lineární sondy s nosnou frekvencí 4–12 MHz, konvexní sondy s nos-

Tab. 1. Indikace k UZ vyšetření ledvin

Table 1. Indications to ultrasonography of kidneys

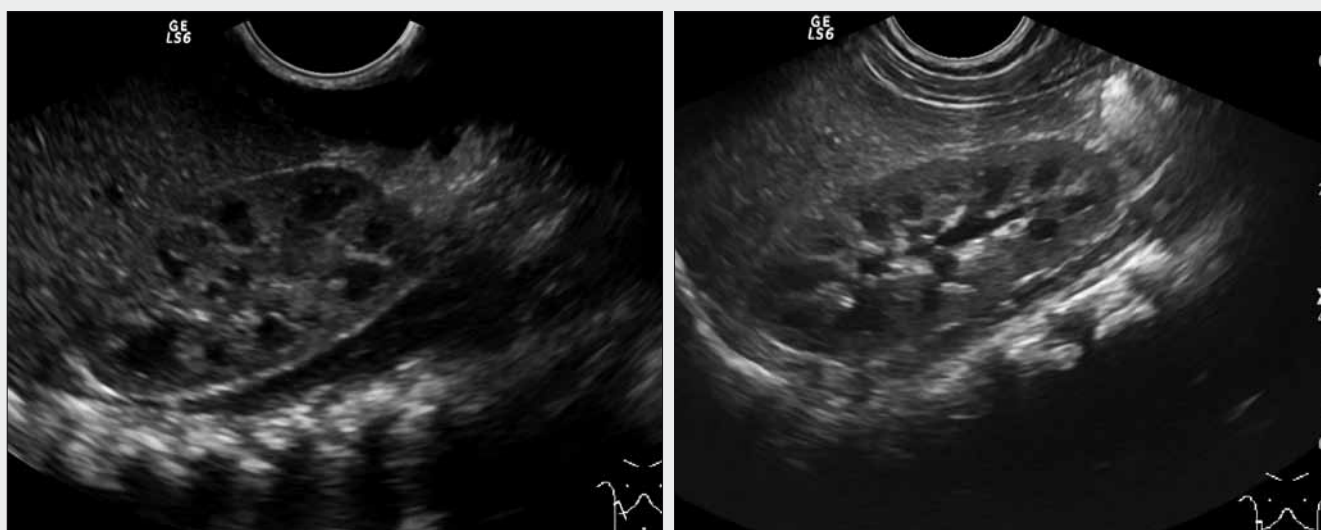
UZ
IMC
vrozené vývojové vady
dilatace dutého systému ledviny, ureteru
hematurie
proteinurie
tumory
cysty
litiáza
traumata
hypertenze
pooperační stavy
renální selhání
nefrotický syndrom
uremický syndrom
intervenční výkony

nou frekvencí 4–10 MHz. Na našem pracovišti vyšetřujeme sonografem Logiq S6 od firmy GE a máme k dispozici lineární sondu s nosnou sekvencí 8–12 MHz a dvě konvexní sondy s nosnými frekvencemi v rozsahu 4–11 MHz. Před začátkem vlastního vyšetření je nutné na sondu aplikovat gel, který působí jako přenosové médium. Především u dětí je vhodné, aby byl gel zahřátý, tím se vyšetření stává pro dítě příjemnější. Při vlastním vyšetření využíváme již přednastavené programy sonografu pro vyšetřování ledvin. K optimalizaci obrazu ještě využíváme funkci gray-scale amplification gain (GSAG) a time-gain compensation (TGC) a fokusace, kdy fokus umísťujeme do úrovně vyšetřované ledviny. Procedurální směrnice pro standardní UZ vyšetření ledvin u dětí vydané Evropskou společností pro dětskou radiologii (ESPR) byly publikovány v časopisu *Pediatric Radiology* v roce 2008 (2). Před zahájením UZ vyšetření je nutný verbální souhlas rodičů pacienta, případně, pokud je pacient již plnoletý, tak jeho souhlas s daným vyšetřením. Při UZ vyšetření ledvin je velmi důležitá dostatečná hydratace dítěte a vyšetření by se mělo provádět při naplněném močovém měchýři.

Vyšetření močového měchýře, močové trubice a močových cest

Při vlastním UZ vyšetření zobrazujeme jako první močový měchýř, protože u malých dětí dojde velmi často po prvním kontaktu sondy s tělem dítětem k reflektorické evakuaci močového měchýře. Dítě leží na vyšetřovacím lůžku na zádech a močový měchýř zobrazujeme ze suprapubického přístupu v transverzální a longitudinální rovině. Hodnotíme velikost (objem) močového měchýře, jeho tvar, ostium, hrdlo, šířku stěny, jeho obsah a detekujeme uretrální „jet“, který odpovídá trysku moči z močového měchýře do močového měchýře.

Po vyšetření močového měchýře následuje vyšetření močové trubice, močových cest a ledvin. Při UZ vyšetření můžeme detekovat rozšíření močové trubice způsobené například stenózou uretry nebo přítomností chlopně zadní uretry či významné fimózy u chlapců. Močovody se stávají zřetelné při jejich dilataci, která bývá způsobená obstrukcí nejrůznějšího původu (ureterokéla, litiáza, stenóza, útlak zvenčí a další). Zaznamenáváme šířku močového měchýře v jeho proximální-



▲ Obr. 1

▲ Obr. 2

Obr. 1. **UZ vyšetření pravé ledviny v longitudinální rovině u novorozence.** Kůra ledviny je hyperechogenní, pyramidy jsou hypoechogenní a dobře zřetelné, chybí typický obraz hyperechogenního sinu.

Fig. 1. **Longitudinal US image of the right kidney in neonate.** Renal cortex is hyperechogeneous, pyramids are hypoechogeneous and very good visible, the typical picture of hyperechogeneous sinus is absent.

Obr. 2. **UZ vyšetření pravé ledviny v longitudinální rovině u devítiměsíční dívky.** Kůra ledviny je hyperechogenní, pyramidy jsou hypoechogenní a dobře zřetelné, zde je již patrný echogenní sinus a mírně naplněná ledvinná pánvička.

Fig. 2. **Longitudinal US image of the right kidney in 9-month-old girl.** Renal cortex is hyperechogeneous, pyramids are hypoechogeneous and very good visible, in this case we are able to detect hyperechogeneous sinus and mild filling of the renal pelvis.

ním, mediálním a juxtavezikálním úseku, pokud je zde dilatovaný, a všimáme si i případného zvýraznění a rozšíření jeho stěny.

Součástí vyšetření by mělo být i vyšetření močového měchýře a ledvin po mikci. U močového měchýře hodnotíme přítomnost a objem postmikčního rezidua, všimáme si tvaru a konfigurace měchýře a jeho stěny.

Objem/kapacita močového měchýře

K výpočtu objemu močového měchýře u dětí mladších 2 let se doporučuje používat následující vzorec:

$$\text{objem (ml)} = 0,49 \times \text{DHW} + 3,$$

kde DHW je hloubka \times výška \times šířka močového měchýře v centimetrech (3).

U starších dětí doporučuje stejný autor následující výpočet:

$$\text{objem (ml)} = 0,68 \times \text{DHW} + 4.$$

Ovšem jiní autoři (4) doporučují při výpočtu objemu močového měchýře použít korekční faktor 0,9:

$$\text{objem (ml)} = 0,9 \times \text{DHW}.$$

U většiny moderních ultrazvukových přístrojů je již součástí softwaru speciální program k automatickému výpočtu objemu močového měchýře po zadání hloubky, výšky a šířky měchýře.

Vyšetření ledvin

Při vyšetřování ledvin leží dítě nejprve na zádech a ledviny zobrazujeme z laterálního nebo transkostálního přístupu v podélné a příčné rovině případně podle potřeby doplníme i parasagitální roviny. Poté dítě přetočíme na břicho a vyšetřujeme přes dorsální stěnu břišní opět ve všech rovinách. Případně můžeme vyšetřovat i v poloze na pravém a levém boku

z laterodorzálního přístupu. Hodnotíme polohu a uložení každé ledviny, jejich konturu, délku případně objem ledviny, šířku a echostrukturu parenchymu, šířku kalichopánvičkového systému. Posuzujeme přítomnost ložiskových změn v parenchymu či dutém systému ledviny. Součástí vyšetření by mělo být i vyšetření ledvin po mikci, kdy hodnotíme změnu náplně kalichopánvičkového systému.

Je nutné si všimnout i okolních struktur ledvin. V případě, kdy je dítě poprvé odesláno k UZ vyšetření ledvin, doporučuje se ESPR provést UZ vyšetření celé dutiny břišní (2).

Ultrazvukový obraz ledvin u dětí je odlišný při porovnání s UZ obrazem ledvin dospělých a s věkem dítěte se vyvíjí a mění. U novorozenců a kojenců je kůra ledvin zvýšeně echogenní, protože obsahuje větší množství glomerulů, kůra může být i echogennější než parenchym jater (5). Pyramidy relativně prominují a jsou hypoechogenní, což může někdy mylně vést k záměně s dilatovanými kalichy u hydronefrózy či s cystami (obr. 1, 2). Obraz echogenního sinu buď úplně chybí, nebo je málo výrazný, protože zde není tolik tukové tkáně jako u dospělých. Ve věku 6–24 měsíců postupně dochází ke snižování echogenity kůry, pyramidy se stávají méně výrazné. Postupně také dochází k ukládání tukové tkáně do centrální části ledviny a sinus ledviny se stává zřetelným, echogenním, zvyšuje se diferenciací mezi parenchymem a ledvinným sinem. Ledviny u starších dětí již mají obdobný obraz jako ledviny u dospělých.

Velikost a objem ledvin

Nejčastěji používaným kvantitativním ukazatelem velikosti ledvin je délka ledvin. Změna délky ledviny při porovnání se standardními hodnotami délky je důležitým ukazatelem změny růstu ledviny, a tím i důležitým prediktorem onemocnění



▲ Obr. 3

Obr. 3. UZ vyšetření pravé ledviny v longitudinální rovině, měřena délka ledviny
Fig. 3. Longitudinal US image of the right kidney, measurement of renal length

ní ledvin (6). Vytvořené UZ standardy pro délku ledvin jsou vztahovány buď k věku dítěte, výšce, hmotnosti nebo povrchu těla dítěte (6). Na našem pracovišti nejčastěji vztahujeme délku ledviny k výšce těla dítěte a hodnotíme podle grafů E. Dinkela (7).

Délku měříme z UZ obrazu, kde je ledvina zobrazená v longitudinální rovině v úrovni hilu ledviny a musí být současně zachycený horní i dolní pól ledviny. Maximální délku

ledviny měříme mezi nejkraniálnějším okrajem horního pólu a nejkaudálnějším okrajem dolního pólu ledviny (obr. 3).

Levá ledvina může být mírně delší než pravá, u velkých dětí a dospělých může rozdíl v délce činit až 15 mm. Ledviny s kompletním nebo částečným zdvojením dutého systému jsou delší než normální ledviny (6). Roční prodloužení délky ledvin je mezi 2,2 až 5,7 mm (8).

Objem ledviny se používá méně často, protože pro vlastní výpočet objemu je potřeba více měření v různých rovinách, a tím dochází i ke zvýšení chyby vlastního měření, která může dosáhnout až 25 % (9). K výpočtu objemu ledviny se používá následující vzorec (7):

$$L \times W \times [(D1+D2)/2] \times 0,523,$$

kde L je délka ledviny v longitudinální rovině, W je šířka ledviny v transverzální rovině, $D1$ a $D2$ je hloubka ledviny měřená v longitudinální a transverzální rovině (obr. 4).

Šířka parenchymu ledvin

Parenchym ledviny je tvořený kůrou (cortex renalis) a dřeví (medulla renalis). Šířka parenchymu je definována jako vzdálenost mezi kapsulou ledviny (rozhraní mezi kůrou ledviny a perirenálním tukem) a rozhraním mezi ledvinným sinem a apexem pyramid. Šířku parenchymu měříme ve střední části ledviny zobrazené v longitudinální rovině (obr. 3). Někteří autoři uvádí i měření šířky dřevě (medullary pyramid thickness), která je definována jako vzdálenost mezi apexem a bází pyramid (2) (obr. 5).

Z prospektivní studie, do které bylo zahrnuto 292 dětí, které podstoupily UZ vyšetření ledvin, vyplývá, že dolní hranicí ještě normální šířky ledvinného parenchymu u zralých novorozenců je 8 mm. Dalším výstupem studie bylo konstatování, že šířka dřevě je větší u mladších dětí než u starších dětí. V této studii lze nalézt kompletní informace jak o šířce ledvinného parenchymu, tak o šířce dřevě a délce ledvin vztažené k věku dítěte (2).



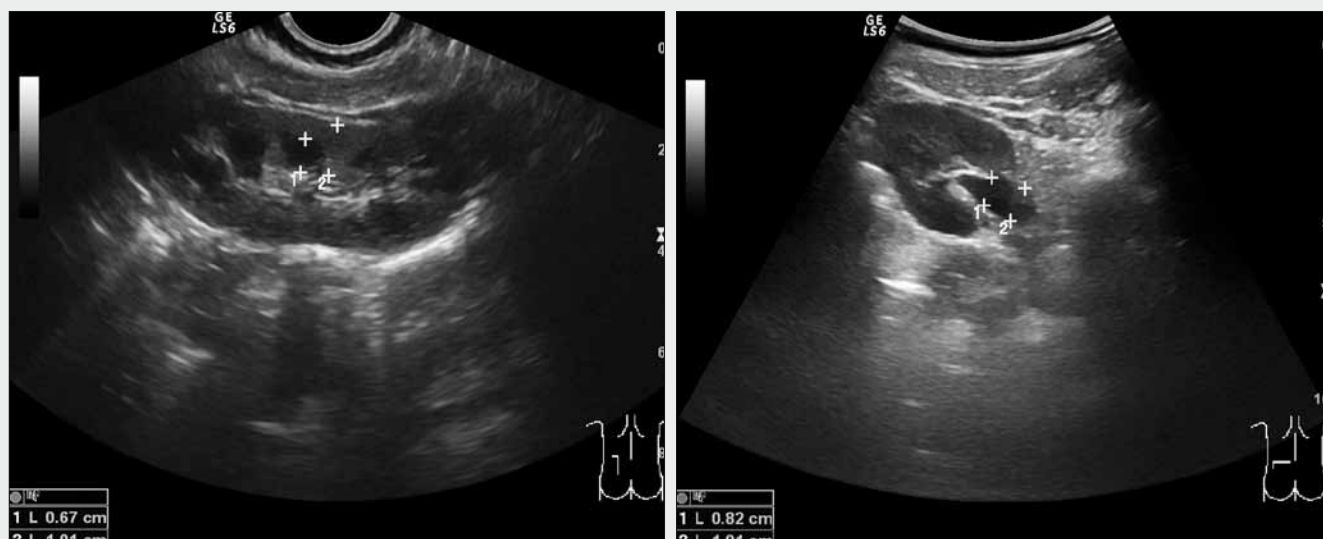
▲ Obr. 4A



▲ Obr. 4B

Obr. 4. UZ vyšetření ledvin, měřeny parametry k výpočtu objemu ledviny. A – pravá ledvina zobrazena v transverzální rovině vedené oblastí hilu, měřena šířka ledviny W (kaliper 2) a hloubka ledviny $D2$ (kaliper 1); B – pravá ledvina zobrazená v longitudinální rovině, měřena délka ledviny L (kaliper 1) a hloubka ledviny $D1$ (kaliper 2)

Fig. 4. US image of the kidney, measurement of renal volume. A – transverse image of the right kidney at the level of hilum, measurement of renal width W (caliper 2) and renal depth $D2$ (caliper 1); B – longitudinal image of the right kidney, measurement of renal length L (caliper 1) and renal depth $D1$ (caliper 2)



▲ Obr. 5

▲ Obr. 6

Obr. 5. Levá ledvina zobrazená v longitudinální rovině, měřena šířka dřeně (kaliper 1) a šířka parenchymu (kaliper 2)

Fig. 5. Longitudinal US image of the left kidney, measurement of width of renal medulla (caliper 1) and width of renal parenchyma (caliper 2)

Obr. 6. Levá ledvina zobrazená v transverzální rovině v úrovni hilu, měřena šířka ledvinné pánvičky anteroposteriorně intrarenálně APIR (kaliper 1) a extrarenálně APER (kaliper 2)

Fig. 6. Transverse US image of the left kidney at the level of hilum, measurement of the intrarenal anteroposterior pelvis diameter – APIR (caliper 1) and the extrarenal anteroposterior pelvis diameter – APER (caliper 2)

Posuzování dutého systému ledvin

Dutý systém ledviny je tvořený ledvinnou pánvičkou, kalichy a kalíšky. Šířku ledvinné pánvičky měříme na UZ obrazu ledviny zachycené v transverzální rovině v úrovni ledvinného hilu, a to předozadně intrarenálně (APIR), a pokud se pánvička vyklenuje i mimo ledvinu, tak i extrarenálně (APER) (obr. 6).

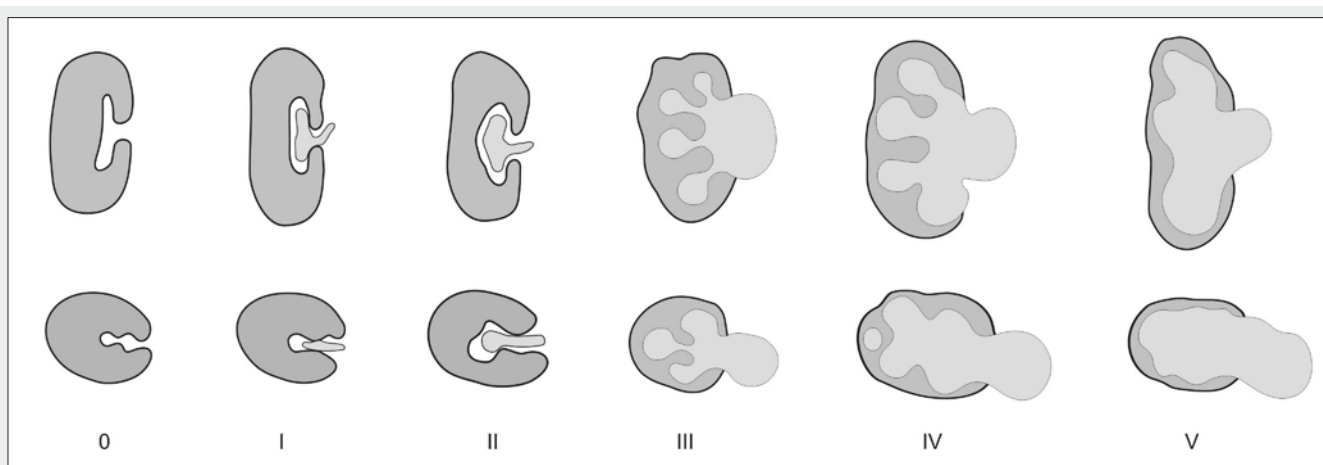
Na základě UZ vyšetření ledviny a měření šířky ledvinné pánvičky byl vytvořený UZ grading hydronefrózy (HN) u novorozenců a kojenců (1) (obr. 7). Tento grading je odvozený z klasifikace hydronefrózy vytvořené Society for Fetal Urology (tab. 2) (2).

Vedle hodnocení šířky ledvinné pánvičky je důležité si všimnout i stěny pánvičky. Za normálních okolností není stěna

Tab. 2. Grading hydronefrózy

Table 2. Grading of hydronephrosis

HN 0	Dutý systém není vůbec patrný nebo je jen minimálně naplněný, nález je považován za normální.
HN 1	Sledovatelná je jen ledvinná pánvička s šířkou pod 5–7 mm APIR, nález je většinou považován za normální.
HN 2	Ledvinná pánvička měří 5/7–10 mm, některé kalichy jsou viditelné, mají normální fornix.
HN 3	Zřetelná dilatace kalichů a pánvičky, šířka pánvičky je více než 10 mm APIR, smazání rozdílu mezi fornixem a papilami kalichů, parenchym není zúžený.
HN 4	Obrovská dilatace dutého systému se zúžením parenchymu.
HN 5	Tento stupeň je jen někdy doplňkově používán, extrémní HN s velmi tenkým reziduálním lemem parenchymu.



▲ Obr. 7

Obr. 7. Klasifikace stupňů hydronefrózy

Fig. 7. Grading of hydronephrosis

viditelná, ale při zánětech, vezikoureterálním refluxu či chronické obstrukci se rozšíří a stává se zřetelnou.

ZÁVĚR

Ultrazvukové vyšetření je pro řadu svých výhod první ze zobrazovacích metod, které volíme při podezření na onemocnění ledvin a močového měchýře. Je důležité si uvědomit, že vyšetřování i ultrazvukový obraz ledvin u dětí má oproti dospělým určitá specifika. Ledviny bychom měli vyšetřovat vždy u dobře

hydratovaného dítěte s naplněným močovým měchýřem. Vyšetření zahájíme zobrazováním močového měchýře, protože po přiložení sondy na stěnu břišní dojde velmi často k mikci dítěte. Poté zobrazíme ledviny z různých přístupů ve standardních projekcích. K základním kvantitativním parametrům, které získáváme a hodnotíme, patří objem močového měchýře, šířka stěny močového měchýře, postmikční reziduum, délka ledviny, případně objem ledviny, dále šířka parenchymu ledviny a náplň dutého systému. Správně provedené a zhodnocené vyšetření představuje důležitou informaci pro klinického lékaře a vede ke správné diagnostice a adekvátní léčbě pacienta.

LITERATURA

1. **Hořák J, Adla T, Bejlková Z, et al.** *Pediatrická radiologie*. Praha: Karolinum 2012; 66–76.
2. **Riccabona M, Avni FE, Blickman JG, et al.** Imaging recommendations in paediatric uroradiology: minutes of the ESPR Workgroups session on urinary tract infections, fetal hydronephrosis, urinary tract ultrasonography and voiding cystoureterography, Barcelona, Spain, June 2007. *Pediatric Radiology* 2008; 38: 138–145.
3. **Hiraoka M, Hori CH, Tsuchida S, et al.** Ultrasonographic evaluation of bladder volume in young children. *Pediatric Nefrology* 1995; 9: 351–353.
4. **Baert AL, Knauth M, Sartor K, et al.** *Pediatric uroradiology*, 2nd revised edition. Secaucus, NJ: Springer 2008; 38–45.
5. **Ahuja AT, Griffith JF, Wong KT, et al.** *Diagnostic imaging ultrasound*. Salt Lake City: Amirsys 2007; 5/3–5/4.
6. **Kadioglu A.** Renal measurements, including length, parenchymal thickness and medullary thickness in healthy children: what are the normative ultrasound values? *AJR* 2010; 194: 509–515.
7. **Dinkel E, Ertel M, Dittrich M, et al.** Kidney size in childhood, sonographical growth charts for kidney length and volume. *Pediatric Radiology* 1985; 15: 38–43.
8. **Schlesinger AE, Hernandez RJ, Zerlin JM.** Interobserver and intraobserver variations in sonographic renal length measurements in children. *AJR* 1991; 156: 1029–1032.
9. **Sargen MA, Gupta SC.** Sonographic measurement of relative renal volume in children: comparison with scintigraphic determinative of relative renal function. *AJR* 1993; 161: 157–160.
10. **Riccabona M, Avni FE, Blickman JG, et al.** Imaging recommendations in paediatric uroradiology: minutes of the ESPR uroradiology task force session on childhood obstructive uropathy, high-grade fetal hydronephrosis, childhood haematuria, and urolithiasis in childhood. *ESPR Annual Congress*, Edinburgh, UK, June 2008. *Pediatric Radiology* 2009; 39: 891–898.