



Metode oslikavanja u pedijatrijskoj nefro/uroradiologiji: Do kuda smo stigli?

Imaging methods in pediatric nephro/uroradiology: How far have we come?

Goran Roić¹✉, Ana Tripalo Batoš¹, Alemka Jaklin Kekez², Iva Palčić², Andrea Cvitković Roić³

¹Zavod za dječju radiologiju, Klinika za dječje bolesti Zagreb, Zagreb

²Poliklinika za dječje bolesti Helena, Zagreb

³Medicinski fakultet Osijek, Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera Osijek, Osijek

Ključne riječi

KONTRASTOM POJAČANI ULTRAZVUK (ceUS),
KONTRASTNO POJAČANA ULTRAZVUČNA CISTOGRAFIJA,
CEVUS, MAGNETNO REZONANTNA UROGRAFIJA (MRU),
FUNKCIONALNA MAGNETNO REZONANTNA
UROGRAFIJA (fMRU), MOKRAĆNI SUSTAV, DJECA

Key words

CONTRAST-ENHANCED ULTRASOUND (ceUS),
CONTRAST-ENHANCED ULTRASOUND CYSTOGRAPHY,
CEVUS, MAGNETIC RESONANCE UROGRAPHY (MRU),
FUNCTIONAL MAGNETIC RESONANCE UROGRAPHY
(fMRU), URINARY TRACT, CHILDREN

SAŽETAK. Novije dijagnostičke tehnike oslikavanja mokraćnog sustava u dječjoj dobi, obzirom na visoki potencijal dijagnostičke evaluacije anatomije i fiziologije bubrega i mokraćnog sustava bez primjene ionizirajućeg zračenja, privukle su povećanu pozornost kao inovativni i neinvazivni dijagnostički alati za dječje nefrologe i urologe. Napredak u ultrazvučnoj dijagnostici koja se uz visoku dijagnostičku pouzdanost odlikuje i visokim sigurnosnim profilom, niskoj cijeni, širokoj primjeni i dostupnosti uz krevet, posebno obećava. Razvoj ultrazvučnog kontrastnog sredstva i kontrast specifičnog softvera omogućio je danas rutinsku primjenu kontrastno pojačane mikcijske urosonografije (ceVUS) u dijagnostici vezikoureteralnog refluksa (VUR) umjesto mikcijske uretrocistografije (MCUG), te kontrastno pojačane urosonografije (CEUS) u dijagnostici žarišnih lezija parenhima bubrega i traume bubrega. Magnetno rezonantna urografija (MRU) kao i funkcionalna magnetno rezonantna urografija (fMRU) izuzetno su korisne slikovne dijagnostičke metoda u pedijatrijskih pacijenata, koja nam omogućuje detaljnu morfološku ali i funkcionalnu procjenu bubrega te gornjih i donjih mokraćnih putova, pružajući jedinstvene informacije, koje bi inače zahtijevale više drugih slikovnih dijagnostičkih pretraga kao i izlaganje ionizirajućem zračenju. Još uvijek nedostaje znanje o primjenjivosti, indikacijama i ograničenjima novijih dijagnostičkih modaliteta snimanja bubrega i mokraćnog sustava. Ovaj pregled pruža dječjem nefrologu i urologu uvid u pedijatrijski-specifične tehnike snimanja, dajući praktične smjernice za dijagnostiku poremećaja bubrega i mokraćnog sustava i potencijal kliničke primjene ovih slikovnih dijagnostičkih tehnika.

SUMMARY. Newer diagnostic techniques for imaging the urinary system in childhood, given the potential to characterize the anatomy and physiology of the kidney and urinary system without the use of ionizing radiation, have attracted increasing attention as innovative and noninvasive diagnostic tools for pediatric nephrologists and urologists. Advances in ultrasound diagnostics, which are characterized by a high safety profile, low cost, wide application and availability by the bed, are especially promising. The development of ultrasound contrast medium and contrast specific software has enabled the routine use of contrast enhanced urinary urosonography (ceVUS) in the diagnosis of vesicoureteral reflux (VUR) instead of Voiding urethrocytography (VCUG) and contrast enhanced urosonography (CEUS) in the diagnosis of focal and cystic kidney lesions. Magnetic resonance urography (MRU) as well as functional magnetic resonance urography (fMRU) are extremely useful imaging diagnostic methods in pediatric patients, which allows us a detailed morphological and functional assessment of the kidneys and upper and lower urinary tract, providing unique information that would otherwise require several other imaging diagnostic tests as well as exposure to ionizing radiation. This review provides the pediatric nephrologist and urologist insight into the potential of the clinical application of these imaging diagnostic techniques.

U dijagnostici mokraćnog sustava u dječjoj dobi tradicionalno su se koristile različite dijagnostičke metode oslikavanja, a to su intravenska urografija (IVU), mikcijska cistouretografija (MCUG), B-mod ultrazvuk (UZV), scintigrafija bubrega, kompjutorizirana tomografija (CT). Novije dijagnostičke tehnike oslikavanja mokraćnog sustava u dječjoj dobi, obzirom na potencijal dijagnostički pouzdane evaluacije morfološke i funkcije bubrega i mokraćnog sustava bez primjene ionizirajućeg zračenja, privukle su povećanu pozornost kao inovativni i neinvazivni dijagnostički alati u prvom redu za dječje nefrologe i urologe. Raz-

voj ultrazvučnog kontrastnog sredstva i kontrast specifičnog softvera omogućio je danas rutinsku primjenu kontrastno pojačane mikcijske urosonografije (ceVUS) u dijagnostici vezikoureteralnog refluksa umjesto mikcijske uretrocistografije (MCUG) te kontrastno pojačane urosonografije (CEUS) u dijagnostici žarišnih i cističnih lezija parenhima bubrega te traume

✉ Adresa za dopisivanje:

Prof dr sc. Goran Roić, <https://orcid.org/0000-0003-0320-0588>

Klinika za dječje bolesti Zagreb, Klaićeva 16, 10000 Zagreb;

e-pošta: goran.roic@kdb.hr

bubrega. Magnetno rezonantna urografija (MRU) kao i funkcionalna magnetno rezonantna urografija (fMRU) izuzetno su korisne slikovne dijagnostičke metoda u pedijatrijskih pacijenata, koja nam omogućuje detaljnu morfološku ali i funkcionalnu procjenu bubrega te gornjih i donjih mokraćnih putova, pružajući jedinstvene informacije, koje bi inače zahtijevale više drugih slikovnih dijagnostičkih pretraga kao i izlaganje ionizirajućem zračenju.

Kontrastno pojačana mikcijska urosonografija (ceVUS)

U dijagnostici vezikoureteralnog refluksa (VUR) danas se rutinski koriste tri cistografske metode: rentgenska mikcijska cistouretrografija (MCUG), radionuklidna cistografija (RNC), te kontrastno pojačana mikcijska urosonografija (ceVUS). Kod sve tri metode potrebno je kateterizirati mokraćni mjehur, a jedino ultrazvučna pretraga isključuje upotrebu ionizirajućeg zračenja. Kontrastno pojačana mikcijska urosonografija (ceVUS – *Contrast enhanced voiding urosonography*), doživjela je prekretnicu nakon uvođenja ultrazvučnih kontrastnih sredstava druge generacije kao i softvera osjetljivog na contrast što je pridonijelo vrlo visokoj osjetljivosti i specifičnosti ove metode te je danas rutinska dijagnostička metoda za dijagnostiku i određivanje stupnja vezikoureteralnog refluksa (VUR)¹. Vezikoureteralni refluks jedna je od najčešćih abnormalnosti mokraćnog sustava u djece, povezana s razvojem ožiljenja bubrega i refluksne nefropatije (RN). Tijekom zadnjeg desetljeća došlo je do revolucionarnog napretka kontrastne ultrazvučne dijagnostike VUR-a, zahvaljujući u prvom redu razvoju takozvane kontrast-osjetljive ultrazvučne tehnologije kao što je kontrast osjetljivi harmonični imaging, koristeći softver osjetljiv koji omogućuje kodiranje ultrazvučnog kontrastnog sredstva bojom da bi njegova uočljivost na podlozi B-mod ultrazvučnog prikaza sive skale. Ova je tehnologija omogućila visoku kontrastnu rezoluciju uz redukciju artefakata, a što je omogućilo vrlo visoku osjetljivost ove ultrazvučne metode u dijagnostici vezikoureteralnog refluksa (VUR)². Metoda kontrastne ultrazvučne dijagnostike naziva se kontrastno pojačana mikcijska urosonografija (*engl. contrast enhanced voiding urosonography – ceVUS*), a obzirom na svoje prednosti, sve šire se koristi u dijagnostici kao i praćenju vezikoureteralnog refluksa. Osjetljivost ove metode na prikaz mikromjehurića je vrlo visoka što izrazito olakšava izvođenje pretrage te povećava sigurnost. Nakon što se mokraćni mjehur ispuni fiziološkom otopinom, instilira se ultrazvučno kontrastno sredstvo u količini od 1% instiliranog volumena fiziološke otopine (*ultrazvučni kontrast druge generacije, Sonovue®*), pri čemu se lumen mokraćnog mjehura ispuni do očekivanog volumena te uz pomoć



SLIKA 1. KONTRASTNO POJAČANA MIKCIJSKA UROSONOGRAFIJA (ceVUS). REFLUKS KONTRASTNOG SREDSTVA U KANALNI SUSTAV BUBREGA

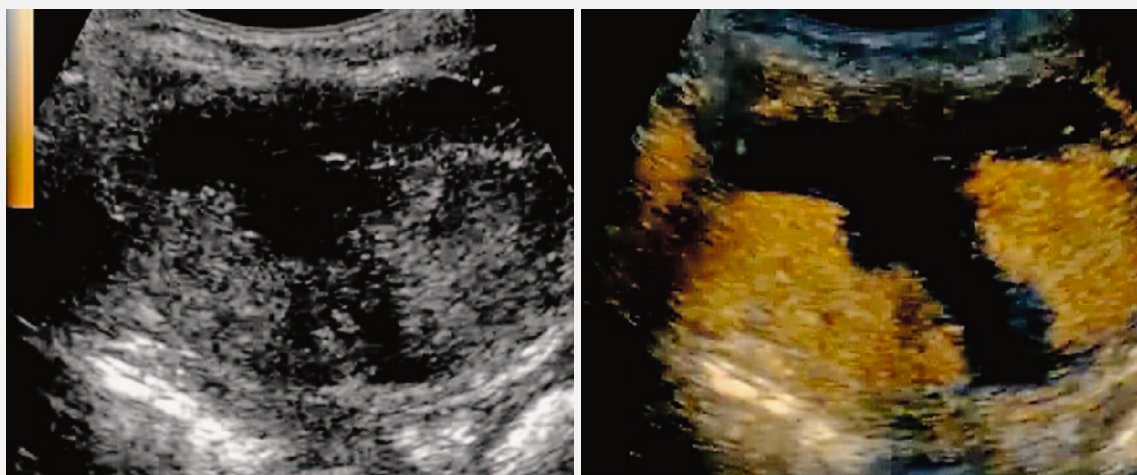


SLIKA 2. KONTRASTNO POJAČANA MIKCIJSKA UROSONOGRAFIJA (ceVUS). INTRARENALNI REFLUKS KONTRASTNOG SREDSTVA (IRR)



SLIKA 3. KONTRASTNO POJAČANA MIKCIJSKA UROSONOGRAFIJA (ceVUS). KONTRASTNI PRIKAZ MUŠKE URETRE TIJEKOM MIKCIJE

kontrast osjetljivog softvera homogeno kontrastno opacificira. Nakon što je mokraćni mjehur primjereno ispunjen kontrastnim sredstvom, potrebno je ultra-



SLIKA 4. KONTRASTOM POJAČANI ULTRAZVUK (I.v. CEUS). TRAUMA BUBREGA. A) B-MOD ("SIVA SKALA"); B) KONTRAST OSJETLJIVI SOFTVER (CEUS)

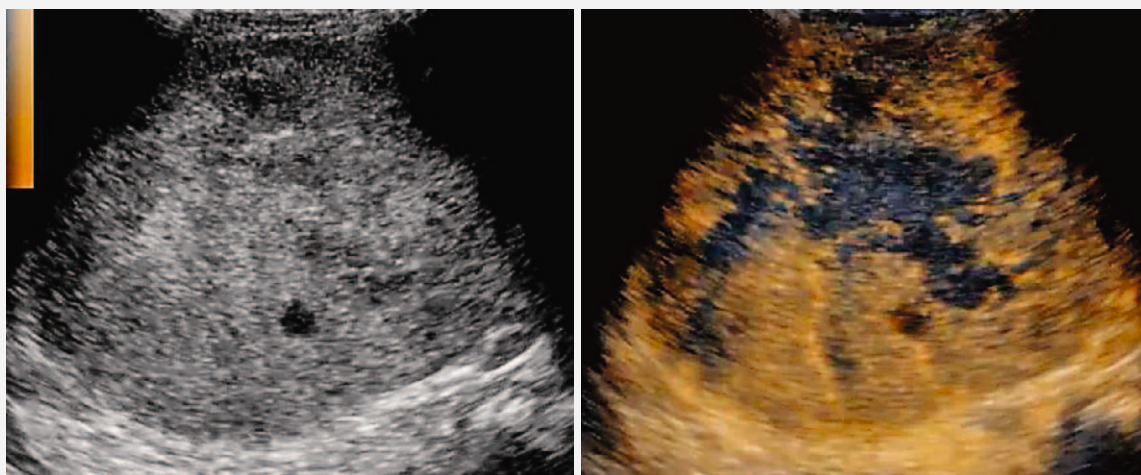
zvučno prikazati retrovezikalno područje odnosno područje trigonuma i ureteralnih ušća, a kako bi se uočilo širenje kontrasta iz mokraćnog mjehura u prevezikalne odsječke uretera. U slučaju pojave refluksa, moguće je pratiti tok kontrasta kroz uretere, a pojava kontrastnog sredstva u lumenu uretera i kanalnog sustava bubrega siguran je i pouzdan kriterij za vezikoureteralni refluks (slika 1.). Pri tome je potrebno procijeniti maksimalni stupanj dilatacije kanalnog sustava bubrega kao i uretera da bi se oredio stupanj refluksa, i to tijekom punjenja kao i tijekom mikcije. Moguće je precizno detektirati i prodor kontrasta i u parenhim bubrega, što se naziva intrarenalni /intraparenhimni/ refluks (IRR) (slika 2.). Osjetljivost ove metode viša je u usporedbi s rentgenskom mikcijskom cistouretrografijom^{3,4}. Analiza muške uretre tijekom mikcije moguća je i kod mikcijske urosonografije perinealnim ili suprapubičnim pristupom, te se danas dijagnostika muške uretre ne smatra ograničenjem ove metode (slika 3.).⁵ Prisutnost intrarenalnog refluksa (IRR) faktor je rizika za razvoj RN, jer omogućuje urinu da izravno uđe u bubrežni parenhim. Iako su IRR nalazi u VUR slikama nisu rijetki, radovi o IRR-u u djece su rijetki⁶⁻⁹. Rane studije su pokazale učestalost IRR-a tijekom mikcijske cistouretrografije (MCUG) od <1–10%,^{10,11,12}. Razvoj kontrastne ultrazvučne metode detekcije refluksa značajno je povisio osjetljivost i unaprijedio dijagnostiku VUR-a, te je ova metoda s obzirom na svoje karakteristike superiorna u dijagnostici refluksa.

Kontrastom pojačani ultrazvuk (CEUS)

Kontrastom pojačani ultrazvuk (CEUS – *Contrast enhanced ultrasound*) dijagnostička je metoda koja se zbog svojih prednosti afirmirala i u dječjoj dobi. Ova dijagnostička metoda isključuje upotrebu ionizirajućeg

zračenja, sigurna je, te je u određenim kliničkim situacijama vrlo osjetljiva i specifična dijagnostička metoda. Ova metoda koristi ultrazvučnu tehnologiju (*kontrast specifični softver*) u kombinaciji sa komercijalno dostupnom drugom generacijom ultrazvučnog kontrasta, koji se aplicira intravenski. U području nefrologije u dječjoj dobi intravenske (I.v.) primjena ultrazvučnog kontrastnog sredstva najčešće se koristi pri karkaterizaciji žarišnih i cističnih promjena parenhima bubrega, za praćenje terapijskog odgovora solidnih malignih tumora tijekom kemoterapije, kao i za dijagnostiku tupe traume bubrega. Iako su od 2016. godine za primjenu u dječjoj dobi legalizirana jedino primjena ultrazvučnog kontrasta druge generacije za karakterizaciju žarišnih promjena jetre i dijagnostiku vezikoureteralnog refluksa, takozvana *off-label* upotreba ove metode puno je šira i zasigurno će se i u drugim područjima afirmirati kao vrlo pouzdana i sigurna dijagnostička metoda koja ne koristi ionizirajuće zračenje.

Anatomska obilježja dječje dobi čini ih ranjivijim na ozljedu solidnih abdominalnih organa kod tupe traume abdomena i pri manjoj traumi¹³. Hemodinamički status pacijenta prije svega određuje način i tijek liječenja nakon tupe traume abdomena, a slikovna dijagnostička obrada ima ključnu ulogu u cjelokupnom procesu donošenja odluka za daljnji postupak sa pacijentom. Posljednjih godina intravenski CEUS dobiva sve značajniju ulogu u dijagnostičkom algoritmu tupe traume abdomena, posebice u djece sa manjom traumom i izoliranom tupom traumom trbušnih organa, kada CT nije uvijek indiciran^{14,1}. Među prednostima CEUS-a u ovom području je i to što može izvesti brzo i prenosivo pored kreveta, bez izlaganja ionizirajućem zračenju. Slike se mogu interpretirati u stvarnom vremenu i brzo priopćiti kliničkom timu¹⁶. Traumatske ozljede bubrega pojavljuju se pri CEUS-u kao



SLIKA 5. KONTRASTOM POJAČANI ULTRAZVUK (I.v. CEUS). NEFROBLASTOM. A) B-MOD (“SIVA SKALA”); B) KONTRAST OSJETLJIVI SOFTVER (CEUS)

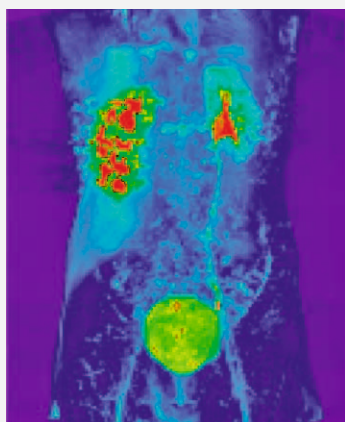
hipoapacificirane ili neopacificirane, s jasnim i neravnim rubom u usporedbi s susjednim normalno perfuziranim bubrežnim parenhimom koji je homogeno opacificiran (slika 4.)¹⁷. CEUS može precizno odrediti lezije na temelju njihovog položaja i stupnja s obzirom na kapsulu organa^{18,13}. Intravenski CEUS je također osjetljiv na otkrivanje aktivnog krvarenja iz parenhimskih ozljeda. Aktivno krvarenje očitovati će se kao područje kontrastnog združivanja koje kontinuirano mijenja veličinu i oblik tijekom različitih vaskularnih faza, bilo lokalno unutar lezije ili se nakuplja izvan kapsule bubrega¹⁹. Odluka o indikaciji za CEUS u dijagnostici i procjeni traume bubrega uvijek bi trebala biti stvar kliničke prosudbe, prilagođena pojedinačnim pacijentu i kliničkoj situaciji, nakon konzultacije radiologa i liječnika koji indicira pretragu.

Jedna od važnih primjena intravenskog CEUS-a je praćenje reakcije solidnih malignih tumora bubrega

tijekom kemoterapije (slika 5.). Kvantifikacija protoka kontrastnog sredstva u tumoru može odražavati promjene u protoku krvi tijekom i nakon intervencijskih postupaka, poput radiofrekventne ablacije, kemoembalizacione ili antiangiogenih terapija. U tim slučajevima, pored anatomske procjene, dinamički CEUS također pruža analizu kontrastne kinetike unutar lezija izračunavanjem krivulja intenziteta i vremena. Ti podaci daju objektivne, kvantitativne i usporedive informacije i mogu poslužiti kao markeri vaskularnosti tumora da bi ranije predvidjeli odgovor ili progresiju tumora.

Magnetno rezonantna urografija (MRU) i funkcionalna magnetno rezonantna urografija (fMRU)

Magnetno rezonantna urografija (MRU) tehnika je koja koristi magnetsku rezonanciju s potencijalno neinvazivne cjelovite i specifične slikovne dijagnostičke metode u dijagnostici abnormalnosti mokraćnog sustava u dječjoj dobi, bez uporabe ionizirajućeg zračenja²⁰. Funkcionalna magnetno rezonantna urografija (engl. fMRU – *functional magnetic resonance urography*) napredna je tehnika snimanja koja kombinira izvrstan kontrast mekih tkiva konvencionalnog MRI-a s kvantitativnom procjenom na temelju unosa i kinetike izlučivanja kontrastnog sredstva, kako bi pružila informacije o bubrežnoj funkciji i drenaži. Ove su metode od posebnog značaja za pacijente dječje dobi posebice pri dijagnostici relativno čestih urođenih anomalija urogenitalnog sustava (*uključujući bubrege, mokraćni mjehur i uretere*), dijagnostici uzroka i razine opstrukcije urinarnog sustava (slika 6.). Prednost magnetske rezonancije pred drugim slikovnim metodama, kao što su ultrazvuk, scintigrafija bubrega i mikcij-



SLIKA 6. MRU – VOLUME RENDERING TECHNIQUE (VRT): HİDROURETERONEFROZA – STENOZA PIJELOURETERIČKOG SPOJA LIJEVO

ska cistouretrografija (MCUG), je u mogućnosti cjelovite i objedinjene morfološke i funkcijske evaluacije mokraćnog sustava, kao i neinvazivnosti u smislu poštede od ionizirajućeg zračenja. Obzirom na navedene karakteristike, MRU i fMRU značajno pomažu u donošenju ispravnih kliničkih odluka za konzervativno ili kirurško liječenje, pri procjeni stanja uslijed komplikacija kirurških zahvata, te u slučajevima kada ostale slikovne metode ne daju dostatne dijagnostičke informacije. Najčešće kliničke indikacije za primjenu MRU i fMRU-a su sumnja na opstrukciju urinarnog trakta, planiranje operativnog zahvata, postoperativne komplikacije, detaljna procjena anatomije urogenitalnog bubrega te kvantitativna procjena bubrežne funkcije i ekskrecije. MRU i fMRU su stoga u dječjoj dobi izuzetno korisne i informativne dijagnostičke metode koje nam omogućuju cjelovitu morfološku i funkcionalnu procjenu bubrega i mokraćnog sustava, pružajući jedinstvene i pouzdane dijagnostičke informacije, zamjenjujući niz drugih slikovnih pretraga. Relativni nedostatak je potreba anestezije ili sedacije pri izvođenju pretrage u djece mlađe od 5 godina, te složenost programa kojim se funkcijski podaci analiziraju, što iziskuje visokospecijalizirani kadar ali i vrijeme potrebno za obradu i interpretaciju podataka.

Pretraga se može podijeliti u dva dijela. Prvi dio, takozvana MR hidrografija, koncentrirana je na morfologiju mokraćnog sustava i sastoji se od anatomskog MRI trbuha i zdjelice. Pri MR hidrografiji koriste se sekvencije koje prikazuju kanalni sustav bubrega, uretere i mokraćni mjehur i bubrežni parenhim. Dvodimenzionalne i volumetrijske trodimenzionalne T2 slike visoke rezolucije mogu razgraničiti morfologiju pelvikalnog sustava i anatomske odnose mokraćnog sustava; a trodimenzionalne slike mogu se koristiti za stvaranje različitih rekonstrukcija (VRT – *Volume Rendering Technique*). Drugi dio se sastoji od određivanja bubrežne funkcije uz pomoć T1 postkontrastnih slika dobivenih tijekom razdoblja od 15 minuta. Bubrezi se iznova slikaju prije i nakon primjene kontrasta. Postkontrastne slike oduzimaju se od predkontrastnih slika kako bi se dobio izgled i protok kontrasta kroz krvožilni sustav, bubrege i mokraćni sabirni sustav. Intenzitet i mjesto kontrasta mogu se izmjeriti iz ovih oduzetih slika. Iz ovih mjerenja mogu se izračunati različiti bubrežni funkcionalni parametri (tablica 1.)^{21,22}.

Programski sustav analizira protok kontrasta kroz trodijelni sustav: vaskularni, bubrežni korteks i sabirni sustav. Program izračunava koliko kontrasta prolazi kroz svaki bubreg kako bi se odredila separata bubrežna funkcija i koliko brzo prolazi kontrast, te da bi se steklo uvid u to koliko učinkovito nefroni u svakom bubregu filtriraju. Vrijednosti „Patlaka“ koje izračunava softver gruba su procjena brzine glomerularne filtracije i povezane su s kinetičkim konstantama koje

TABLICA 1. fMRU PARAMETRI BUBREŽNE FUNKCIJE

- CTT („*Calyceal transit time*“) – vrijeme potrebno da kontrast stigne do kaliksa
- RTT („*Renal transit time*“) – vrijeme potrebno da kontrast stigne do uretera u razini donjeg pola bubrega
- TTP („*Time-to-peak*“) – vrijeme do maksimalnog intenziteta kontrasta u parenhimu bubrega
- **Volumen bubrega** – 3D volumen parenhima, pijelona i kaliksa bubrega
- **Volumen parenhima bubrega** – 3D volumen parenhima bubrega bez pijelona i kaliksa
- DRF (*Diferencijalna /separatna/ funkcija bubrega*) – funkcijski parametri koji uspoređuju jedan bubreg sa drugim
 - a) vDRF (*diferencijalna /separatna/ funkcija volumena bubrega*)
 - b) pDRF (*diferencijalna/separatna/ funkcija Patlak vrijednosti*) – potencijalni indikator stope glomerularne filtracije, temelji se na Patlak-Ruthland metodi
 - c) vpDRF (*diferencijalna funkcija volumena bubrega i Patlak vrijednosti*) – pokazatelj ukupne funkcije oba bubrega
- Patlak (mL/min.)/mL
- BSA Patlak (mL/min./mL)



SLIKA 7. CHOP-fMRU – AUTOMATIZIRANA FUNKCIONALNA ANALIZA

reguliraju kretanje kontrasta kroz krv, bubrege i sabirne sustave. Te se informacije koriste za izračunavanje točne i sveobuhvatne procjene bubrežne funkcije i drenaže^{23,24,25}. Funkcionalna analiza MRU skeniranja zahtijeva vanjsku naknadnu obradu pomoću posebnog namjenskog softvera. Jedan od takvih besplatno dostupnih programa naziva se „CHOP-fMRU“ (slika 7.), koji je razvila bolnica „*Children’s Hospital of Philadelphia*“ (CHOP), a preduvjet za sveobuhvatnu analizu je optimalno skeniranje^{20,24,26}. Nakon primjene intravenskog kontrastnog sredstva, dinamički dio snimanja traje od 15 do 20 minuta s pauzama između snimanja, koristeći 3D T1 sekvencu komercijalnog imena „*Volumetric Interpolated Breath-hold Examination*“ (VIBE-Siemens) s prilagođenim parametrima.

TABLICA 2. PRIMJER ANALITIČKIH REZULTATA FUNKCIJE MOKRAČNOG SUSTAVA IZ PROGRAMA CHOP-fMRU

PARAMETAR	Desni bubreg	Lijevi bubreg
CTT	2 min 19 s	2 min 33 s
RTT	2 min 33 s	3 min 0 s
TTP	2 min 19 s	2 min 46 s
Volumen bubrega (mL)	173.1 mL	244.8 mL
Volumen parenhima (mL)	35.82 mL	65.85 mL
vDRF	35.22 %	64.77 %
pDRF	53.13 %	46.86 %
vpDRF	38.14 %	61.85 %
Razlika vDRF pDRF	17.90 %	17.90 %
Patlak (mL/min)/mL	0.59240	0.52245
BSA Patlak (mL/min)/mL	0.52467	0.46272

Primjer rezultata funkcionalne analize mokraćnog sustava tijekom fMRU nakon obrade uz pomoć programa CHOP-fMRU prikazuje tablica 2. Iako se i danas kao metoda izbora za procjenu funkcije bubrega koristi renalna scintigrafija, danas sve više komparativnih studija pokazuje podudarne rezultata scintigrafije i fMRU-a u procjeni bubrežne funkcije^{27,28–31}.

Najčešće kliničke indikacije za primjenu MRU-a su sumnja na opstrukciju urinarnog trakta, planiranje operativnog zahvata, postoperativne komplikacije, detaljna procjena anatomije i anatomskih odnosa urogenitalnog sustava i bubrega te funkcijska procjena bubrega³².

Zaključak

Novije dijagnostičke tehnike oslikavanja mokraćnog sustava u dječjoj dobi zbog svojih su se prednosti, u prvom redu visoke dijagnostičke pouzdanosti i osjetljivosti, afirmirale kao rutinske i stručno priznate slikovne dijagnostičke metode. Kontrastne ultrazvučne pretrage (ceVUS, CEUS) su sigurne, praktične i relativno jednostavne i dostupne za izvođenje, te ne koriste ionizirajuće zračenje. Razvoj kontrastne ultrazvučne metode detekcije refluksa (ceVUS) doživjeo je prekretnicu uvođenjem ultrazvučnih kontrastnih sredstava druge generacije, kao i primjenom softvera osjetljivog na kontrast, što je značajno povisilo osjetljivost i unaprijedio dijagnostiku VUR-a. Ova je metoda obzirom na svoje karakteristike danas superiorna u dijagnostici refluksa. Kontrastom pojačani ultrazvuk (CEUS – *Contrast enhanced ultrasound*) metoda je koja koristi ultrazvučnu tehnologiju (*kontrast specifični softver*) u kombinaciji sa komercijalno dostupnom drugom generacijom ultrazvučnog kontrasta, koji se aplicira intravenski. U području dječje nefro/urologije kontrastom pojačani ultrazvuk (CEUS) najčešće se

koristi pri karkaterizaciji žarišnih i cističnih lezija parenhima bubrega, za praćenje terapijskog odgovora solidnih malignih tumora tijekom kemoterapije, kao i za dijagnostiku traume bubrega. Magnetno rezonantna urografija (MRU) kao i funkcionalna magnetno rezonantna urografija (fMRU) izuzetno su korisne slikovne dijagnostičke metode koja nam omogućuju detaljnu morfološku ali i funkcionalnu procjenu bubrega te gornjih i donjih mokraćnih putova u pedijatrijskih pacijenata, Ove su metode danas prepoznate i priznate kao sigurne i pouzdane slikovne dijagnostičke metode i u dječjoj dobi.

LITERATURA

1. Roic G, Cvitković Roic A, Palcic I, Miletic D. Ultrasound contrast cystography with contrast enhanced software in the diagnosis of vesicoureteral reflux. *Medicina Fluminensis*. 2014; 50(2):188–96.
2. Venhola M. Vesicoureteral reflux in children. Tampere: Juvenes print Universitatis Oulensis, 2011;23–4. 16.
3. Grunberg J, Bonelli S, Velasco M, Rebori A, Estevan M. Recurrent febrile urinary tract infections with normal voiding cystography. Absent or elusive vesico-ureteric reflux? *Pediatr Nephrol* 1991;5:761–2. 17.
4. Dikshit MP, Acharya VN, Shikare S, Merchant S, Pardani DS. Comparison of direct radionuclide cystography with micturating cystourethrography for the diagnosis of vesico-ureteric reflux, and its correlation with cystoscopic appearances of the ureteric orifices. *Nephrol Dial Transplant* 1993; 8:600–2.
5. Poli-Merol ML, Francois S, Pfliger F, Lefebvre F, Roussel B, Liehn JC i sur. Interest of direct radionuclide cystography in repeated urinary tract infection exploration in childhood. *Eur J Pediatr Surg* 1998;8:339–42.
6. Roić G, Grmoja T, Posarić V, Marjanović J, Odorčić-Krsnik M, Cvitković Roić A. „Image Gently”; Racionalni pristup imaging metodama u dječjoj dobi. *Paediatr Croat* 2012;56(Suppl): 143–6.
7. Schneider KO, Lindemeyer K, Kammer B. Intrarenal reflux, an overlooked entity—retrospective analysis of 1166 voiding cysturethrographies in children. *Pediatr Radiol* 2019;49(5): 617–625.
8. Collieran GC, Barnewolt CE, Chow JS, Paltiel HJ. Intrarenal reflux: diagnosis at contrast-enhanced voiding urosonography. *J Ultrasound Med Of J Am Inst Ultrasound Med* 2016; 35(8):1811–1819.
9. Fukui S, Watanabe M, Yoshino K. Intrarenal reflux in primary vesicoureteral reflux. *Int J Urol Of J Jpn Urol Assoc* 2013; 20(6):631–636.
10. Darge K, Trusen A, Gordjani N, Riedmiller H. Intrarenal reflux: diagnosis with contrast-enhanced harmonic US. *Pediatr Radiol* 2003;33(10):729–731.
11. Gotoh T, Asano Y, Nonomura K, Togashi M, Koyanagi T. Intrarenal reflux in children with vesicoureteral reflux. *Nihon Hinyokika Gakkai Zasshi* 1991;82(9):1480–1486.
12. Cremin BJ. Observations on vesico-ureteric reflux and intrarenal reflux: a review and survey of material. *Clin Radiol* 1979; 30(6):607–621.

13. *Hambidge SJ, Davidson AJ, Gonzales R, Steiner JF.* Epidemiology of pediatric injury-related primary care office visits in the United States. *Pediatrics* 2002;109:559–65.
14. *Fenton SJ, Meyers RL, Vargo DJ et al.* CT scan and the pediatric trauma patient-are we overdoing it? *J Pediatr Surg Dec* 2004;39(12):1877–81.
15. *Streck CJ, Jewett BM, Wahlquist AH, Gutierrez PS, Russell WS.* Evaluation for intra-abdominal injury in children after blunt torso trauma: can we reduce unnecessary abdominal computed tomography by utilizing a clinical prediction model? *J Trauma Acute Care Surg* 2012;73:371–6.
16. *Armstrong LB, Mooney DP, Paltiel H, Barnevolt C, Dionigi B, Arbuthnot M i sur.* Contrast enhanced ultrasound for the evaluation of blunt pediatric abdominal trauma. *J Pediatr Surg*.
17. *McGahan JP, Horton S, Gerscovich EO, Gillen M, Richards JR, Cronan MS i sur.* Appearance of solid organ injury with contrast-enhanced sonography in blunt abdominal trauma: preliminary experience. *AJR Am J Roentgenol* 2006;187:658–66.
18. *Sessa B, Trinci M, Ianniello S et al.* Blunt abdominal trauma: role of contrast-enhanced ultrasound (CEUS) in the detection and staging of abdominal traumatic lesions compared to US and CE-MDCT. *Radiol Med* 2015;120:180–9.
19. *Roić G, Roić AC, Grmoja T, Posarić V, Marijanović J, Miletić D i sur.* Diagnostic imaging in the diagnosis of vesicoureteral reflux: From the beginning to the present. *Paediatr Croat* 2014;58(2):125–32.
20. *Leyendecker JR, Barnes CE, Zagoria RJ.* MR urography: Techniques and clinical applications. In: *Radiographics*. 2008. p. 23–46.
21. *Zhang JL, Morrell G, Rusinek H, Sigmund EE, Chandarana H, Lerman LO, i sur.* New magnetic resonance imaging methods in nephrology. Vol. 85, *Kidney International*. Nature Publishing Group; 2014. p. 768–78.
22. *Bokacheva L, Rusinek H, Chen Q, Oesingmann N, Prince C, Kaur M, et al.* Quantitative determination of Gd-DTPA concentration in T1-weighted MR renography studies. *Magnetic Resonance in Medicine*. 2007;57(6).
23. *Chan SS, Ntoulia A, Khrichenko D, Back SJ, Tasian GE, Dillman JR, i sur.* Role of magnetic resonance urography in pediatric renal fusion anomalies. Vol. 47, *Pediatric Radiology*. Springer Verlag; 2017. p. 1707–20.
24. *Khrichenko D, Darge K.* Functional analysis in MR urography – Made simple. *Pediatric Radiology*. 2010;40(2):182–99.
25. *Darge K, Anupindi SA, Jaramillo D.* MR imaging of the abdomen and pelvis in infants, children, and adolescents. Vol. 261, *Radiology*. 2011.
26. *Bobinec D.* Pediatric MR urography: Indications, techniques and role in uroradiology. *Paediatrics Today*. 2016;12(2):179–83.
27. *Hadjidekov G, Hadjidekova S, Tonchev Z, Bakalova R, Aoki I.* Assessing renal function in children with hydronephrosis-additional feature of MR urography. *Radiology and Oncology*. 2011;45(4).
28. *Karaveli M, Katsanidis D, Psarrakos K, Sioundas A, Dimitriadis A, Haritanti A, i sur.* MR urography: Anatomical and quantitative information on congenital malformations in children. *Nigerian Medical Journal*. 2013;54(2).
29. *Rohrschneider WK, Haufe S, Wiesel M, Tönshoff B, Wunsch R, Darge K, i sur.* Functional and morphologic evaluation of congenital urinary tract dilatation by using combined static-dynamic MR urography: Findings in kidneys with a single collecting system. *Radiology*. 2002;224(3).
30. *Sanavi C, Dacher JN, Caudron J, Dolores M, Liard A, Vivier PH.* Supranormal differential renal function in unilateral hydronephrotic kidney: Insights from functional MR urography. *Journal of Magnetic Resonance Imaging*. 2014;40(3).
31. *Perez-Brayfield MR, Kirsch AJ, Jones RA, Grattan-Smith JD.* A prospective study comparing ultrasound, nuclear scintigraphy and dynamic contrast enhanced magnetic resonance imaging in the evaluation of hydronephrosis. *Journal of Urology*. 2003;170(4 I).
32. *Morin CE, McBee MP, Trout AT, Reddy PP, Dillman JR.* Use of MR Urography in Pediatric Patients. Vol. 19, *Current Urology Reports*. Current Medicine Group LLC 1; 2018.