

MAGNETSKA REZONANCIJA U DIJAGNOSTICI MALIGNIH ABDOMINALNIH TUMORA DJEČJE DOBI

DAMIR MILETIĆ¹, GORAN ROIĆ², MIRKO BALIĆ¹, DANIJELA VELJKOVIĆ
VUJAKLIJA¹, MARIN PUŠIĆ¹, IVICA KATIĆ¹, MIHAELA MAMULA¹

Magnetska rezonancija (MR) u dijagnostici abdominalnih tumora dječje dobi nije inicijalna slikovna dijagnostička tehnika, ali je izvrsna u procjeni proširenosti potencijalno malignih lezija zbog superiorne kontrastne rezolucije mekih tkiva. Nedostatak MR je vremensko trajanje pretrage i potreba za općom anestezijom u dijelu pedijatrijske populacije. Noviji CT uređaji mogu prikazati plućni parenhim uz minimalno izlaganje ionizirajućem zračenju, uglavnom bez opće anestezije. Ovdje prikazujemo najčešće abdominalne tumore dječje dobi kod kojih je MR dio dijagnostičkog algoritma u planiranju liječenja. Kod neuroblastoma je potrebna točna procjena moguće invazije spinalnog kanala i koštane srži, što ultrazvukom nije moguće postići. MR je optimalna metoda praćenja terapijskog odgovora i detekcije recidiva ili rezidua osnovne bolesti. MR pouzdano prikazuje prisustvo tumorsko krvarenje, nekrozu, masnu i cističnu degeneraciju. Nedostatak MR je nemogućnost prikaza kalcifikacija kod abdominalnih tumora poput neuroblastoma. MR je optimalna metoda prikaza jetrenih tumora zbog mogućnosti istodobne evaluacije jetrenog parenhima, vaskularnih struktura i bilijarnog trakta, što je presudno u procjeni resektabilnosti. MR pouzdano procjenjuje tumorsku invaziju paravertebralnih tkiva i struktura unutar spinalnog kanala, što mu daje značajnu prednost u odnosu na ultrazvuk i CT. Osim morfološkog prikaza, suvremene MR tehnike poput difuzije (DWI), dinamičke kontrastne sekvencije ili magnetske spektroskopije daju funkcionalnu informaciju o tkivima koje prikazuju. Primjerice, visokocelularna tumorska tkiva ili apsecesne kolekcije uzrokuju restrikciju difuzije molekula vode koja se može kvantificirati. Ovom metodom se detektira smanjenje celularnosti kod uspješnog liječenja daleko ranije od morfološkog odgovora, a kod biopsije je moguće ciljati dijelove tumora s većom celularnoću kako bi se dobio reprezentativan uzorak za patohistološku analizu.

Deskriptori: MAGNETSKA REZONANCIJA, ABDOMINALNI TUMORI, DJECA

¹Klinički zavod za radiologiju, KBC Rijeka
²Zavod za radiologiju, Klinika za dječje bolesti Zagreb

Adresa za dopisivanje:
Prof. dr. sc. Damir Miletić, dr. med.
Klinički zavod za radiologiju, KBC Rijeka
Predstojnik Kliničkog zavoda za radiologiju
Predsjednik Hrvatskog društva radiologa
Prodekan za znanstveno istraživačku djelatnost
51000 Rijeka, Krešimirova 42
E-mail: damir.miletic@medri.uniri.hr

Magnetska rezonancija abdomena u
pedijatrijskoj populaciji

U pedijatrijskoj populaciji radio-
loške dijagnostičke metode imaju različitu
ulogu i karakteristike u odnosu na odrasle
bolesnike. Kompjutorizirana tomografi-
ja (CT), kao složena radiološka tehnika u
odrasloj populaciji, kod pedijatrijske po-

populacije se koristi vrlo restriktivno zbog izlaganja ionizirajućem zračenju na kojeg je dječji organizam osobito osjetljiv. CT je vrlo dostupna i brza dijagnostička tehnika koja uglavnom ne zahtijeva sedaciju niti opću anesteziju, ali treba dobro izbalansirati navedene prednosti s rizikom izlaganja ionizirajućem zračenju. U skladu s ALARA (engl. as low as reasonably achievable) postulatom, CT pretrage treba optimizirati i prilagoditi ovoj vrlo osjetljivoj populaciji. Ultrazvuk je inicijalna slikovna metoda pregleda abdomena u djece. Pogoduje mu manja veličina djeteta i oskudnije intra-abdominalno masno tkivo u usporedbi s odraslim ispitanicima, što omogućuje bolji prodor ultrazvučnih valova i poboljšava kvalitetu slikovnog prikaza (1). U djece se mogu koristiti sonde više frekvencije koje imaju bolju prostornu rezoluciju zbog kraćeg vala. Takve sonde kod većih objekata nemaju dostatnu prodornost ultrazvučnih valova. Osobita je prednost ultrazvučne dijagnostike prikaz slike u stvarnom vremenu, što omogućuje prikaz peristaltičkih pokreta crijeva i protoka krvi u lumenu krvnih žila (Doppler). Konačno, neposredni kontakt s djetetom tijekom pregleda omogućuje postavljanje specifičnih pitanja uz istodobni klinički pregled. Ultrazvuk pruža gotovo sve potrebne informacije u procjeni abdominalnih tumora dječje dobi uz uvjet da je provodi iskusan dijagnostičar. Pedijatrijski radiolog će u pravilu točno procijeniti organotopsku pripadnost, unutarnju strukturu, vaskularnu opskrbu tumora, regionalne metastaze te invaziju okolnih krvnih žila. Dijagnostički problem za ultrazvuk kod velikih abdominalnih tumora je cjelovita procjena proširenosti, posebice prema paraverebralnim struktura i spinalnom kanalu.

Magnetska rezonancija (MR) u pedijatrijskoj populaciji, posebice kod neonatalnog abdomena, predstavlja dijagnostički izazov zbog veličine organa i struktura koje treba prikazati, nemogućnosti suradnje ispitanika te ubrzanog srčanog i respi-

racijskog ritma (2). Stoga se koriste brze sekvencije poput SSFP (engl. steady-state free precession), MRCP te gradijentne brze T1 sekvencije u 2D ili 3D modalitetu (3D prikupljanje signala je neophodno kod MR angiografije, a kod prikaza crijeva ili parenhimskih organa omogućuje multiplanarno "putovanje" kroz skenirani volumen). Novorođenčad se skenira "wrap-and feed" tehnikom tako da ona uglavnom prespavaju MR pretragu, no kod starijih dojenčadi i male djece potrebna je sedacija koju provodi posebno trenirani tim (2-4). Osobito treba voditi brigu o održavanju potrebne tjelesne temperature u novorođenčadi tijekom pretrage koja može potrajati više od 30 minuta. U djece predškolske dobi u pravilu je potrebna opća anestezija zbog vremenskog trajanja MR pretrage i potrebe da dijete bude mirno tijekom trajanja pojedinih sekvencija. Novije studije pokazuju da anestezija može imati utjecaja na mozak u razvoju, no potrebna su daljnja istraživanja da bi se utvrdio stvarni rizik primjene anestezije u najranijoj dobi (5, 6). Abdominalne MR sekvencije su u pravilu dizajnirane na način da mogu prikupiti podatke u kratkom vremenu, čime se smanjuju ili eliminiraju artefakti gibanja dijafragme i organa koji se nalaze u njenoj neposrednoj blizini (7). Uloga MR u onkološkim indikacijama se zadnjih godina značajno promijenila zahvaljujući razvoju metoda funkcionalnog oslikavanja poput mjerenja difuzije molekula vode (engl. diffusion weighted imaging - DWI), dinamičkog postkontrastnog prikaza (DCE) ili MR spektroskopije. Kod difuzijske sekvencije mjeri se Brownovo gibanje molekula vode u tkivima i tjelesnim tekućinama. S obzirom da je temperatura tkiva u organizmu konstantna, Brownovo gibanje će prvenstveno ovisiti o zaprekama koje smanjuju ili usmjeravaju slobodnu višesmjernu difuziju. Primjerice, kada je neko tkivo izrazito celularno, molekule vode će imati ograničenu mogućnost difuzije u mediju jer će naići na gusto postavljene stanične membrane, što znači

da će doseg (prijeđeni put u određenom smjeru) molekula vode biti manji. Takvu pojavu nazivamo restrikcijom difuzije koja na DWI slici daje visok signal, a u ADC (engl. apparent diffusion coefficient) mapi izrazito nizak signal. Restrikciju difuzije će tipično uzrokovati nakupina gnojnog sadržaja (apsces) ali i visokocelularni tumor. Informacija o celularnosti tumora ima veliki klinički značaj. Primjerice, možemo odrediti mjesto uzimanja reprezentativnog biopsijskog uzroka određenog tumora detekcijom segmenata njegove najveće celularnosti. Kod procjene učinka kemoterapije DWI će pokazati smanjenje restrikcije difuzije (smanjenje celularnosti tumora) značajno ranije od smanjenja volumena tumora. Štoviše, volumen tumora se u ranoj fazi liječenja može i povećati zbog nekroze i edema, a da u stvarnosti tumorske stanice odumiru. Radi se o pseudoprogresiji koja nas može navesti na krivi zaključak i usmjeriti terapiju u pogrešnom smjeru. Dinamičko praćenje protoka kontrastom imbibirane krvi kroz neko tkivo omogućit će stvaranje krivulja protoka koje su često karakteristične za određenu patologiju. Primjerice, benigni će tumori nakon postizanja maksimalne koncentracije kontrasta u tkivu najčešće zadržati tu razinu u početku uz postupno smanjivanje koncentracije tijekom vremena. Neoangiogenezu kod malignih tumora karakteriziraju arteriovenski šantovi i ubrzan protok, zbog čega će krivulja naglo rasti do maksimuma uz također nagli pad koncentracije zbog ubrzanog ispiranja. Magnetno-rezonantna kolangiopankreatografija (MRCP) je neinvazivna metoda slikovnog prikaza žučnih vodova bez primjene kontrastnog sredstva. Koristi se MR sekvencija sa samo jednom ekscitacijom te brojnim prikupljanjima signala u vrlo brzom slijedu, što omogućuje dobivanje slike određenog presjeka unutar jedne sekunde. Ta činjenica omogućuje uspješan prikaz bilijarnog stabla i u ispitanika koji ne mogu zadržati disanje, što je nerijetko slučaj u dječjoj populaciji. Treba naglasiti

da MRCP prikazuje isključivo stacionarne tekućine visokim signalom, dok su ostale strukture tamne te da ne može dati funkcionalni podatak, primjerice prikazati ekstraluminaciju žuči.

Dualna gradijent-echo T1 mjerena slika "u fazi" i "izvan faze" omogućuje detekciju mikroskopskih nakupina masti u stanicama koristeći međusobno pribrajanje i poništavanje magnetskih vektora u vodi i masti unutar vokselu u ovisnosti o proteku vremena od ekscitacije do mjerenja MR signala. Primjerice, evidentan pad signala jetrenog parenhima "izvan faze" ukazuje na steatozu.

Neuroblastom i tumori nadbubrežnih žlijezda

Nadbubrežne žlijezde su veličinom komparabilne s bubrezima tijekom intrauterinog života, a nakon poroda dolazi do ubrzanog smanjivanja tog organa, posebice u usporedbi s bubregom. Nakon ranog djetinjstva i kasnije krakovi nadbubrežne žlijezde su tanji od kruga dijafragme te se nesigurno prikazuju ultrazvukom, ali se jasno vizualiziraju CT i MR tehnikama, gdje okolno masno tkivo pruža izvrsnu kontrastnost u odnosu na mekotkivnu strukturu adrenalne žlijezde (8). Neuroblastični tumori, točnije neuroblastom, ganglioneuroblastom i ganglioneurom su histološki entiteti koji proizlaze iz primordijalnog neuralnog grebena simpatičkog živčanog sustava, što im određuje moguću lokalizaciju (9). Ipak, to su tumori različitog stupnja maturacije i diferencijacije te različite biološke agresivnosti. Od navedene 3 varijante najčešći i najmaligniji je neuroblastom. Neuroblastom je ujedno najčešći ekstrakranij-ski solidni tumor u djece te čini oko 10% svih tumora dječje dobi, a sudjeluje sa 15% smrtnih ishoda zbog tumora u istoj populaciji (10). Oko tri četvrtine neuroblastoma u pedijatrijskih bolesnika nastaje u abdomenu, a jedna trećina proizlazi iz nadbubrežnih žlijezda. Ostale neuroblastome treba

tražiti uzduž simpatičkih lanaca od vrata do zdjelice. Oko polovice ovih tumora nastane u prvim mjesecima života ili čak nešto prije rođenja. CT i MR mogu značajno doprinijeti kod izrazito velikih tumora kada ultrazvuk može podcijeniti njihovu stvarnu ekstenzivnost. Na CT-u su tumori izodenzni s miškulaturom, vrlo često su prožeti kalcifikacijama koje mogu biti grube ili punktiiformne, ponekad linearne. Intravenskom aplikacijom jodnog kontrasta postiže se bolje razgraničenje tumora prema okolnim strukturama, posebice prema krvnim žilama koje može okružiti, potisnuti ili infiltrirati. Prvenstveno su zahvaćene mezeneterijske, renalne i retroperitonealne krvne žile. Kompresija renalnih krvnih žila može rezultirati infarktom renalnog parenhima. MR je metoda izbora za prikaz eventualne spinalne invazije s leptomeningealnom ili epiduralnom ekstenzijom koje su tipične za neuroblastom, a također prikazuje infiltraciju koštane srži (Slika 1).

Intraspinalna ekstenzija je češća kod torakalne lokalizacije tumora. Može zahvatiti jedan ili više vertebralnih segmenta s ponekad prisutnim proširenjem intervertebralnih foramina. Treba napo-



Slika 1.
Postkontrastna T1 mjerena slika u koronalnoj ravnini pokazuje neuroblastom desne nadbubrežne žlijezde (strelice) koji se nehomogeno imbibira kontrastom. Također se prikazu nehomogeni areali kontrastne imbibicije koštane srži koji odgovaraju sekundarnim depozitima (glave strelice).

menuti da izostanak tipičnih kliničkih znakova ne isključuje invaziju spinalnog kanala zbog čega je MR dijagnostika nezaobilazna (Slika 2). Nakon provedene kirurške resekcije ili medikamentozne terapije obvezno je praćenje slikovnim metodama zbog procjene eventualnog reziduuma, odgovora na kemoterapiju te udaljenih metastatskih depozita. Treba imati na umu da je u novorođenčadi adrenalna hemoragija višestruko češća od neuroblastoma, posebice u velikog ploda i teškog poroda (11). Ultrazvučno praćenje novorođenčeta u kratkim vremenskim razmacima omogućit će sigurno razlikovanje dvaju entiteta. Kod krvarenja tipična je progresivna cistična transformacija s postupnim smanjivanjem i pojavom kalcifikacija, dok kod neuroblastoma očekujemo intervalni rast.

MR može pomoći u detekciji krvarenja zahvaljujući karakterističnom signalu koji se mijenja evolucijom hematoma. U diferencijalnoj dijagnozi tvorbi lijeve suprarenalne regije ne treba zaboraviti intra-abdominalnu ekstralobarnu pulmonalnu sekvestraciju koja je heterogene MR strukture na nativnim i postkontrastnim skenovima. Ganglioneuromi kod MR pokazuju niski signal u T1 mjerenoj slici te heterogeni u T2 mjerenoj slici zbog prisustva miksoidne strome i zrelih ganglionskih stanica (12). Definitivnu dijagnozu je moguće postaviti samo na patohistologiji. Feokromocitom je netipičan za dječju dob, dok su adenokortikalni tumori nadbubrežne žlijezde vrlo rijetki.

Tumori bubrega

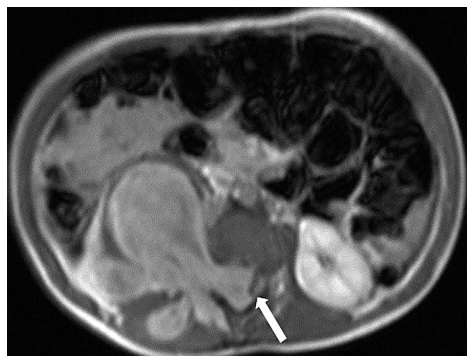
Abdominalna tvorba u prvoj godini života je najčešće renalnog podrijetla i netumorske etiologije (13). Svega 20% renalnih formacija u dojenčadi su prave neoplazme. Najčešća solidna neoplazma u toj dobnoj skupini je kongenitalni mezoblastični nefrom (CMN) (14). Radi se o pretežno benignoj leziji, a varijante s malignim potencijalom je teško razlikovati od



A

Slika 2.

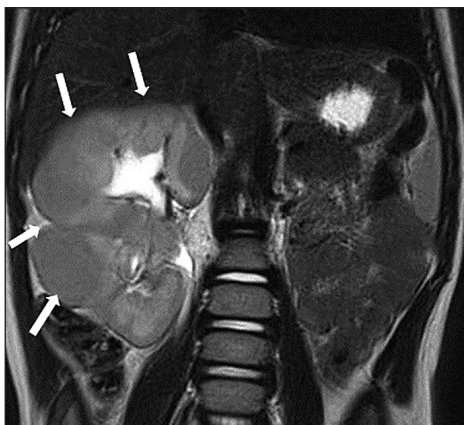
Koronalni (A) i aksijalni (B) presjeci u T1 mjerenoj slici nakon intravenske aplikacije kontrasta pokazuju paravertebralno smješteni ganglioneuroblastom koji prodire u spinalni kanal (strelice).



B

Wilmsova tumora. Obično se prezentira u prvih 3 mjeseca života kao palpabilna abdominalna tvorba. Slikovni prikaz značajno varira s obzirom na patološki podtip tumora (15). Klasični tip je solidna tvorba ujednačenog signala, dok celularni tip karakterizira heterogeni signal zbog areala hemoragije, cistične degeneracije i nekroze. Često okružuje te invadira okolne strukture. Wilmsov tumor se zapravo ne može razlikovati od CMN (posebice celularnog tipa), ali se pojavljuje češće u dojenčadi i djece predškolske dobi. Wilmsov tumor je česta maligna renalna neoplazma koja nastaje iz perzistentnog embrionalnog tkiva. Obično se otkrije slučajno jer u pravilu ne daje simptome u trenutku postavljanja dijagnoze. U 5% to 7% bolesnika moramo računati na bilateralnu bolest (16). Wilmsov tumor se može kontinuirano širiti kroz zahvaćene vaskularne strukture, tipično u ipsilateralnu i kontralateralnu renalnu venu. Tumorska propagacija u donju šuplju venu i desni atrij nije česta, ali je slikovnim metodama treba isključiti jer bitno utječe na planiranje operacijskog liječenja. Kavalni tumorski tromb se može proširiti u pritoke poput gonadalnih, adrenalnih i hepatičnih vena (može nastati Budd-Chiarijev sindrom) (17). Krvarenje u Wilmsov tumor može dati tipični nivo između tekućina različite gustoće, što se

dobro prikaže MR-om. Wilmsov tumor je kod dijagnoze u pravilu velika dobro ograničena tvorba heterogene strukture. Tumor se slabo postkontrastno imbibira u usporedbi s renalnim parenhimom kojeg potiskuje. Intenzitet MR signala određuje produljeno T1 i T2 vrijeme relaksacije. Tipična je heterogenost zbog prisustva krvi, nekroze, masne i cistične degeneracije koja se zadržava i nakon intravenske aplikacije gadolinijeva kontrasta. Procjena proširenosti tumora slikovnom dijagnostikom je presudna u planiranju liječenja (nefrektomija, neoadjuvantna terapija s reevaluacijom, poštedna kirurgija). U diferencijalnoj dijagnozi Wilmsova tumora na prvom mjestu je neuroblastom zbog slične lokalizacije i dobi kod postavljanja dijagnoze. Bubrež je tipičan ishodišni organ Wilmsova tumora što potvrđuje "znak kandže" - izduženi izdanak potisnutog renalnog parenhima koji djelomično prati konturu tumora, dok tumori nadbubrežne žlijezde potiskuju bubrež. Radiološki znakovi koji favoriziraju dijagnozu neuroblastoma u odnosu na Wilmsov tumor su kalcifikacije (80-90% kod neuroblastoma, 15% kod Wilmsovog tumora), uklapanje krvnih žila, tumorska propagacija preko medijane ravnine (posebice preko granice aorte), proširenje putem foramina u spinalni kanal te koštane metastaze (18).



Slika 3.
Koronalni sken u T2 mjerenoj slici pokazuje neoplazmu koja zauzima gornji pol desnog bubrega (strelice), sličnog signala kao zdravi parenhim - nefroblastomatoza s mogućom alteracijom prema Wilmsovu tumoru.

Nefroblastomatoza (Slika 3) označuje prisustvo žarišta metanefričkog blastema što može rezultirati multifokalnim subkapsularnim čvorovima ili difuznom infiltracijom oba bubrega (19). Kod MR je tipično sniženje signala u odnosu na renalni korteks u svim sekvencijama, ali postoje varijacije kod različitih histoloških podvrsta (20). Rhabdoidni tumor bubrega (RTK) je najagresivniji maligni renalni tumor u dječjoj dobi. Tumor je centralno smješten i tipično zahvaća renalni hilus (21, 22). Karcinom bubrežnih stanica (RCC) je tumor odraslih, ali se može javiti u djece starije od 5 godina. Radi se o solidnoj tvorbi koja može sadržavati nekrozu, kalcifikacije, cističnu degeneraciju, krvarenje. Karakteristična je intenzivna postkontrastna opacifikacija. Moguća je povezanost s von Hippel-Lindauovim sindromom.

Papilarni karcinom bubrega je izuzetak jer se slabije opacificira kontrastom, posebice u odnosu na okolni renalni parenhim, a opacifikacija je uglavnom homogena (23). Angiomiolipomi su benigni hamartomi bubrega koji sadrže mast, glatkomišićno tkivo i abnormalne krvne žile u različitim omjerima. Kada se dijagnosti-

ciraju u dječjoj dobi gotovo su uvijek povezani s tuberoznom sklerozom. Kod MR patognomonična je masna komponenta tumora. Limfomska infiltracija bubrega u djece u pravilu se odnosi na non-Hodgkin limfom, posebno Burkittov tip limfoma (24). Najčešći radiološki uzorak su multiple parenhimske tvorbe ili noduli koji ponekad deformiraju konturu bubrega i potiskuju odvodni sustav bubrega. Multilokularni cistični renalni tumor obuhvaća više entiteta koje kod MR karakterizira inkapsulirana tvorba s više komora ispunjenih tekućinom različitog signala koji ovisi o sadržaju cista.

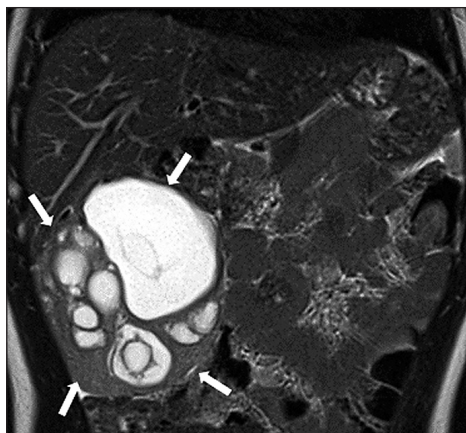
Tumori jetre

Hepatobilijarni tumori nisu česti u pedijatrijskoj populaciji, čine 5% do 6% abdominalnih tumora. Metastatski tumori su češći od primarnih (25). MR je sveobuhvatna slikovna dijagnostička metoda kojom se mogu procijeniti jetreni parenhim, žučni mjehur i vodovi bez primjene ionizirajućeg zračenja. Multifazna dinamička T1 mjerena sekvencija nakon intravenske aplikacije gadolinijeva kontrastnog sredstva je ključna za procjenu tumorske vaskularizacije te individualne vaskularne i segmentalne anatomije koji su bitni za planiranje kirurškog liječenja (26).

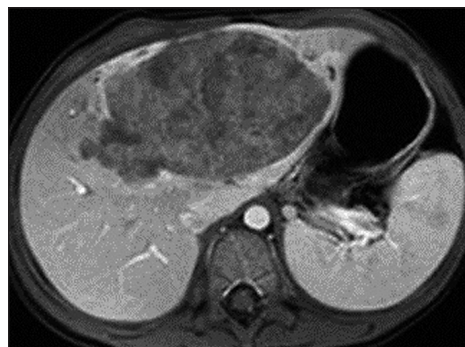
Infantilni hemangiomi (IHH) su najčešći benigni tumori u djece s pojavnošću 10-12% (27, 28). Tipično su smješteni u koži, ali se mogu naći bilo gdje u tijelu, posebice u jetri. Karakterizira ih brza proliferacija u prvim mjesecima nakon rođenja i spora involucija sve do 10. godine života (28). Jetreni infantilni hemangiomi su tipično multipli, rijetko solitarni ili difuzni. IHH je kod MR niskog signala u T1 i vrlo visokog u T2 mjerenoj slici. MRI pokazuje gubitak signala (eng. flow void) iz krvnih žila u tumoru, a postkontrastna imbibicija je homogena (28). Kongenitalni jetreni hemangiom je drugi tip vaskularnog tumora koji se od prethodnog razlikuje drugačijom

kliničkom prezentacijom i tijekom bolesti, a najčešće je solitarni. Tipična je slika velike tvorbe s kompleksnom vaskularnom strukturom koja uključuje sistemske kolaterale i AV šantove ili malformacije (AVM). Brzo involutivni kongenitalni hemangiomi (engl. rapid involuting congenital hemangioma - RICH) je jedna od varijanti koja započinje s involucijom uskoro nakon poroda i potpuno nestane do 2. godine života (29, 30). RICH treba razlikovati od adultnog hepatičnog hemangioma koji ne involuira (31). Karakteristike variraju ovisno o udjelu visokoprotčnih krvnih žila, tromboze i proširenih vaskularnih prostora. Nakon i.v. aplikacije kontrasta mogu se imbibirati od periferije prema centru ili homogeno (31). Drugi najčešći jetreni benigni tumor je mezenhimski hamartom koji se obično prikaže do druge godine života kao multicistična tvorba s većom ili manjom predominacijom stromalne komponente, što mu daje izgled švicarskog sira (Slika 4). Smatra se razvojnom neoplazmom koja sadrži mezenhimsko tkivo i žučne vodove (32).

Hepatični adenom (HA) može pokazivati različite MR karakteristike, ovisno o prisustvu intratumorskog krvarenja,



Slika 4.
Koronalni sken u T2 mjerenoj slici pokazuje solidno-cističnu neoplazmu desnog lobusa jetre (strelice) koja odgovara mezenhimskom hamartomu.



Slika 5.
Aksijalni sken u postkontrastnoj T1 mjerenoj slici pokazuje solidnu neoplazmu jetre mozaične unutaršnje strukture, pseudokapsulom razgraničenu od okolnog parenhima koja ukazuje na hepatoblastom.

nekroze ili inkulzija masnog tkiva. Stoga signal u T1 mjerenoj slici varira od niskog do visokog. T1 mjerena slika "u fazi" i "izvan faze" pokazuje pad signala masne komponente tumora. U T2 mjerenoj slici HA je uglavnom visokog signala. Fokalna nodularna hiperplazija (FNH) čini 2-6% jetrenih tumora u djece. Doppler ili kontrastni ultrazvuk (CEUS) će prikazati povećanu vaskularizaciju fibroznih pregrada što daje karakteristični "spoke wheel uzorak". FNH je vrlo sličnog signala s jetrenim parenhimom u T1 i T2 MR sekvencijama. Centralni ožiljak je visokog signala na T2 mjerenim slikama. Nakon aplikacije kontrasta tipična je intenzivna opacifikacija u arterijskoj fazi te izjednačavanje s jetrenim parenhimom u odgođenoj fazi. Najčešći primarni tumor jetre (oko 79%) u djece je hepatoblastom koji se najčešće prezentira prije 3. godine života (33). U pravilu se prikazuje kao dobro ograničena solitarna tvorba (Slika 5) koja češće zahvaća desni jetreni režanj.

Razina alfa-fetoproteina je povećana u 90% bolesnika (34). Signal kod MR je nizak u T1 i visok u T2 mjerenoj slici, nerijetko je heterogen zbog krvarenja i fibroze. Hepatocelularni karcinom (HCC) je drugi najčešći maligni jetreni tumor kojeg u 40%

bolesnika karakteriziraju kalcifikacije, nedetektibilne magnetskom rezonancijom. Signal u T1 i T2 mjerenim sekvencijama je sličniji jetri u odnosu na hepatoblastom. Nakon i.v. aplikacije gadolinijeva kontrasta HCC pokazuje intenzivnu imbibiciju u arterijskoj te brzo ispiranje s kapsularnom imbibicijom u venskoj fazi. MR angiografija vrlo dobro prikazuje tumorsku neovaskularizaciju. Nediferencirani embrionalni sarkom (UES) je treći najčešći jetreni malignom u djece (oko 6%) i prezentira se kao brzo rastuća abdominalna neoplazma, obično između 6. i 10. godine života (35). Neki autori smatraju da je UES maligna inačica mezenhinskog hamartoma (36). UES je heterogena multicistična septirana tvorba. Metastaze u jetru najčešće daju tumori abdominalnih organa. U djece su to neuroblastom i Wilmsov tumor.

Ostale abdominalne neoplazme

Pankreatoblastoma je vrlo rijetki tumor koji se javlja isključivo u djece, proizlazi iz acinarnih stanica. Najčešće se prezentira kao velika abdominalna tvorba heterogenog MR signala koja komprimira okolne strukture (37). SPENs (solidni papilarni epitelni tumori) su u pravilu benigne tvorbe s izrazitom prevalencijom ženskog spola, u pravilu ograničene na pankreas. Područja krvarenja i produkti degradacije hematoma se najbolje prikazuju MR-om (38). Neuroendokrini tumori gušterače mogu biti benigni (adenomi) i maligni (karcinomi) s mogućim metastazama.

Tumori slezene u dječjoj dobi su vrlo rijetki, osim limfoma. Hemangiom je najčešći primarni splenični benignom dječje dobi. Centripetalni tip postkontrastne opacifikacije ovdje nije tako čest kao kod jetrenih hemangioma. Visoki MR signal u T2 mjerenoj slici uz pravilne konture može pomoći u dijagnozi i bez aplikacije kontrastnog sredstva. Splenični limfangiom, odnosno limfatička malformacija

je rijetka benigna lezija slezene koja može zahvatiti okolne organe. MR može biti od velike pomoći kod paravertebralne (primjerice retrokruralne) lokalizacije koja u pravilu predstavlja slijepu zonu ultrazvuka, osobito kada se radi o tankim pločastim formacijama.

Tumori gastrointestinalnog sustava (probavne cijevi) su rijetki u djece. Češće su benigne varijante poput polipa, hemangioma, neurofibroma, lejomiona i lipoma. Najčešći maligni tumor je limfom, dok su ostali vrlo rijetki. Limfom gastrointestinalnog sustava se može prezentirati kao solitarna tvorba, multifokalna lezija ili difuzno zahvatiti abdominalna tkiva i organe uz splenomegaliju (37). Limfom je kod MR podjednako signala kao miškulatura u T1 mjerenoj slici te ujednačenog do blago povišenog signala u T2 mjerenoj slici. Non-Hodgkin (posebice Burkitt) limfom i Hodgkinova bolest mogu zahvatiti tanko crijevo. Najčešće su zahvaćeni distalni dio ileuma, cekum i crvuljak (39). Mezenterijski i retroperitonealni limfni čvorovi mogu biti zahvaćeni. Karakteristično je koncentrično zadebljanje crijevne stijenke obično udruženo s dilatacijom lumena i uvećanim limfnim čvorovima. Karcinoid je neuroendokrini tumor, obično polazi od crvuljka, a najčešće je slučajan nalaz kod apendektomije.

Zaključak

MR abdomena omogućuje sveobuhvatnu procjenu proširenosti malignih tumora dječje dobi, posebice invazije spinalnog kanala, zahvaljujući izvrsnoj kontrastnoj rezoluciji. To je pouzdana metoda praćenja bolesti nakon provedenog kirurškog ili medikamentoznog liječenja. Osim morfologije, novije MR sekvencije daju dodatne funkcionalne informacije koje pomažu u karakterizaciji tkiva te imaju i predikcijsku vrijednost.

NOVČANA POTPORA/FUNDING

Nema/None

ETIČKO ODOBRENJE/ETHICAL APPROVAL

Nije potrebno/None

SUKOB INTERESA/CONFLICT OF INTEREST

Autori su popunili *the Unified Competing Interest form* na www.icmje.org/coi_disclosure.pdf (dostupno na zahtjev) obrazac i izjavljuju: nemaju potporu niti jedne organizacije za objavljeni rad; nemaju financijsku potporu niti jedne organizacije koja bi mogla imati interes za objavu ovog rada u posljednje 3 godine; nemaju drugih veza ili aktivnosti koje bi mogle utjecati na objavljeni rad. *All authors have completed the Unified Competing Interest form at www.icmje.org/coi_disclosure.pdf (available on request from the corresponding author) and declare: no support from any organization for the submitted work; no financial relationships with any organizations that might have an interest in the submitted work in the previous 3 years; no other relationships or activities that could appear to have influenced the submitted work.*

LITERATURA

1. Nivelstein RAJ, Robben SGF, Blickman JG. Hepatobiliary and pancreatic imaging in children-techniques and an overview of non-neoplastic disease entities. *Pediatr Radiol* 2011; 41: 55-75. doi:10.1007/s00247-010-1858-5.
2. Riccabona M. Potential of MR-imaging in the paediatric abdomen. *Eur J Radiol* 2008; 68: 235-44. doi:10.1016/j.ejrad.2008.07.017.
3. Malviya S, Voepel-Lewis T, Eldevik OP et al. Sedation and general anaesthesia in children undergoing MRI and CT: Adverse events and outcomes. *Br J Anaesth* 2000; 84: 743-8. doi:10.1093/oxfordjournals.bja.a013586.
4. Keengwe N, Hegde S, Dearlove O et al. Structured sedation programme for magnetic resonance imaging examination in children. *J Anesth* 1999; 54: 1069-72. doi:10.1046/j.1365-2044.1999.01106.
5. DiMaggio C, Sun LS, Li G. Early childhood exposure to anesthesia and risk of developmental and behavioral disorders in a sibling birth cohort. *Anesth Analg* 2011; 113: 1143-51. doi:10.1213%2FANE.0b013e3182147f42.
6. Stratmann G, Lee J, Sall JW et al. Effect of general anesthesia in infancy on long-term recognition memory in humans and rats. *Neuropsychopharmacology* 2014; 39: 2275-87. doi:10.1038/npp.2014.134.
7. Crane GL, Hernanz-Schulman M. Current imaging assessment of congenital abdominal masses in pediatric patients. *Semin Oncol* 2012; 47: 32-44. doi: 0.1053/j.ro.2011.07.004.
8. Balassy C, Navarro OM, Daneman A. Adrenal masses in children. *Radiol Clin N Am* 2011; 49: 711-27. doi: 10.1016/j.rcl.2011.05.001.
9. Paterson A. Adrenal pathology in childhood: a spectrum of disease. *Eur Radiol* 2002; 12: 2491-508. doi:0.1007/s00330-002-1311-8.
10. Hiorns MP, Owens CM. Radiology of neuroblastoma in children. *Eur Radiol* 2001; 11: 2071-81. doi:10.1007/s003300100931.
11. Goodman SN. Neuroblastoma screening data. An epidemiologic analysis. *Am J Dis Child* 1991; 145: 1415-22. doi:10.1001/archpedi.1991.02160120083024.
12. Ichikawa T, Ohtomo K, Araki T et al. Ganglioglioma: computed tomography and magnetic resonance features. *Br J Radiol* 1996; 69: 114-21. doi:10.1259/0007-1285-69-818-114.
13. Geller E, Kochan PS. Renal neoplasms of childhood. *Radiol Clin N Am* 2011; 49: 689-709. doi:10.1016/j.rcl.2011.05.003.
14. Glick RD, Hicks MJ, Nuchtern JG et al. Renal tumors in infants less than 6 months of age. *J Pediatr Surg* 2004; 39: 522-5. doi:10.1016/j.jpedsurg.2003.12.007.
15. Chaudry G, Perez-Atayde AR, Ngan BY et al. Imaging of congenital mesoblastic nephroma with pathological correlation. *Pediatr Radiol* 2009; 39: 1080-6. doi: 10.1007/s00247-009-1354-y.
16. Davidoff AM, GielDW, Jones DP et al. The feasibility and outcome of nephron-sparing surgery for children with bilateral Wilms tumor. The St. Jude Children's Hospital Experience: 1999-2006. *Cancer* 2008; 112: 2060-70. doi: 10.1002/cncr.23406.
17. Schraut WH, Chilcote RR. Metastatic Wilms' tumor causing acute hepatic vein occlusion (Budd-Chiari syndrome). *Gastroenterology* 1985; 88: 576-9.
18. Chung EM, Graeber AR, Conran RM, Renal Tumors of Childhood: Radiologic-pathologic correlation part 1. The 1st decade. *Radiographics* 2016; 36: 499-522. doi:10.1148/rg.2016150230.
19. Beckwith JB, Kiviat NB, Bonadio JF. Nephrogenic rests, nephroblastomatosis and the pathogenesis of Wilms' tumor. *Pediatr Pathol* 1990; 10: 1-36. doi:10.3109/15513819009067094.

20. Gylys-Morin V, Hoffer FA, Kozakewich H et al. Wilms' tumor and nephroblastomatosis: imaging characteristics at gadolinium-enhanced MR imaging. *Radiology* 1993; 188: 517.
21. Chung CJ, Lorenzo R, Rayder S et al. Rhabdoid tumors of the kidney in children: CT findings. *Am J Roentgenol* 1995; 164: 697-700. doi: 10.1148/radiology.188.2.8392214.
22. Weeks DA, Beckwith JB, Mierau GW et al. Rhabdoid tumor of kidney. A report of 111 cases from the National Wilms' Tumor Study Pathology Center. *Am J Surg Pathol* 1989; 13: 439. PMID: 2543225.
23. Chung EM, Graeber AR, Conran RM, Renal Tumors of Childhood: Radiologic-pathologic correlation part 2. The 2nd decade. *Radiographics* 2016; 36: 499-522. doi:10.1148/rg.2017160189.
24. Sheth S, Ali S, Fishman E. Imaging of renal lymphoma: patterns of disease with pathologic correlation. *Radiographics* 2006; 26: 1151-68. doi: 10.1148/rg.264055125.
25. Das CJ, Dhingra S, Gupta AK et al. Imaging of paediatric liver tumors with pathological correlation. *Clin Radiol* 2009; 64: 1015-25. doi:10.1016/j.crad.2009.04.014.
26. Faingold R, Albuquerque PAB, Carpineta L. Hepatobiliary Tumors. *Radiol Clin N Am* 49 (2011) 679-87. doi:10.1016/j.rcl.2011.05.002.
27. Bruckner AL, Frieden IJ: Hemangiomas of infancy. *J Am Acad Dermatol* 2003; 48: 477-96. doi: 10.1067/mjd.2003.200.
28. Burrows PE, Laor T, Paltiel H et al: Diagnostic imaging in the evaluation of vascular birthmarks. *Dermatol Clin* 1998; 16: 455-88. doi:10.1016/S0733-8635(05)70246-1.
29. Mulliken JB, Enjolras O: Congenital hemangiomas and infantile hemangioma: Missing links. *J Am Acad Dermatol* 2004; 50: 875-82. doi:10.1016/S0733-8635(05)70246-1.
30. Zenzen W, Perez-Atayde AR, Elisofon SA et al. Hepatic failure in a rapidly involuting congenital hemangioma of the liver: failure of embolotherapy. *Pediatr Radiol* 2009; 39: 1118-23. doi:10.1007/s00247-009-1346-y.
31. Kassirjian A, Zurakowski D, Dubois J. Infantile hepatic hemangiomas: clinical and imaging findings and their correlation with therapy. *AJR Am J Roentgenol* 2004; 182: 785-95. doi:10.2214/ajr.182.3.1820785.
32. JhaP,Chawla SC, Tavri S et al. Pediatric liver tumors - a pictorial review. *Eur Radiol* 2009; 19: 209-19. doi:10.1007/s00330-008-1106-7.
33. Schlesinger AE, Parker BR. Tumors and tumor-like conditions. In: Kuhn JP, Slovis TL, Haller JO, editors. *Caffey's pediatric diagnostic imaging*. Philadelphia: Mosby; 2004; 1500-2.
34. Han SJ, Yoo S, Choi SH et al. Actual half life of alpha feto-protein as a prognostic tool in pediatric malignant tumors. *Pediatr Surg Int* 1997; 12: 599-602. doi:10.1007/bf01371908.
35. Lauwers GY, Grant LD, Donnelly WH et al. Hepatic undifferentiated (embryonal) sarcoma arising in a mesenchymal hamartoma. *Am J Surg Pathol* 1997; 21: 1248-54. 10.1097/00000478-199710000-00018.
36. Moon WK, Kim WS, Kim IO et al. Undifferentiated embryonal sarcoma of the liver: US and CT findings. *Pediatr Radiol* 1994; 24: 500-3. doi:10.1007/bf02015012.
37. Ladino-Torres MF, Strouse PJ. Gastrointestinal Tumors in Children. *Radiol Clin N Am* 2011; 49: 665-77. doi:10.1016/j.rcl.2011.05.009.
38. Buetow PC, Buck JL, Pantongrag-Brown L et al. Solid and papillary epithelial neoplasm of the pancreas: imaging-pathologic correlation in 56 cases. *Radiology* 1996; 199: 707-11. doi:10.1148/radiology.199.3.8637992.
39. Biko DM, Anupindi SA, Hernandez A et al. Childhood Burkitt lymphoma: abdominal and pelvic imaging findings. *AJR Am J Roentgenol* 2009; 192: 1304-15. doi: 10.2214/AJR.08.1476.

Summary

PEDIATRIC ABDOMINAL CANCER - THE ROLE OF MAGNETIC RESONANCE IMAGING

*Damir Miletić, Goran Roić, Mirko Balić, Danijela Veljković Vujaklija,
Marin Pušić, Ivica Katić, Mihaela Mamula*

Magnetic resonance imaging (MRI) is not the initial imaging technique in pediatric abdominal neoplasms, but it is an excellent method to assess tumor extension due to superb soft-tissue contrast. The main disadvantage is time-consuming procedure that frequently warrants general anesthesia in children. Novel CT machines provide excellent images of the body (e.g. lung parenchyma) with significantly reduced radiation burden, mostly without general anesthesia. Here we present typical pediatric abdominal tumors where MRI is inevitable part of treatment planning. With neuroblastoma MRI can accurately assess potential invasion of the spinal canal and bone marrow, which is beyond the scope of ultrasound. MRI is optimal modality to evaluate therapeutic response and detect residual or recurrent disease. It reliably reveals tumor necrosis, hemorrhage, and cystic degeneration, but cannot detect calcifications within the tumor tissue (e.g. neuroblastoma). Due to its capacity to comprehensively assess liver parenchyma, vascular and biliary structures, MRI is the method of choice to evaluate resectability of liver neoplasms. MR reliably reveals tumor invasion into the paravertebral soft tissues and neural structures of the spinal canal. Beyond morphology, MRI obtain functional information from the tissue when diffusion weighted imaging (DWI), dynamic contrast-enhanced MRI (DCE-MRI) or MR spectroscopy are applied. For example, high cellular tumor tissue or abscess will cause restriction of water diffusion which can be quantified. Increase of water diffusion corresponds to decrease in cellularity indicating favorable response to chemotherapy. Furthermore, using DWI we can guide biopsy needle to the most cellular part of the tumor to obtain representative sample.

Descriptors: MAGNETIC RESONANCE, ABDOMINAL TUMORS, CHILDREN