

Význam magnetické rezonance u nádorů rekta

Šárka Bohatá

Klinika radiologie a nukleární medicíny Fakultní nemocnice Brno a Lékařská fakulta Masarykovy univerzity Brno

Zobrazení magnetickou rezonancí (MR) s vysokým rozlišením hraje klíčovou roli v primárním stagingu nádorů rekta a v rozhodování, u kterých pacientů přinese benefit předoperační chemoterapie a radioterapie, stejně jako v plánování typu chirurgického výkonu. Kromě absence ionizujícího záření je zásadní výhodou MR zobrazení zejména vynikající měkkotkáňový kontrast, důležitý pro odlišení normální tkáně od patologicky změněné, možnost zobrazení jednotlivých vrstev stěny a stanovení hloubky mezorektální invaze. MR je v současnosti jediná zobrazovací a reprodukovatelná metoda s vysokou specifikitou (92%) pro předpověď negativního cirkumferenčního resekcčního okraje a pro určení hloubky invaze mimo muscularis propria. Úkolem MR je rovněž stanovení etáže dolního okraje tumoru a u tumorů distálního rekta je stěžejní pro rozhodnutí chirurga, zda je realizovatelný sfinktery šetřící zákrok či nikoli. U vyšších stadií může MR zobrazit extramurální vaskulární invazi tumoru, která je nezávislým prognostickým faktorem lokální i vzdálené recidivy a horšího celkového přežití. Složitější je to s invazí do lymfatických uzlin, kde samotná velikostní kritéria nejsou zcela dostačující a postižení normálně velikých uzlin mikrometastázami je časté. Proto při MR s vysokým rozlišením je nutno hodnotit také morfolologii uzlin, což zvyšuje celkovou specifitu metody. U pacientů, kteří podstoupili neoadjuvantní léčbu, má předoperační MR nižší přesnost, a to díky problematickému odlišení fibrózy, desmoplastické reakce, edému, zánětu a viabilních nádorových okrsků v jizevnaté tkáni. Pro správnou interpretaci MR vyšetření po proběhlé chemoterapii a radioterapii je velmi důležité srovnání s MR vyšetřením vstupním. MR dokáže odlišit pacienty s dobrou odpovědí na neoadjuvantní léčbu od tzv. non-respondérů. Stanovení stupně regrese tumoru pomocí MR je nezávislým předpovědním faktorem celkového přežití a celkového bezpříznakového přežití pacientů s karcinomem rekta.

Klíčová slova: magnetická rezonance, karcinom rekta, staging, restaging, odpověď na léčbu.

The significance of magnetic resonance imaging rectal cancer

High-resolution magnetic resonance imaging (MRI) plays a pivotal role and has become almost mandatory in the pretreatment assessment of primary rectal cancer. The high soft-tissue contrast of MRI accurately assesses the extramural tumor spread and relation to mesorectal fascia and the sphincter complex and also the surrounding pelvic anatomy, and is increasingly being used to evaluate tumor resectability in patients with rectal cancer and to determine which patients can be treated with surgery alone and which will require radiation therapy to promote tumor regression. MRI is currently the only imaging modality that is highly accurate in predicting whether or not it is likely that a tumorfree margin can be achieved and thus provides important information for planning of an effective therapeutic strategy, especially in patients with advanced rectal cancer. The accuracy of MRI in assessing mesorectal lymph nodes remains moderate, as there are no reliable criteria to assess nodal involvement. In patients with rectal cancer who have received concurrent chemotherapy and radiation therapy before surgery, MRI has lower accuracy in prediction of the pathologic stage owing to overstaging or understaging. The factors related to this problem include fibrosis, desmoplastic reaction, edema, inflammation, and viable tumor nests at a fibrotic scar from a previous tumor. Reassessment of MRI scans after preoperative therapy has implications for surgical planning, the timing of surgery, sphincter preservation, deferral of surgery for good responders, and development of further preoperative treatments for radiologically identified poor responders. To identify patients with true complete pathological response before surgical resection remains a challenge.

Key words: magnetic resonance imaging, rectal cancer, staging, restaging, therapy response.

Magnetická rezonance (MR) patří mezi poměrně moderní zobrazovací metody, jejíž kořeny sahají zhruba do druhé poloviny 20. století, kdy se začala prakticky uplatňovat v medicíně

a biomedicínském výzkumu. Spolu s rapidním vývojem výpočetní techniky od této doby došlo

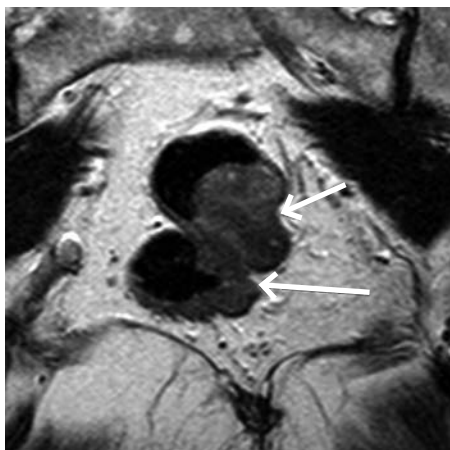
KORESPONDENČNÍ ADRESA AUTORA: MUDr. Šárka Bohatá, Ph.D., Bohata.Sarka@fnbrno.cz
Klinika radiologie a nukleární medicíny Fakultní nemocnice Brno
Jihlavská 20, 625 00 Brno

Cit. zkr: Onkologie 2017; 11(2): 61–65
Článek přijat redakcí: 6. 3. 2017
Článek přijat k publikaci: 31. 3. 2017

Obr. 1. T2 vážené obrazy v rovině kolmé na osu tumoru (axiální) zobrazují tumorózní hmoty středního signálu prominující do lumen a zachovaný T2 hypointenzní proužek intaktní muscularis propriae – stádium T1



Obr. 2. T2 vážené obrazy v axiální rovině ukazují převážně intraluminálně rostoucí nádorové hmoty, které ale na několika místech narušují T2 hypointenzní vrstvu muscularis propriae – stádium T2



vycházejí z principů klasické nukleární magnetické rezonance uplatňující se v analytické chemii. Jde o metodu, která je z principu zcela neinvazivní a nepoužívá pro zobrazení ionizujícího záření.

Kromě absence ionizujícího záření je zásadní výhodou MR zobrazení zejména vynikající měkkotkáňový kontrast, důležitý pro odlišení normální tkáně od patologicky změněné, možnost zobrazení jednotlivých vrstev střevní stěny a stanovení hloubky mezorektální invaze. MR zobrazení s vysokým rozlišením dnes hraje klíčovou roli v primárním stagingu nádorů rektu a v rozhodování, u kterých pacientů přinese benefit předoperační chemoterapie a radioterapie (CHRT), stejně jako v plánování typu chirurgického výkonu.

Technika vyšetření

Součástí standardního vyšetřovacího protokolu by měly být zejména T2 vážené obrazy

Obr. 3. T2 vážené obrazy v axiální rovině ukazují převážně nádorové hmoty středního signálu, které pronikají skrze muscularis propria do přilehlého mezorektálního tuku, hloubka invaze pod 5 mm – stádium T3a (časné T3)



Obr. 4. T2 vážené obrazy v axiální rovině kolmé na osu tumoru se sledovatelným zřetelným prorůstáním tumoru ventrálně a infiltrací mezorektální fascie, která je patrná jako proužek nízkého signálu a v daném místě je zřetelně zesílená – stádium T3d (pokročilé T3)



v axiální rovině – kolmé na podélnou osu tumoru. Dalšími důležitými sekvencemi jsou T2 vážené obrazy v rovině koronární a sagitální, které dobře zobrazí horní rektální lymfatické uzliny a extramezorektálně uložené uzliny, u lokálně pokročilých tumorů pak vztah k okolním pánevním strukturám. Další variantou jsou trojdimenzionální (3D) sekvence umožňující konstruovat jakoukoli rovinu a mívají lepší poměr signál/šum ve srovnání s 2D sekvencemi. Důležité jsou také difúzně vážené obrazy, které dobře zobrazí primární tumor, jenž může být někdy méně zřetelný na jiných sekvencích. U pacienta není vyžadována žádná předchozí příprava před vyšetřením. Rektální gel je doporučován používat pouze v případě drobných polypoidních tumorů, již lokálně léčených lézí a velmi drobných tumorů. Naopak u větších tumorů, pokročilejších

stadií a nízkou uložených tumorů by používaný být neměl. Názory na intravenózní podání kontrastní látky nejsou zcela jednotné, dle současných literárních údajů není nezbytně nutné (1).

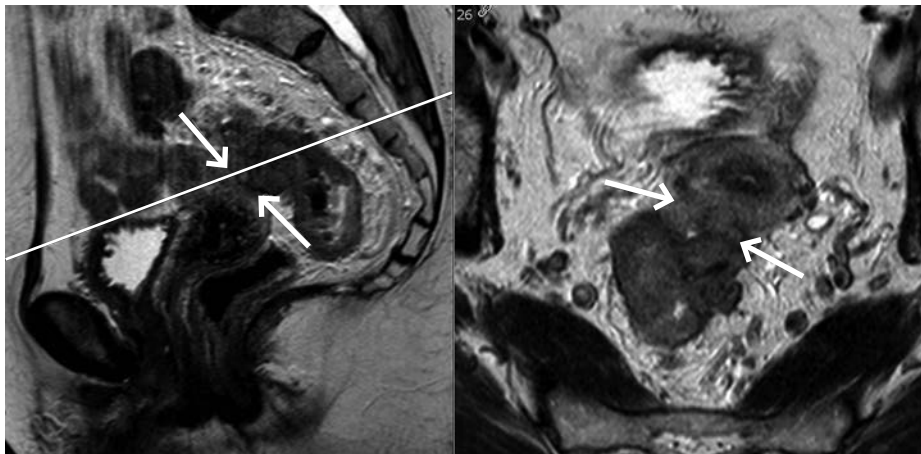
Lokální staging

Lokální rozsah tumoru je pro další léčbu naprosto zásadní. MR je spolehlivá a reprodukovatelná metoda s vysokou specifitou (92%) pro předpověď negativního cirkumferenčního resekcčního okraje a pro určení hloubky invaze mimo muscularis propriae (2). Důležitou sekvencí pro stanovení lokálního šíření jsou T2 vážené obrazy s vysokým rozlišením v rovině kolmé na podélnou osu tumoru (3). Tumory stadia T1 postihují submukózu, která je v T2 vážených obrazech patrná jako hyperintenzní vrstva (obrázek 1). Pokud nemají exofyticky rostoucí intraluminální složku, nemusí být v MR obraze dobře patrné, navíc u nižších stadií má lepší výsledky endorektální ultrasonografie (EUS), která spolehlivěji odliší T1 a T2 stádium (2, 4). Stádium T2 znamená invazi do tunica muscularis propriae, která je v MR obraze poměrně dobře patrná jako hypointenzní vrstva (obrázky 2).

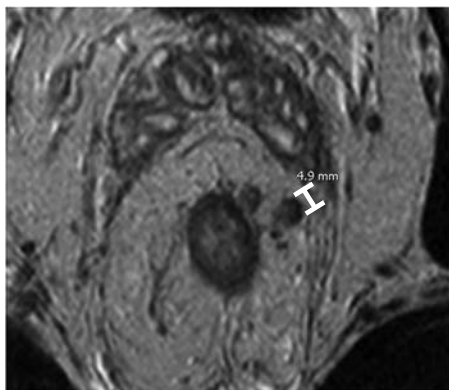
Stádium T3 znamená prorůstání přes serózu do přilehlého mezorektálního tuku a je to značně heterogenní skupina. U tumorů středního a orálního rektu, tedy ve vzdálenosti 5–15 cm od anu, rozlišujeme u T3 stadií ještě další čtyři podskupiny, podle hloubky invaze do perirektálního tuku a podle prorůstání (tumor samotného, satelitních ložisek či postižených uzlin) do mezorektální fascie či vzdálenosti od ní menší než 1 mm (obrázek 4). To již bývá mimo detekční schopnosti EUS a je to důležité zejména pro plánování typu chirurgického výkonu. Mezorektální fascie je viscerální vrstva endopelvicke fascie, která obsahuje rektum, mezorektální tuk, uzliny a lymfatické cévy a tvoří samostatnou anatomickou jednotku. Její ventrální list srůstá s listem peritonea, dorsální list srůstá s presakrální fascií. Pokud je vzdálenost nádorových hmot od mezorektální fascie nejméně 5 mm, je MR schopná předpovědět negativitu resekcčního okraje se spolehlivostí 97% (5). Na rozdíl od EUS je MR schopná posoudit také vztah k sfinkterům a pánevnímu dnu a předpovědět bezpečnou resekcční linii.

MR účinně odliší také stádium T4 – a to jak prorůstání tumoru do distálního úponu peritonea k mezorektální fascii, tak prorůstání do přilehlých orgánů (děloha, vagina, prostata, se-

Obr. 5. Vlevo T2 vážené obrazy v sagitální rovině, vpravo T2 obrazy axiálně, sledovatelná je jednoznačná invaze nádorových hmot do dorsální stěny dělohy – stadium T4b



Obr. 6. T2 vážené obrazy v axiální rovině – při rectu drobný satelit na 1. hodině a dále uzlina na 2. hodině, která je dle velikostních kritérií hraniční – těsně pod 5 mm, ale dle morfologických kritérií vykazuje nehomogenní signál a neostré kontury a splňuje kritéria maligní uzliny



menné vácny, močovný měchýř, presakrální fascie a sakrální nervové kořeny) (obrázek 5).

Tato kritéria platí pro tumory středního (5–10 cm od anu) a orálního (10–15 cm od anu) rekta. Úkolem MR je rovněž stanovení etáže dolního okraje tumoru. Vzdálenost tumoru je nutné měřit od análního otvoru, který je v MR obraze dobře definovatelný. Pokud je měření prováděno podle jiných anatomických struktur, může se etáž tumoru lišit až o 5,5 cm. Vzhledem k tomu, že při obecně doporučeném protokolu MR vyšetření (1) není rektum nijak distendováno ani plněno, odpovídá naměřená vzdálenost fyziologickému stavu, na rozdíl od rigidní rektoskopie či kolonoskopie, kde je rektum distendováno a naměřená vzdálenost se od MR liší (6).

Tumory distálního rekta mají svá specifika a hodnocení lokální invaze je zde lehce odlišné. V této etáži se totiž vrstva mezorektálního tuku postupně výrazně zužuje až mizí a jsou zde důležité struktury: vnitřní svěrač, který je pokračováním cirkulární hladké svaloviny stěny

rekta, longitudinální svalová vrstva, která dále pokračuje jako intersfinkterický prostor a zevní sfinkter, který je pokračováním příčně pruhované svaloviny m. levator ani a m. puborectalis. U stadia T1 musí být intaktní muscularis propria vnitřního svěrače. T2 stadium znamená infiltraci vnitř. svěrače, ale intaktní intersfinkterický prostor. U T3 stadia je přítomna infiltrace intersfinkterického prostoru či tumor dosahuje 1 mm k levátoru nad úroveň svěračů. Stadium T4 značí invazi zevního svěrače nebo levátoru nad etáží svěračů či invazi přilehlého orgánu (7). Rozpoznání infiltrace mezorektální fascie u nízké a ventrálně uložených tumorů je často problematické, protože je zde jen minimální podíl tukové tkáně a struktury na sebe přímo naléhají. MR hodnocení u tumorů distálního rekta je stěžejní pro rozhodnutí chirurga, zda je realizovatelný sfinktery šetřící zákrok či nikoli. Důležité je také hodnocení laterálních stěn pánve, krytých parietální vrstvou endopelvicke fascie, jejichž infiltrace tumorem mění další postup léčby.

Vaskulární invaze

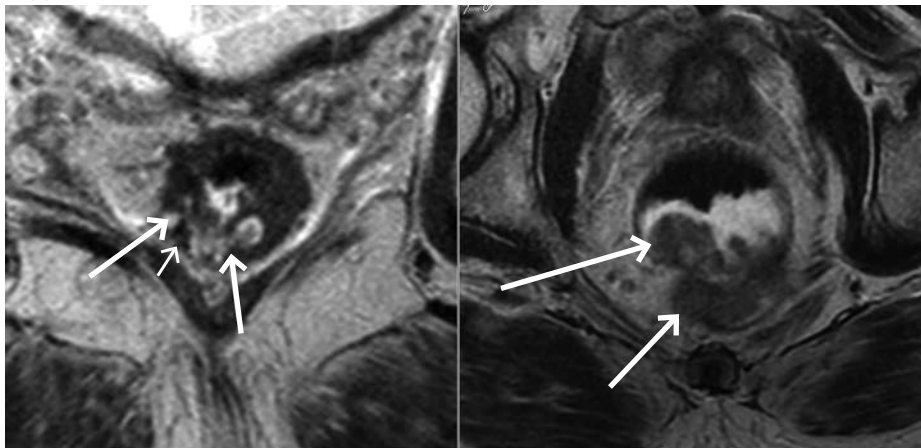
Histopatologicky prokázaná extramurální vaskulární invaze tumoru (EMVI), ačkoli obvykle neovlivní volbu samotného léčebného postupu, je nezávislým prognostickým faktorem lokální i vzdálené rekurence a horšího celkového přežití. Znamená přítomnost maligních buněk zevně od muscularis propriae a často je možné ji detekovat i pomocí MR u nádorů stadia T3 a T4. Kdykoli je tumorózní tkáň v blízkosti cévy, by měl radiolog zhodnotit možnost EMVI. Přítomnost nádorových intenzit signálu v lumen cévy, kde obvykle bývá signál nízký či žádný díky tzv. flow-void fenoménu, je vysoce suspektní z EMVI.

Navic bývá céva (obvykle drobná žíla) postižená invazí tumoru rozšířená. Kontura může být nepravidelná až uzlovitá. Někteří autoři navrhuji skórovací systémy pro hodnocení EMVI pomocí MR, s hodnocením dle čtyř kritérií (ohraničení tumoru, lokalizace tumoru ve vztahu k cévě, šíře cévy a její ohraničení), kdy nejnižší skóre 0 znamená absenci znaků podezřelých z EMVI, nejvyšší skóre 4 znamená přítomnost všech znaků (8). Vzhledem k limitovanému rozlišení MR není mikroskopická cévní invaze pomocí této metody detekovatelná, nicméně klinický význam má zejména vyšší MR skóre, které je samostatným negativním prognostickým faktorem. Je asociováno s vyšší incidencí metastáz, lokálních rekurencí, s horší odpovědí na předoperační CHRT a s celkově nižším přežíváním. Míra metachronního metastazování a odpověď na předoperační CHRT je přímo asociována s velikostí postižené cévy (7).

Nodální staging

Složitější je to s invazí do lymfatických uzlin, kde samotná velikostní kritéria nejsou zcela dostačující a postižení normálně velikých uzlin mikrometastázami je časté. Proto při MR s vysokým rozlišením je nutno hodnotit také morfologii uzlin, což zvyšuje celkovou specifičnost metody. Nejčastěji používaná hranice pro odlišení benigní a maligní uzliny je 5 mm, a to se senzitivitou 68 % a specificitou okolo 78 %. Omezená přesnost velikostních kritérií je dána faktem, že 30–50 % metastáz nacházíme v uzlinách menších než 5 mm (2). Uzlina by se měla hodnotit kromě velikosti i podle morfologických znaků, kdy pro metastatické postižení svědčí nepravidelná či neostrá kontura a heterogenní intenzity signálu (obr. 6). Toto hodnocení vyžaduje tenké řezy s vysokým rozlišením. Důležitá je také lokalizace postižených uzlin vůči mezorektální fascii – uzliny přítomné v těsné blízkosti mezorektální fascie jsou asociovány s vyšším rizikem lokální rekurence. MR rovněž detekuje uzliny mimo mezorektální fascii, jejichž přítomnost vyžaduje modifikaci chirurgického výkonu a provedení rozšířené lymfadenektomie (9). Při hodnocení postižení uzlin se zaměřujeme na uzliny mezorektální (uvnitř prostoru ohraničeného mezorektální fascií), které bývají postiženy jako první a bývají součástí resekátu. Dále hodnotíme uzliny v povodí proximálního rekta, dolním mezenterickým, vnitřním, zevním a společným

Obr. 7. T2 vážené obrazy v axiální rovině – vpravo vstupní stagingové vyšetření s tumorózní infiltrací střední intenzity signálu na 4.–9. hodině prorůstající do perirektálního tuku a dosahující k mezorektální fascii (stadium T3d). Vlevo restagingové vyšetření po proběhlé CHRT se sledovatelnými okrsky výrazně vysokého T2 signálu odpovídajícími mucinózní degeneraci (dlouhé šipky), které byly hodnoceny jako dobrá odpověď na léčbu, současně je přítomen okrsek velmi nízkého signálu (nejkratší šipka), který odpovídá fibróze. Nález byl při restagingu hodnocen jako ycT2,N0. Výsledný nález byl patologem hodnocen jako středně diferencovaný adenokarcinom G2 intestinálního typu, s výraznou regresí dle Dworaka grade 3, s invazí do submukózy, tedy ypT1,N0



lickém, v retroperitoneu a povrchové tříselné. Speciálně je nutné zmínit maligní uzliny či depozita tumoru, které jsou v těsném sousedství mezorektální fascie a které by mohly být příčinou pozitivního resekcčního okraje při chirurgickém zákroku. Extramezorektální uzliny bývají obecně postiženy u lokálně pokročilejších stadií a nemusejí být součástí resektátu, jejich postižení mění léčebný postup (širší ozařovací pole při radioterapii, rozšířený chirurgický resekcční zákrok apod.). Modifikován může být i staging.

Hodnocení odpovědi na léčbu

MR dokáže odlišit pacienty s dobrou odpovědí na neoadjuvantní léčbu od tzv. non-respondérů. Okrsky fibrózy mají v T2 vážených obrazech velmi nízký signál, podobný muscularis propriae, zatímco okrsky reziduálního tumoru mají střední intenzitu signálu, podobnou původnímu tumoru. Mucinózní typy rektálních adenokarcinomů mají vyšší tendenci k metastazování a často jsou diagnostikovány v pokročilejším stadiu, představují negativní prognostický znak. Depozita mucinu mají v T2 váženém obraze vysoký signál a při difúzně váženém zobrazení vykazují vyšší ADC hodnoty (10). Patologické studie popisují mucinózní degeneraci po proběhlé CHRT i u non-mucinózních tumorů. Pokud se tedy u těchto tumorů původně se střední intenzitou signálu objeví okrsky vysokého T2 signálu odpovídající mucinózní přestavbě, měly by se hodnotit jako dobrá odpověď na léčbu (obrázek 7). Pokud ale tumor obsahoval tuto

mucinózní složku již vstupně a tato se po léčbě nemění, znamená to špatnou odpověď na léčbu, horší prognózu a vyšší riziko lokální rekurence. Při dobré odpovědi na léčbu se rovněž zmenšuje maximální délka tumoru, nicméně pouze měření délky se vzhledem k relativně nízké reprodukovatelnosti příliš neosvědčilo. Na základě histopatologického hodnocení regrese dle Dworaka byl vyvinut také radiologický pětistupňový systém hodnocení, který spočívá ve srovnání se vstupním MR vyšetřením a zhodnocení, které části tumoru mají po léčbě nízký signál odpovídající fibrózním změnám a které zachovávají původní střední intenzitu signálu. Stanovení stupně regrese tumoru pomocí MR je nezávislý předpovědní faktor celkového přežití a celkového bezpříznakového přežití pacientů s karcinomem rekta (11).

U pacientů, kteří podstoupili neoadjuvantní CHRT, má ale předoperační MR nižší přesnost, a to díky problematickému odlišení fibrózy, desmoplastické reakce, edému, zánětu a viabilních nádorových okrsků v jizevnaté tkáni. Pro správnou interpretaci MR vyšetření po proběhlé CHRT je naprosto stěžejní srovnání s MR vyšetřením vstupním. Celková přesnost MR vyšetření po CHRT dosahuje 47–54% pro T stadium (u vstupního MR vyšetření je to 71–91%) a 64–68% pro N stadium, přesnost pro předpověď postižení cirkumferenčního resekcčního okraje je 66% (senzitivita 100%, specifická 35%, pozitivní prediktivní hodnota 58%, negativní prediktivní hodnota 100%). Nízká přesnost MR při restagingu je na úkor jak podhod-

nocení, tak nadhodnocení nálezů. Hlavním nálezem, který způsobuje nadhodnocení nálezu je hypointenzní infiltrace mezorektální fascie, která koreluje histopatologicky s fibrózou a desmoplastickou reakcí. Často také dochází k nadhodnocení T1 a T2 stadií a nadhodnocení postižení lymfatických uzlin – změna signálu a charakteru může být v souvislosti s proběhlou terapií a nemusí znamenat přítomnost nádorové tkáně. Poradiační proktitida či ulcerace také mohou v některých případech vést k nadhodnocení, je velmi důležité změny srovnat s předchozím vyšetřením. Hlavními příčinami podhodnocení nálezu pak je obtížná zobrazitelnost nádoru po proběhlé terapii – díky regresivním změnám intratumorózním, náhradě tkáně vazivovou jizvou a přítomnosti jen drobných ostrůvků reziduálního adenokarcinomu může být jeho detekce v MR obraze velmi obtížná. U pacientů, kteří po neoadjuvanci podstoupí kurativní chirurgický zákrok to nebývá problém, ale především u těch, kteří vykazují známky kompletní remise, je doporučována radikální resekce, dokud nebude existovat zobrazovací metoda s vysokou negativní prediktivní hodnotou (12).

Co se týče perfúzního dynamického kontrastního MR vyšetření (T1 mapping) a difúzně vážených MR obrazů, při vstupním vyšetření perfuze odráží mikrocirkulaci tumoru a její vysoké hodnoty znamenají arteriovenózní zkratky či zvýšenou aktivitu angiogeneze v tumoru. Regrese mikrocirkulace v tumoru je časným prognostickým faktorem odpovědi na léčbu dříve, než dojde k redukci samotného objemu tumoru. V rutinní praxi se vzhledem k problematické reprodukovatelnosti toto vyšetření příliš nepoužívá. Difúzně vážené MR obrazy jsou založeny měřením náhodného Brownova pohybu molekul vody. Restrikce difuze a tedy nízká hodnota aparentního difúzního koeficientu (ADC – kvantitativní parametr difuze) odráží vysokou celularitu tumoru. Vysoká hodnota ADC před léčbou značí rychlou difuzi do nekrotických oblastí tumoru, což může ovlivňovat odpověď na léčbu a znamená vyšší agresivitu tumoru. Na vstupním MR vyšetření proto vysoká hodnota perfuze a vysoká hodnota ADC jsou indikátory horší odpovědi na CHRT (12). Během CHRT pokles ADC hodnot v nádorové tkáni koreluje s progresí apoptózy v nádorových buňkách. Po léčbě se v původních okrscích nádoru objevuje fibróza, která snižuje míru původní restrikce difuze, proto nízké ADC hodnoty v místech původ-

ního tumoru odrážejí neviabilní frakci, zatímco viabilní tkáň má primárně chaotickou buněčnou strukturu a ADC hodnoty zde nejsou ovlivněny fibrózou. ADC mapy mohou být použity pro diagnostiku časně poradiační fibrózy a mohou zabránit nadhodnocení lokálního nálezu při restagingu (13). U pacientů po resekci tumoru

může MR identifikovat případnou lokální rekurenci a posoudit její rozsah.

MR v rukou zkušeného radiologa (2) je tedy metoda první volby pro staging a měla by být povinná při plánování léčby, plánování typu operačního výkonu i hodnocení léčebné odpovědi. V dnešní době je to jediná metoda, která

umožňuje přesně posoudit vztah nádoru k předpokládanému cirkumferenčnímu resekčnímu okraji a selektovat pacienty, kteří budou mít profit z neoadjuvantní terapie. Nezanedbatelný je i její význam prognostický a v neposlední řadě má významnou roli také u pacientů s lokální rekurencí.

LITERATURA

1. Beets-Tan RG, et al. Magnetic resonance imaging for the clinical management of rectal cancer patients: recommendations from the 2012 European Society of Gastrointestinal and Abdominal Radiology (ESGAR) consensus meeting. *Eur Radiol* 2013; 23: 2522–2531.
2. Kaur H, et al. MR Imaging for Preoperative Evaluation of Primary Rectal Cancer: Practical Considerations. *RadioGraphics* 2012; 32: 389–409.
3. MERCURY Study Group. Extramural depth of tumor invasion at thin-section MR in patients with rectal cancer: results of the MERCURY study. *Radiology* 2007; 243(1): 132–139.
4. Saklani AP, et al. Magnetic resonance imaging in rectal cancer: A surgeon's perspective. *World J Gastroenterol* 2014 February 28; 20(8): 2030–2041.
5. Beets-Tan RG, Beets GL, Vliegen RF, et al. Accuracy of magnetic resonance imaging in prediction of tumor-free resection margin in rectal cancer surgery. *Lancet* 2001; 357: 497–504.
6. Keller DS, et al. MRI-defined height of rectal tumours. *BJS* 2014; 101: 127–132.
7. Jhaveri KS, Hosseini-Nik H. MRI of Rectal Cancer: An Overview and Update on Recent Advances. *AJR* 2015; 205: W42–W55.
8. Smith NJ, Shihab O, Arnaout A, et al. MRI for Detection of Extramural Vascular Invasion in Rectal Cancer. *AJR* 2008; 191(5): 1517–1522.
9. Klessen Ch, Rogalla P, Taupitz M. Local staging of rectal cancer: the current role of MRI. *Eur Radiol* 2007; 17: 379–389.
10. Nasu K, Kuroki Y, Minami M. Diffusion-weighted imaging findings of mucinous carcinoma arising in the ano-rectal region: comparison of apparent diffusion coefficient with that of tubular adenocarcinoma. *Jpn J Radiol* 2012; 30: 120–127.
11. Patel UB, Taylor F, Blomqvist L, et al. Magnetic resonance imaging-detected tumor response for locally advanced rectal cancer predicts survival outcomes: MERCURY experience. *J Clin Oncol* 2011; 29: 3753–3760.
12. Kim DJ, Kim JH, Lim JS, et al. Restaging of Rectal Cancer with MR Imaging after Concurrent Chemotherapy and Radiation Therapy. *RadioGraphics* 2010; 30: 503–516.
13. Dzik-Jurasz A, Domenig C, George M, et al. Diffusion MRI for prediction of response of rectal cancer to chemoradiation. *Lancet* 2002; 360(9329): 307–308.