

Multiparametrická magnetická rezonance v diagnostice solidních tumorů ledvin

Multiparametric magnetic resonance imaging in the diagnosis of solid kidney tumours

Pavla Hanzlíková^{1,2}, Kateřina Ryšánková^{3,4}, Patricie Delongová^{5,6}

¹Ústav radiodiagnostický FN, Ostrava

²Ústav zobrazovacích metod OU, Ostrava

³Urologická klinika FN, Ostrava

⁴Katedra chirurgických oborů OU, Ostrava

⁵Ústav patologie FN, Ostrava

⁶Ústav patologie OU, Ostrava

Hlavní stanovisko práce

Autoři článku prezentují současný přístup k diagnostice solidních tumorů ledvin pomocí magnetické rezonance s doporučeným postupem vyšetření a dále demonstrací typických znaků nejčastějších typů těchto tumorů.

SOUHRN

Hanzlíková P, Ryšánková K, Delongová P. Multiparametrická magnetická rezonance v diagnostice solidních tumorů ledvin

Cílem sdělení je prezentace současného přístupu k solidním tumorům ledvinového parenchymu pomocí magnetické rezonance. Autoři prezentují přehled doporučených technik v rámci multiparametrického vyšetření, uvádějí doporučené schéma vyšetření platné pro 1,5 T i 3 T přístroje magnetické rezonance.

V další části představují doporučené ccLS skóre k diferenciaci světlobuněčného karcinomu ledvin od ostatních nádorů s méně nepříznivou prognózou.

V diskusi je rozebrán doporučený postup zobrazení i jeho možné limity z pohledu literárních zdrojů.

V závěru zdůrazňujeme vhodnost zavedení standardu ccLS do protokolů pracovišť magnetické rezonance. Je nastíněna i budoucnost bez podání kontrastní látky zejména u pacientů s onemocněním ledvin.

Klíčová slova: magnetická rezonance, solidní tumor ledvin, světlobuněčný karcinom ledvin, ccLS.

Major statement

The article's authors present the current approach to diagnosing solid kidney tumours using magnetic resonance imaging with the recommended procedure and further demonstration of typical features of the most common kidney tumours.

SUMMARY

Hanzlíková P, Ryšánková K, Delongová P. Multiparametric magnetic resonance imaging in the diagnosis of solid kidney tumours

The paper aims to present the current approach to solid tumours of the renal parenchyma using magnetic resonance imaging. The authors overview recommended techniques within the multiparametric examination; they offer the recommended examination scheme valid for 1.5 T and 3 T magnetic resonance devices.

The authors show an overview of the most common solid renal tumours, both benign and malignant. Morphological peculiarities and similarities are presented; possible differences in the multiparametric magnetic resonance imaging are highlighted.

The following section shows the recommended ccLS scores to differentiate renal clear cell carcinoma from other tumours with a better prognosis.

The discussion presents the recommended procedure and limitations in the point of view of the literary sources.

In conclusion, we emphasize the suitability of introducing the ccLS standard into the protocols of magnetic resonance workplaces. The future without administration of a contrast agent is also outlined, especially in patients with kidney's disease.

Key words: magnetic resonance imaging, solid renal tumour, clear cell carcinoma, ccLS.

Přijato: 15. 9. 2021

Korespondenční adresa:

MUDr. Pavla Hanzlíková, Ph.D.
Ústav radiodiagnostický FN
17. listopadu 1790/5, 708 52 Ostrava 8
e-mail: pavla.hanzlikova@fno.cz

Konflikt zájmů: žádný.

ÚVOD

Předpoklad, že většina tumorů ledvin je karcinomem z renálních buněk, byl zažit dlouhodobě. Postupující chirurgické přístupy, možnost ablativních technik, zpřesnění technologie a výpovědní hodnoty biopsie ledvin i personifikovaná léčba s použitím molekulární terapie vedly k nutnosti diferenciaci typu tumoru již ve fázi diagnostiky, což umožňuje optimalizovat další postup. Standardně indikovaná počítačová tomografie (CT) byla a je tradiční zobrazovací metodou volby pro hodnocení solidních nádorů ledvin, CT však zpravidla umožňuje identifikaci tumoru na základě typu syčení léze, navíc se zátěží ionizujícím zářením. Tím více narůstá množství indikací pro magnetickou rezonanci (MR) ledvin, která umožňuje multiparametrický přístup k solidním ledvinám s použitím různých druhů vážení (1).

Nádory ledvin patří mezi deset nejčastějších typů nádorových onemocnění na světě (2). Nejčastějším typem ledvinového novotvaru je renální karcinom (Renal Cell Carcinoma – RCC), který představuje 85 % všech renálních malignit a jehož incidence celosvětově je nejvyšší v České republice. Nejběžnějším histologickým podtypem RCC je světlobuněčný karcinom vznikající z epitelálních buněk proximálního tubulu (70 %), následovaný papilárním karcinomem (10–15 %) a chromofobním RCC (5 %) (3).

Zobrazení solidních tumorů ledvin pomocí MR může vykazovat podobné znaky, což představuje diagnostickou výzvu zejména v době personalizované terapie. Tím spíše je důležité stanovit systém identifikace těchto znaků tumorů.

Zvýšení počtu vyšetření ledvin vedlo k promptnímu zvýšení zachytu tumorů ledvin, které se nejčastěji nachází ve stadiu IA, což je velikost do 4 cm, zde mluvíme o malé ledvinové lézi (small renal mass – SRM). Tyto léze tvoří okolo 50 % případů (4).

Dle provedených studií se projevuje, že 20 % ohraničených tumorů menších nebo rovných 4 cm jsou benigní tumory, například angiomyolipomy (včetně fat poor angiomyolipomu – fpAML) a onkocytomy. Prokazuje se vazba velikosti a benignity – čím menší nádor, tím je pravděpodobnější benigní charakter léze. Dle patologů a molekulární

genetiky je průkazná řada subtypů a diferenciaci základních tumorů ledvin. Rothman uvádí, že přibližně 70 % RCC menších nebo rovných 4 cm jsou indolentní nádory nízkého stupně (5).

SOUČASNÝ STAV DOPORUČENÍ

Dle guidelines Evropské urologické asociace (EUA) je standardem zobrazení ledvin CT vyšetření s aplikací kontrastní látky intravenózně. Standardem v posouzení vyšetření je:

- funkce a morfologie kontralaterální ledviny
- rozsah primárního nádoru
- žilní postižení
- postižení lokoregionálních lymfatických nodulů (LN)
- stav nadledvin a dalších solidních orgánů (6)

Indikace MR je jistě oprávněná, její provedení je s výhodou při nutnosti posouzení možného zasahování trombu do renální žíly nebo dále do dolní duté žíly. Zde je důležitý T2 vážený obraz s možným hodnocením přítomnosti trombu a chyběním toku.

Indikace MR je na místě zejména u pacientů s alergií na jodovou kontrastní látku a u těhotných.

Přínos multiparametrického vyšetření je jednoznačně prokázán, objevují se nové techniky skórování rizika tumoru jako např. Clear cell likelihood score (ccLS) – viz níže (7).

Tyto techniky poukazují na přínos MR vyšetření a rozšiřují množství indikací.

TECHNIKA MR VYŠETŘENÍ

Základními částmi multiparametrické MR jsou:

1. T1 vážený obraz s chemickým posunem (chemical shift)
2. T2 vážený sken s potlačením tuku
3. T1 dynamický kontrast – DCE (dynamic contrast enhancement) včetně parenchymové a opožděné nefrografické fáze
4. difúzně vážený obraz – DWI

Vyšetření lze provádět na strojích 1,5 T i 3 T, akceptovaná tloušťka vrstvy je většinou 4–8 mm, u postkontrastních T1 vážených skenů s potlačením tuku

je optimální šíře vrstvy 2–3 mm, zde je s výhodou použití postkontrastních skenů na volné dýchání.

T1 vážený obraz s chemical shift-in-phase (IP) and out-of-phase (OOP)

Pro radiologa provádějícího MR vyšetření je zobrazování chemickým posunem jedinečným a přitom dostupným nástrojem pro zjištění buněčného složení tkáně, zejména k detekci intracelulárně lokalizovaných lipidů. Existuje rozdíl v rezonanční frekvenci mezi protony tuku a vody, který je způsoben jejich místním chemickým prostředím. Vzhledem k tomu lze upravit časy TE a TR tak, aby v jedné fázi měly signály z protonů vody a tuku souhlasný směr (IP) a ve druhém čase byly vůči sobě mimo fázi (OOP). Tím lze určit relativní množství signálu tuku a vody v jednotlivém voxelu. Ztráta intenzity signálu mezi fázovými a opačnými fázovými obrazy MR indikuje množství lipidů ve vyšetřovaném voxelu. Toto zjištění lze použít k potvrzení benignity, potažmo k charakterizaci tkáňového složení solidních orgánů. Současně lze využít T2* efektu ke zvýraznění snížení intenzity signálu nebo zesílení void fenoménu na fázových obrazech s delším TE časem při in fázi ke srovnání s kratšími TE v opposed fázi. Susceptibilní artefakt odpovídá depozitům železa, hematomu, plynu kovů a melaninu, které pomáhají při diagnostice (8).

Tato sekvence hraje klíčový význam v multiparametrické MR ledvin a je jedním z rozhodujících faktorů identifikace léze (9).

T2 vážený obraz s potlačením signálu tuku

Hlavní předností této sekvence je zvýraznění kontrastu obrazu, prokreslení tekutých porcí expanze, jejího ohraničení, poměrně dobrého prostorového rozlišení.

Existuje několik typů potlačení signálu tuku, které lze i s výhodou kombinovat.

Metoda fat supression – s touto technikou je signál z makroskopického množství tuku potlačen selektivně excitovanými protony tuku s cílem vynulovat magnetizaci tuku v podélné rovině, vlastní měření probíhá dříve, než se může podélná magnetizace tuku

obnovit. Sekvence je citlivá na nehomogenitu magnetického pole – zakřivení, plyn.

Metoda inversion recovery – SPIR a SPAIR – jedná se o techniky potlačení tuku využívající výhody inversion recovery a spektrální fat saturace tuku. Technika SPIR odpovídá spektrální presaturaci s inversion recovery, technika SPAIR zase odpovídá spektrální presaturaci s atenuací IR. Zobrazovací sekvence jsou iniciovány, když lipidové protony procházejí nulovým bodem podélné magnetizace, tzn., že nevydávají signál. Tyto techniky jsou méně citlivé na heterogenitu magnetického pole, metoda SPIR méně toleruje nehomogenitu magnetického pulzu.

Dixon zobrazení – tato technika dává fázové i nefázové obrazy (opposed phase obrazy), pomocí postprocesingu dále vznikají obrazy se selektivním zvýrazněním vody a potlačení tuku pomocí třetí fáze zobrazení, která umožní iterativní výpočet požadovaného. Technika respektuje nehomogenitu magnetického pole a umožňuje použít i GRE i SE, TSE technik.

Selektivní excitace vody – umožňuje zvýraznit vodu excitací protonů v ní, je méně citlivá na nehomogenitu pole, více na nehomogenitu radiofrekvenčního pulzu.

Magnetizační transfer – vzhledem k tomu, že protony vody si snadno vyměňují magnetizaci s protony fosfolipidů v membránách, ale ne s triglyceridy a tukovými protony ve tkáni, lze získat další obraz. Ten obsahuje pouze část signálu vody a veškerý signál tuku, tento lze dále odečíst od normálního obrazu (10).

T1 dynamický kontrast (DCE)

Dynamická MR monitoruje průchod kontrastní látky intrarenálními oblastmi, ledvinovou kůrou, dřemí a vývodným systémem. Tímto způsobem DCE-MR odhaluje vychytávání a vylučování kontrastní látky ledvinami. Optimální protokol akvizice DCE-MR zahrnuje kompromis mezi prostorovým a časovým rozlišením a také kontrastním rozlišením. DCE-MR je jednoznačně přínosná pro diagnostiku renálních lézí, dá se využít i v hodnocení odpovědi na léčbu (11).

Tab. 1 Charakteristika solidních expanzí v T1 chemical shift sekvenci

Table 1. Characteristic of solid expansions in the T1 chemical shift sequence

Typ tumoru	T1 IP	T1 OOP
AML	izosignální	pokles výrazný
fpAML	izosignální	pokles minimální
onkocytom	izosignální	pokles minimální
clear cell karcinom	hyposignální okrsky, při prokrvácení hypersignální – methemoglobin	pokles typický
papilární karcinom	pokles – metaloproteiny	pokles – metaloproteiny
chromofobní karcinom	izosignální	pokles minimální

Difuzně vážený obraz (DWI)

Difuzně vážený obraz je založen na principu detekce náhodného mikroskopického pohybu volných molekul vody známého jako Brownův pohyb. DWI se průběžně zavádí jako stěžejní aspekt MR hodnocení konkrétních orgánů, včetně ledvin. Při použití ve spojení s aparentním difuzním koeficientem (ADC) poskytuje zobrazení DWI informace o funkčním prostředí chování vody v tkáních, což je přidaná hodnota k morfologické informaci. Detekované změny zahrnují přesuny vody z extracelulárního do intracelulárního prostoru, omezení propustnosti buněčné membrány, zvýšení buněčné hustoty a narušení depolarizace buněčné membrány. Tyto nálezy jsou běžně spojovány s malignitami a metoda může pomoci při detekci a charakterizaci nádoru a při predikci a hodnocení odpovědi na terapii (12).

PŘEHLED ZNAKŮ SOLIDNÍCH EXPANZÍ V JEDNOTLIVÝCH PARAMETRECH

Solidní tumory ledvin se v jednotlivých parametrech liší nebo naopak se překrývají, v této části kapitoly prezentujeme základní znaky lézí dle typu vážení.

Nejčastějšími benigními tumory jsou AML i jeho fpAML varianta, dále je významný onkocytom. V případě maligních renálních nádorů prezentujeme znaky typické pro světlobuněčný karcinom, papilární karcinom a chromofobní karcinom. Intenzita signálu je srovnávána s intenzitou kůry ledvin.

T1 vážený obraz s chemical shift-in-phase (IP) and out-of-phase (OOP)

V případě AML s obsahem intracelulárních lipidů je jasný pokles na OOP, v případě fpAML pokles nemusí být patrný, zejména při vysokém podílu hladké svaloviny.

U onkocytomu je depozice intracelulárních lipidů minimální, může ale vést k drobným poklesům v OOP.

Pro maligní tumory opět platí, že mohou obsahovat intracelulární lipidy.

Pro světlobuněčný karcinom ledviny (clear cell renal cell carcinoma – ccRCC) je typická akumulace lipidů intracelulárně (světla místa v buňkách jsou tvořena lipidy nebo glykogenem), tzn., že zpravidla dochází k poklesu na OOP.

Pro papilární renální karcinom (papillary renal cell carcinoma – PRCC) je typická akumulace rozpadových produktů hemoglobinu – hemosiderin a ferritin – vede k poklesu na IP i OOP. Obsah intracelulárních lipidů je minimální.

Chromofobní karcinom (chromophobe renal cell carcinoma – ChRCC) změnu na T1 IP a OOP nemívá, obsah intracelulárních lipidů je opět mizivý (tab. 1).

T2 vážený obraz

V případě AML s obsahem intracelulárních lipidů je patrný T2 hyposignál, stejně taku varianty s nízkým obsahem tuku.

U onkocytomu je signál vyšší než korová vrstva ledviny.

Pro ccRCC je typický T2 hypersignální obsah s hojnými cystickými okrsky (nekrózy), obraz může modifikovat krvácení.

Papilární renální karcinom PRCC je typický T2 hyposignální, mohou být zřejmá depozita metaloproteinů.

ChRCC se chová jako izosignální.

Tab. 2. Charakteristika solidních expanzí v T2**Table 2. Characteristics of solid expansions in the T2W**

Typ tumoru	T2
AML	hyposignální
fpAML	hyposignální
onkocytom	izosignální až hypersignální
clear cell karcinom	hypersignální okrsky
papilární karcinom	hyposignální
chromofobní karcinom	izosignální až hyposignální

Přehled základních znaků v T2 váženém obraze je uveden v tabulce 2.

Nález v DCE

V případě AML i fpAML je fenomén rychlého syčení (wash-in – w/i) i fenomén rychlého vysycení (wash-out – w/o) velmi výrazný.

U onkocytomu je je w/i i w/o také nápadný, je mnohem výraznější než u ccRCC.

Pro světlolobuněčný karcinom je w/i i w/o fenomén typický, oproti onkocytomu je ale mírně snížen.

PRCC sytí pomalu a mírně, není typický w/i a w/o fenomén.

ChRCC se chová jako středně až málo perfundovaný tumor.

Přehled základních znaků v postkontrastním syčení je v tabulce 3.

Nález v DWI

V případě AML i fpAML je celularizace tkáně výraznější a je evidentní pokles v ADC mapě.

U onkocytomu je hodnota ADC vyšší než okolní ledvinová kůra.

Pro ccRCC je nález obdobný, vzhledem k přítomnosti světlých depozitů tuku či glykogenu v buňkách je restrikce v difuzi mizivá – nádor je v ADC hypersignální.

PRCC ledviny má vysokou celularizaci tkáně doprovázenou nízkou hodnotou ADC.

ChRCC má hodnoty ADC střední až nízké.

Přehled základních znaků v DWI je uveden v tabulce 4.

Přehled parametrů multiparametrického vyšetření (T2, DCE, DWI) pro jednotlivé expanze je uveden v tabulce 5. Z tabulky je zřejmá podobnost

Tab. 3. Charakteristika solidních expanzí v postkontrastním syčení – DCE**Table 3. Characteristics of solid expansions in the DCE**

Typ tumoru	DCE
AML	w/i – w/o
fpAML	w/i – w/o
onkocytom	w/i výrazný, méně nápadný w/o, ale může být
clear cell karcinom	w/i výrazný, w/o výrazný
papilární karcinom	nízký w/i i w/o
chromofobní karcinom	střední až vysoký w/i a w/o

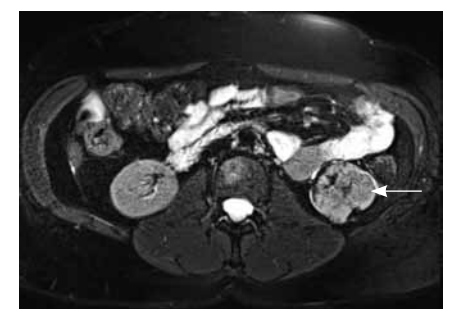
Tab. 5. Charakteristiky solidních expanzí dle T2, DCE a DWI**Table 5. Characteristics of solid expansions in T2W, DCE and DWI**

	Hypersignální	Izosignální	Hyposignální
T2	ccRCC onkocytom	chromofobní RCC	fpAML PRCC
DCE	ccRCC onkocytom	chromofobní RCC	PRCC
DWI – ADC	ccRCC onkocytom	chromofobní RCC	fpAMLPRCC

T2 hypersignálních expanzí – ccRCC a onkocytomu a T2 hyposignálních lézí – RRCC a AML. Další parametry mohou pomoci odlišit jednotlivé léze – T1 IP a OOP a dále kvantifikace w/i a w/o fenoménu, v případě PRCC i DWI.

Tab. 4. Charakteristika solidních expanzí v DWI**Table 4. Characteristics of solid expansions in DWI**

Typ tumoru	DWI – hladina ADC
AML	hyposignální
fpAML	hyposignální
onkocytom	hypersignální
clear cell karcinom	hypersignální
papilární karcinom	hyposignální
chromofobní karcinom	středně až hyposignální



1 T2 fat sat axiální, AML jako T2 hyposignální poměrně homogenní expanze
T2W fat sat axially, AML as a T2 hyposignally relatively homogeneous expansion



2 T1 IP a OOP axiální, AML s typickým poklesem signálu – drop out
T1W IP and OOP axially, AML with typical signal drop – drop out



SOLIDNÍ TUMORY LEDVIN A DIFERENCIÁLNÍ DIAGNOSTIKA PŘI POUŽITÍ MULTIPARAMETRICKÉ MR

Angiomyolipom (AML) a fat poor angiomyolipom (fpAML)

Pro AML je typická akumulace tukové tkáně, která může v případě fpAML zcela chybět. Zde může dominovat infiltrace hladkou svalovinou (13). Tumor má typický tvar zmrzlinového kornoutu (ice cream cone sign), nemá kalcifikace ani pseudokapsulu (14).

Při MR vyšetření je dominující průkaz tukových depozit v T1 IP a OOP, T2 hyposignální charakter a dále vysoký w/i a w/o fenomén, je typická restrikce v difuzi (obr. 1 až 9).

Onkocytom

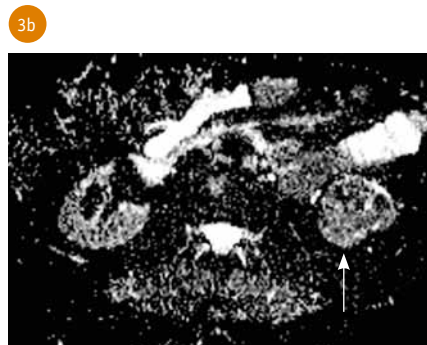
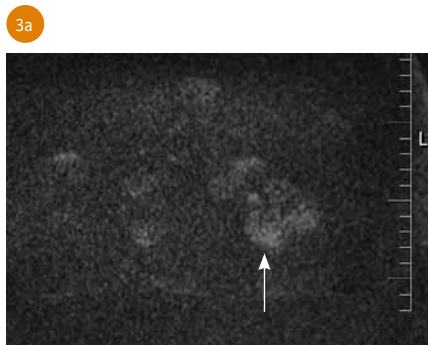
Onkocytom bývá dobře ohraničen, ve 40 % mívá centrální fibrózní jizvu (15) a loukořovitě uspořádání. Často se jedná o velký tumor.

Dle MR je T2 hypersignální, nemá restrikci v difuzi, jeho syčení bývá velmi rychlé a nápadné včetně w/o fenoménu. Depozita tukové tkáně v T1 IP a OOP jsou výjimečná (obr. 11 až 14).

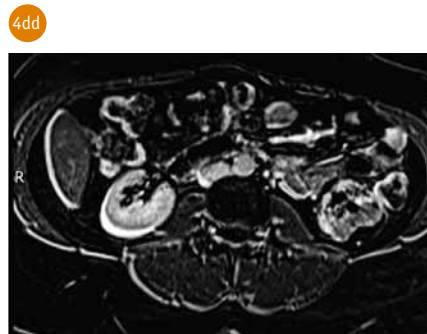
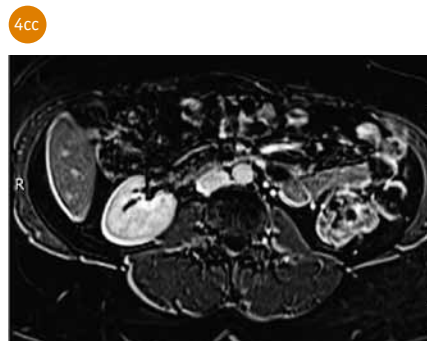
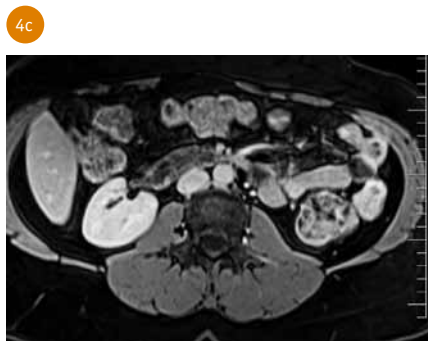
Světlobuněčný karcinom ledviny

Většina ccRCC je sporadická, je však jasná i vazba na dědičné syndromy (von Hippelova-Lindauova choroba, tubulózní skleróza). Makroskopicky se jedná o pevnou nažloutlou lézi s přítomností nekróz, krvácení a cystické degenerace. Nekrózy jsou častější u větších lézí, obvykle s rozměry více než 4 cm (16). Jako SRM může obsahovat pseudokapsulu, u větších lézí kapsula není patrná. Růstová tendence je výrazná.

- 4 T1 viba axiálně se subtrakcí, AML, rychlé syčení v arteriální fázi, pozvolné vymývání ve venózní, parenchymové a opožděné fázi (řazeno od shora dolů)
T1 viba axiálně with subtraction, AML, fast postcontrast saturation in arterial phase, gradual washing in venous, parenchymal and delayed phases (sorted from top to bottom)



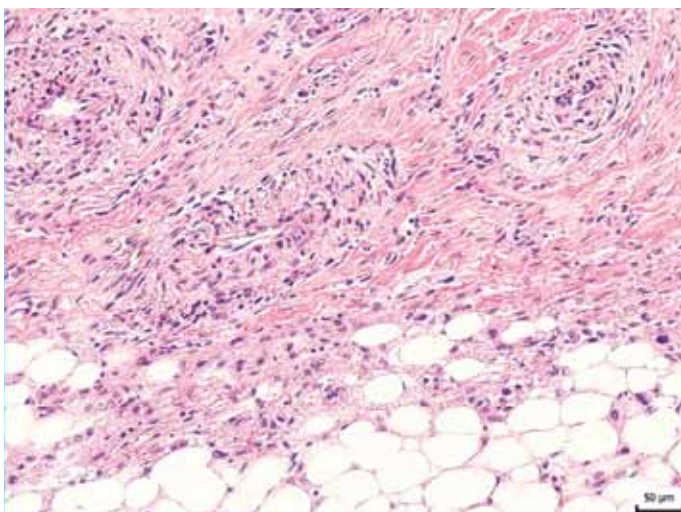
3 DWI axiální, AML, b 1000 a ADC mapa s patrnou restrikcí difuze
DWI axially, AML, b 1000 and ADC map, with diffusion restriction



5a



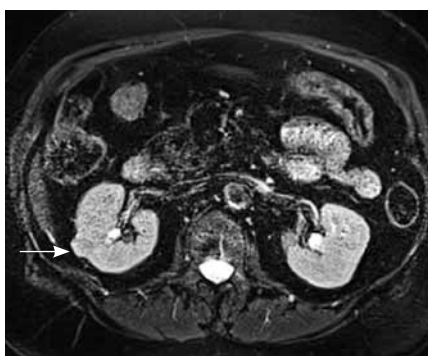
5b



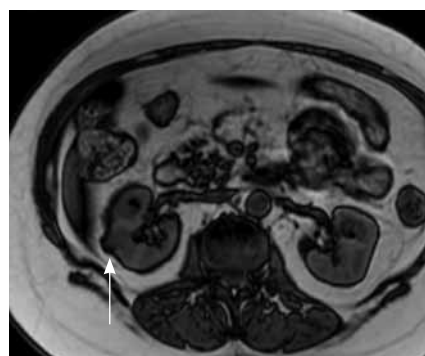
5 Objemný nažloutlý AML v horní části ledviny, který je sekundárně na periferii prokrvácený (a), mikroskopické vyšetření (b) – prezentuje histologický vzhled AML klasicky složeného ze zralé tukové tkáně, hladké svaloviny a tlustostěnných krevních cév

Large AML present in the upper renal pole of kidney with secondary hemorrhage on its periphery (a), histopathology (b) – classic triphasic histology of AML show variable mixture of mature fat, smooth muscle and thickwalled blood vessels

7a



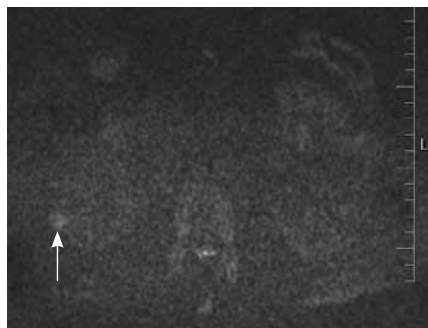
7b



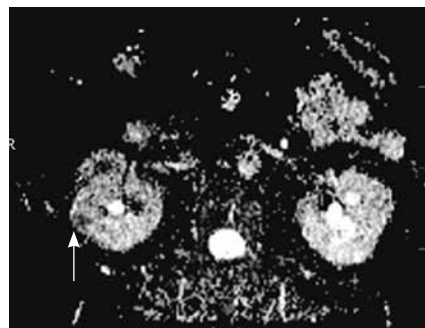
6 T2 fat sat axiální, fpAML, T2 homogenní tumor s naznačeným ice cream cone sign
T2W fat sat axially, fpAML, T2 homogeneous tumour with indicated ice cream cone sign

7 T1 IP a OOP axiální, fpAML s minimálním poklesem signálu
T1W IP and OOP axially, fpAML with minimal signal drop

8a

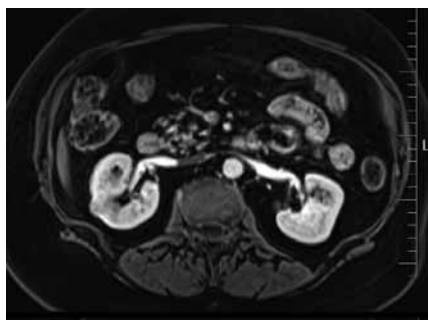


8b

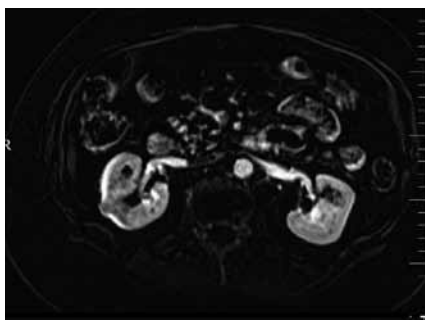


8 DWI axiální, fpAML, b 1000 a ADC mapa s patrnou restrikcí difuze
DWI axially, fpAML b 1000 and ADC map, with diffusion restriction

9a



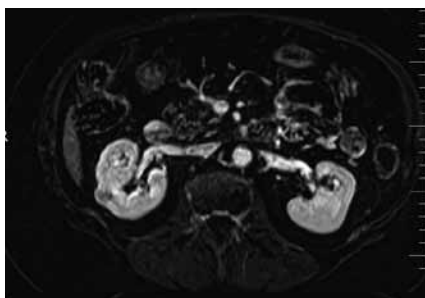
9aa



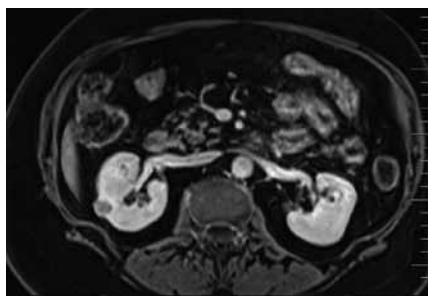
9b



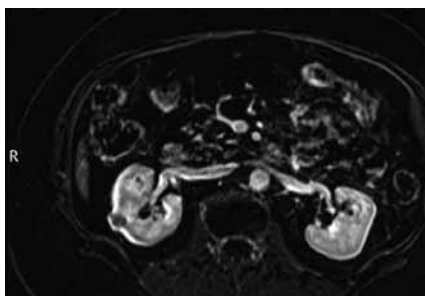
9bb



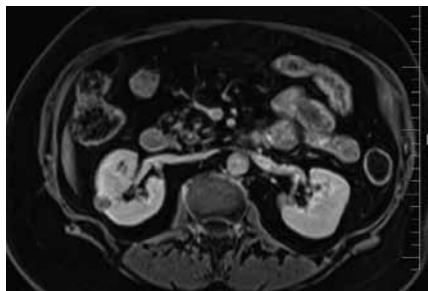
9c



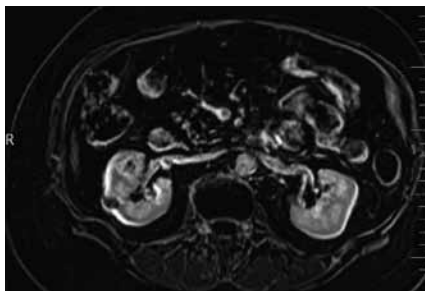
9cc



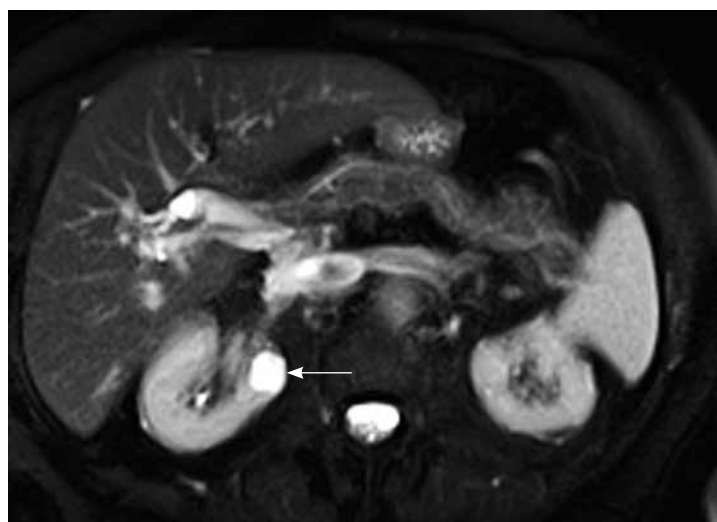
9d



9dd

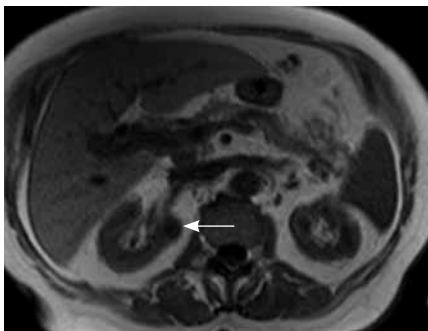


9 T1 vobe axiálně se subtraktí, fpAML, rychlé sycení v arteriální fázi, pozvolné vymývání ve venózní, parenchymové a opožděné fázi (řazeno od shora dolů)
T1 vobe axially with subtraction, fpAML, fast postcontrast saturation in arterial phase, washing in venous, parenchymal and delayed phases (sorted from top to bottom)

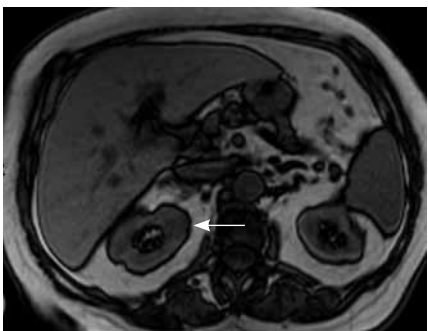


10 T2 fat sat axiální, onkocytom jako T2 hypersignální poměrně homogenní expanze
T2W fat sat axially, oncocytoma as a T2 hypersignal relatively homogeneous expansion

11a

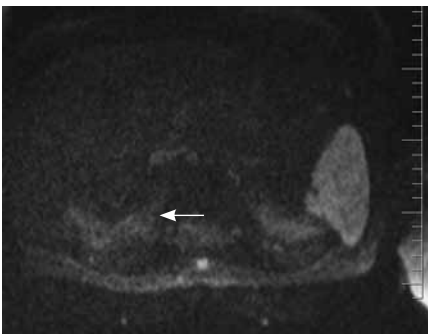


11b

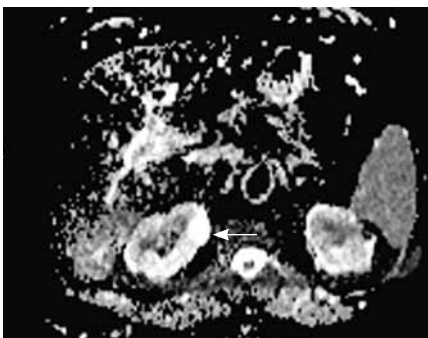


11 T1 IP a OOP axiální, onkocytom bez poklesu signálu v OOP
T1W IP and OOP axially, oncocytoma without drop out in OOP

12a

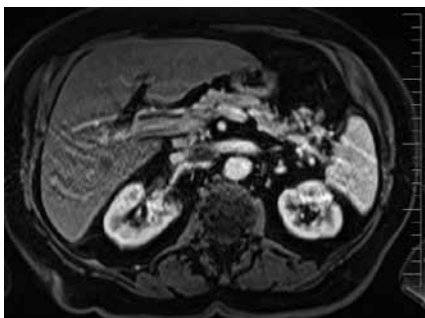


12b



12 DWI axiální, onkocytoma, b 1000 a ADC mapa bez restrikce v difuze
DWI axially, oncocytoma, b 1000 and ADC map, without diffusion restriction

13a



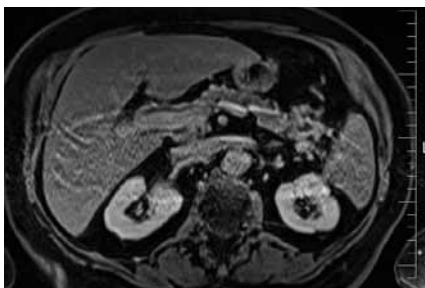
13b



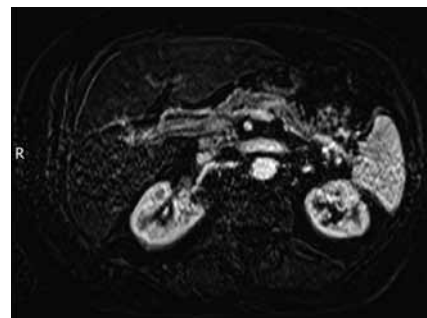
13c



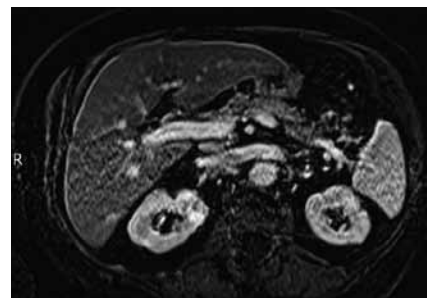
13d



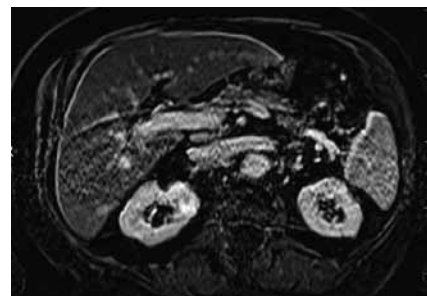
13aa



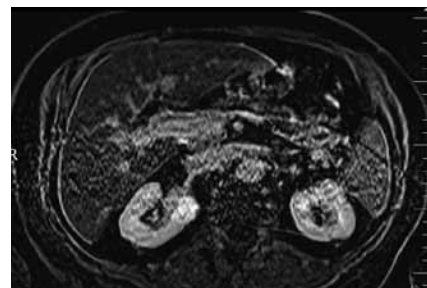
13bb



13cc



13dd

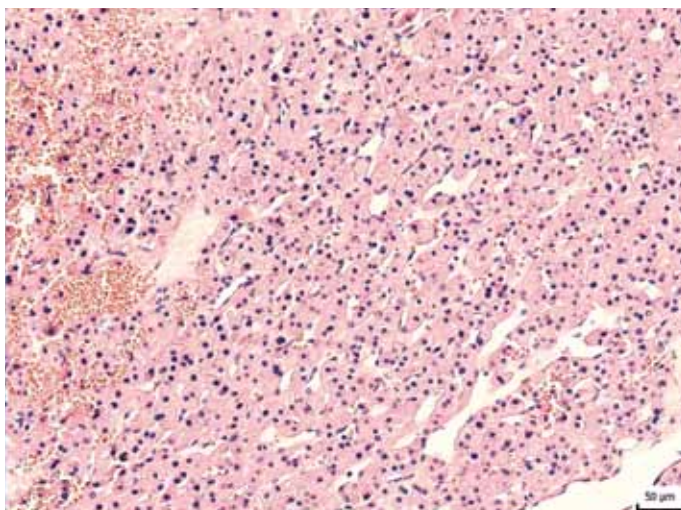


13 T1 vibe axiálně se subtrakcí, onkocytom, postupné syčení v průběhu fází, zvýraznění v opožděné fázi při možné jizvě (řazeno od shora dolů)
T1 vibe axially with subtraction, oncocytoma, gradual saturation during the phases, highlighting in the delayed phase with a possible scar (sorted from top to bottom)

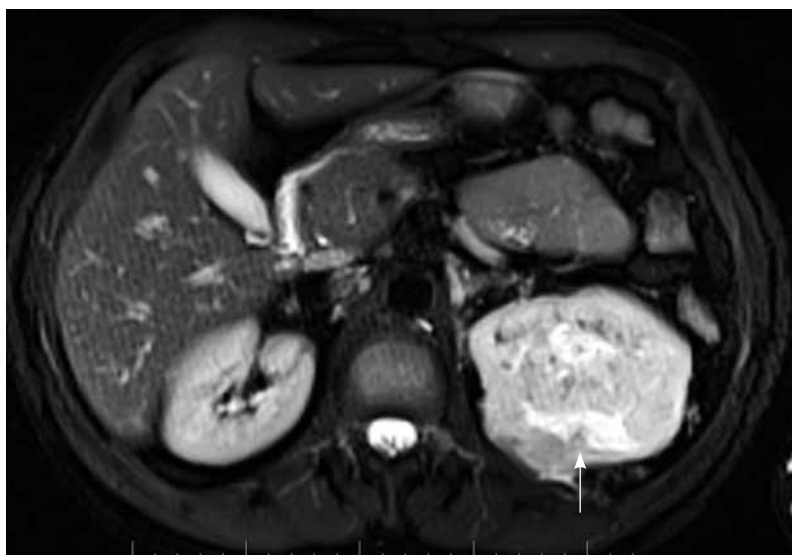
14a



14b

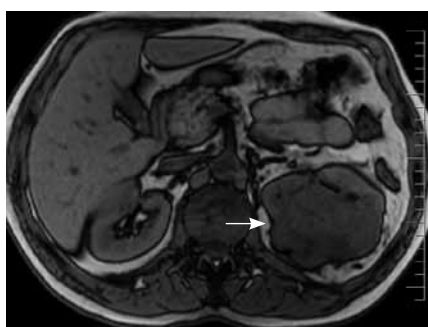


- 14 Nahnědlý onkocytom s typickou centrální jizvou (a), histologický obraz ukazující solidní, pravidelně utvářený tumor s objemnými buňkami s eozinofilní cytoplazmou (onkocyty) s kulatými pravidelnými jádry, bez atypií (b)
Brownish oncocytoma with a typical central scar (a), morphology of solid, a regularly formed tumour composed of large eosinophilic cells (oncocytes) with regular round nuclei, without cellular atypia (b)

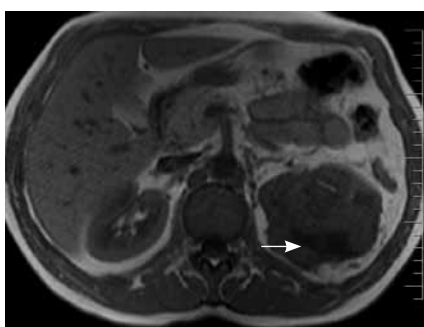


- 15 T2 fat sat axiální, ccRCC, T2 nehomogenní izosignální až hypersignální tumor
T2W fat sat axially, ccRCC, T2 inhomogeneous iso-signal to hypersignal tumour

16a

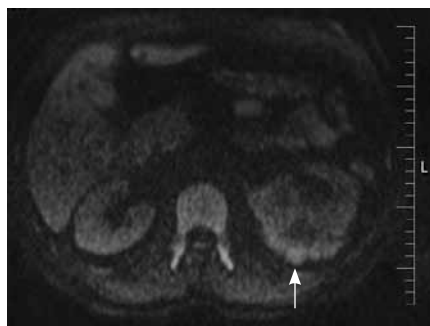


16b



- 16 T1 IP a OOP axiální, ccRCC, s okrsky poklesu signálu
T1W IP and OOP axially, ccRCC, with signal drop areas

17a

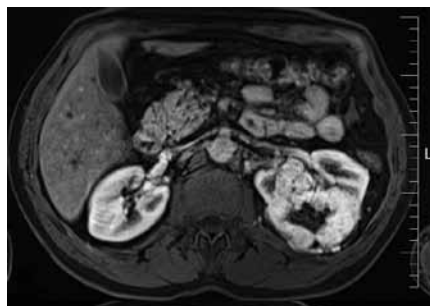


17b

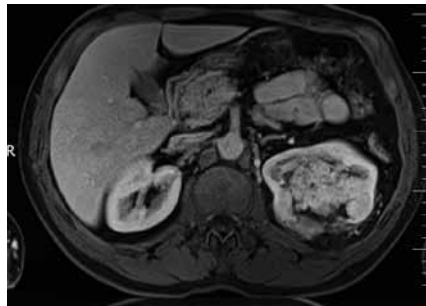


- 17 DWI axiální, ccRCC, b 1000 a ADC mapa s minimální restrikcí difuze
DWI axially, ccRCC, b 1000 and ADC map, without diffusion restriction

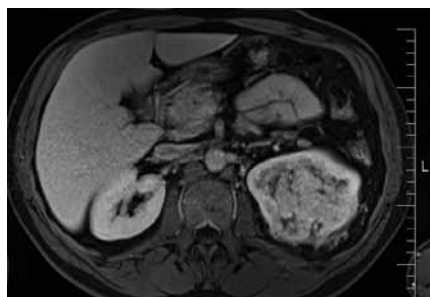
18a



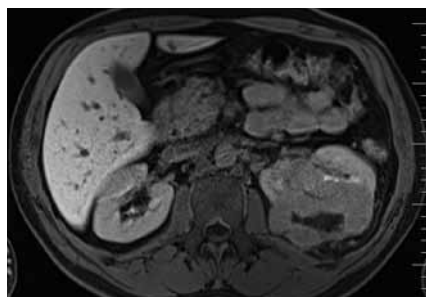
18b



18c



18d

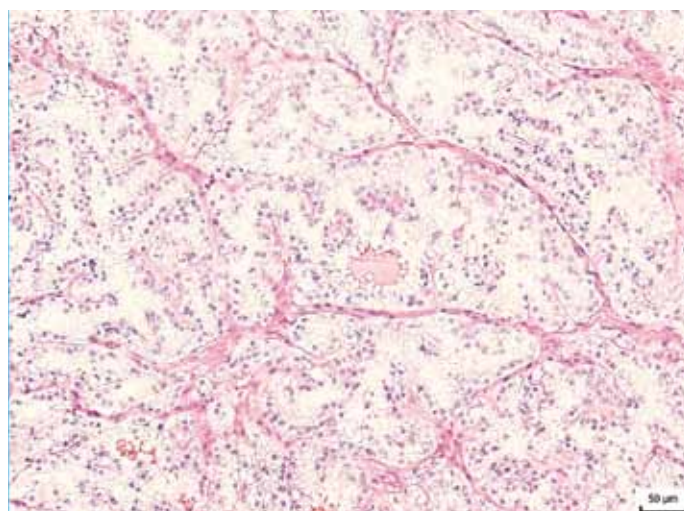


- 18 T1 viba axiálně, ccRCC, rychlé syčení v arteriální fázi, rychlé vymývání již v parenchymové a opožděné fázi, hepatospecifická kontrastní látka
T1 viba axially, ccRCC, fast postcontrast saturation in arterial phase, fast wash-out in next phases, hepatospecific contrast agent

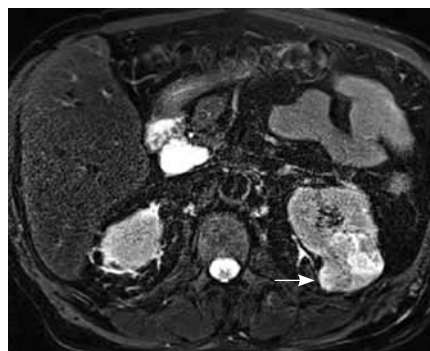
19a



19b



- 19 Zlatavě žlutý ccRCC v horním pólu ledviny (a), typický histologický obraz ccRCC ukazuje alveolárně uspořádaný tumor tvořený buňkami se světlou cytoplazmou a zřetelnou buněčnou membránou (b). Cytoplazma je běžně vyplněna lipidy a glykogenem, které se při rutinním histologickém zpracování rozpustí.
Golden yellow ccRCC in upper pole of kidney (a), typical histology of ccRCC present alveolar arrangement of cells with clear cytoplasm surrounded by distinct cell membranes (b). The cytoplasm is commonly filled with lipids and glycogen, which are dissolved by routine processing.



20 T2 fat sat axiální, PRCC jako T2 hyposignální expanze s minimem cystických okrsků
T2W fat sat axially, PRCC as T2 hyposignal expansion with minimal cystic areas

cystických lézí, jejich ohraničení je poměrně patrné, není ale jasná kapsula či pseudokapsula.

V MR pozorujeme T2 hyposignál, je patrný pokles na T1 OOP, ale i na T1 IP pro obsah metaloproteinů, tuková depozita jsou vzácná. V sycení je tumor spíše nížce vaskularizovaný s pomalým w/o fenoménem. Pro vysokou buněčnou celularizaci je typická restrikce v difuzi (obr. 20 až 24).

Chromofobní karcinom

Jedná se o tumor z uvedených nejvzácnější. Je to tumor narůžovělé barvy, bývá dobře ohraničen a má v 10 % centrální jizvu. Jeho růstový potenciál je malý (18).

V MR obraze je typický v T2 vážení izosignální až hyposignální charakter, v DWI je nález izosignální až hyposignální. V DCE může sytit poměrně rychle, také rychle vymývat kontrastní látku, dle T1 OOP vzácně vykazuje akumulaci intracelulárních lipidů.

KORELACE SOLIDNÍCH TUMORŮ LEDVIN DLE T2

Dle T2 vážení je jasná podobnost mezi:

1. AML a pRCC
2. onkocytomem a ccRCC

Angiomyolipom a papilární renální karcinom

Oba tumory jsou T2 hyposignální a mají jasnou restrikci v difuzi. Papilární karcinom má z ledvinových tumorů restrikci nejvýraznější (19).

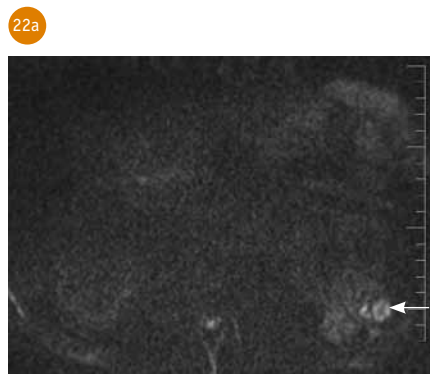
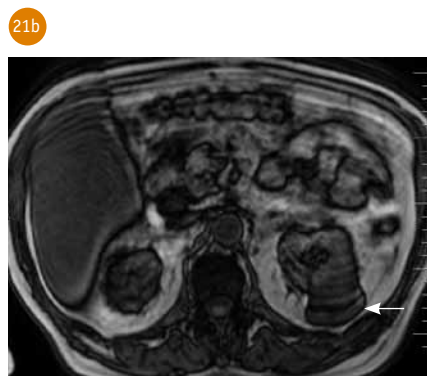
Oba tumory se liší v akumulaci intracelulárních lipidů – akumuluje AML, méně fpAML. V PRCC je často patrný hemosiderin, který je dobře detekovatelný kromě v T1 OOP i v T1 IP (hyposignální depozita na T1 IN i OOP na rozdíl od tukové tkáně, kde je drop out na OOP).

Hlavní rozdíl je patrný v typu sycení, kdy AML sytí a vymývá velmi rychle, PRCC sytí velmi zvolna a pomalu vysycuje (20).

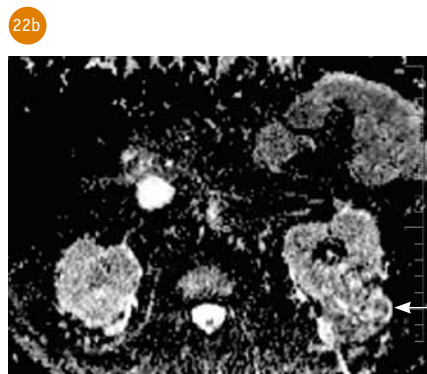
Určitou podobnost může vykazovat i chromofobní karcinom, který lze oproti PRCC odlišit pouze přítomností centrální jizvy nebo naopak nepřítomností hemosiderinu. Vzhledem k prognóze je nutná diferenciace oproti onkocytomu a zejména ccRCC (21).



21 T1 IP a OOP axiální, PRCC, v terénu dechového artefaktu lze identifikovat drobné okrsky hemosiderinu
T1W IP and OOP axially, PRCC, small areas of hemosiderin can be identified in the background of the respiratory artefact



22 DWI axiální, PRCC, b 1000 a ADC mapa, laterálně jasný oksek restrikce v difuze
DWI axially, PRCC, b 1000 and ADC map, area of diffusion restriction laterally

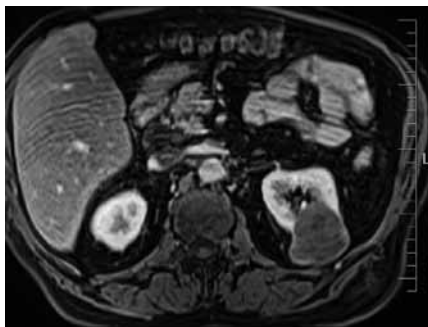


Dle T2 se jedná o tumor T2 hypersignální s jasnými cystickými okrsky, dle DWI není nápadná restrikce v difuzi, dle T1 IP a OOP je typický drop out pro obsah lipidů intracytoplazmaticky. V sycení dominuje výrazný w/i a w/o fenomén (obr. 15 až 19).

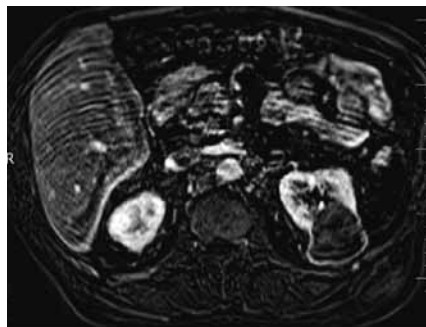
Papilární karcinom ledviny

Tyto tumory jsou pro obsah hemosiderinu nahnědlé. Jsou často popisovány u dialyzovaných pacientů (17), je prokázán i rodinný výskyt. Jsou to tumory většinou homogenní, s minimem

23a



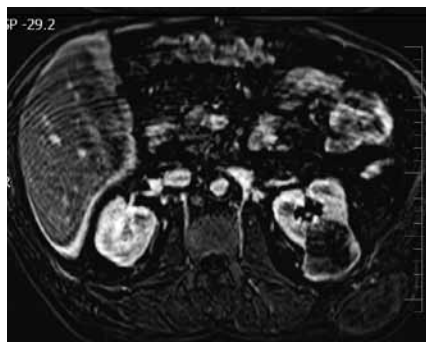
23aa



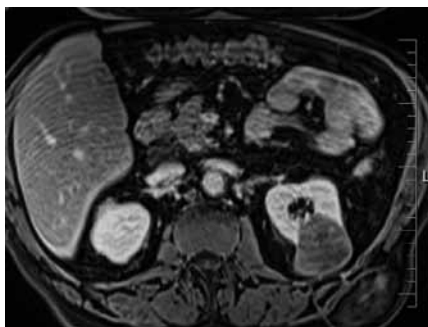
23b



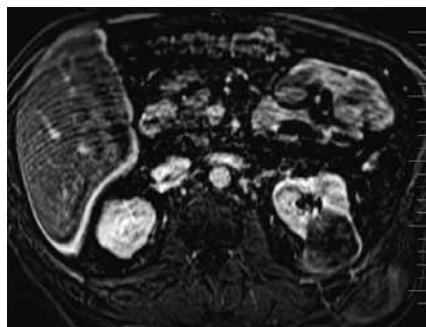
23bb



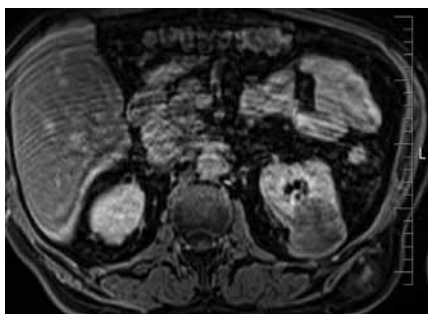
23c



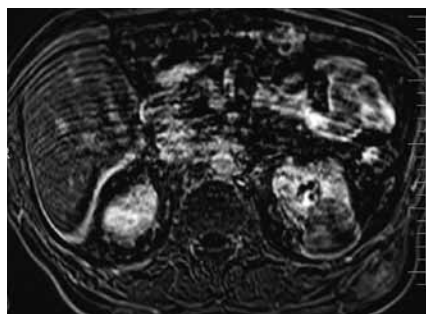
23cc



23d



23dd



23 T1 vibe axiálně se subtrakcí, PRCC, minimální postupné sycení v průběhu fází, řazeno od shora dolů

T1 vibe axially with subtraction, PRCC, minimum gradual saturation during phases, sorted from top to bottom

Křivky sycení jsou patrné v grafu 1.

Onkocyтом a světlobuněčný karcinom

Oba tumory jsou T2 hypersignální, oba tumory vykazují výrazné sycení i možné časné vymývání. Onkocyтом zpravidla neobsahuje výraznější podíl intracelulárních lipidů, tzn., drop out sign při T1 OOP odpovídá ccRCC.

CLEAR CELL LIKELIHOOD SKÓRE (ccLS) (22)

Jedná se o systém skórování pravděpodobnosti přítomnosti světlobuněčného karcinomu ledviny pomocí pětistupňové Likertovy škály – od stupně 1 jako velmi nepravděpodobného tumoru, stupně 2 jako nepravděpodobného, stupně 3 jako nejednoznačného tumoru, stupně 4 jako pravděpodobného tumoru až ke stupni 5 jako velmi pravděpodobného tumoru.

Systém vychází z multiparametrického vyšetření ledvin a je primárně určen pro hodnocení SRM (lézí velikosti do 4 cm v IA stadiu). Využívá zejména T2 signál a sycení po podání kontrastní látky. Zavádí kvantifikaci sycení pomocí vzorce ADER, který vyjadřuje poměr intenzity mezi prekontrastní fází a arteriální fází, a mezi prekontrastní a pozdní fází.

$$ADER = \frac{\text{signál v arteriální fázi} - \text{signál nativní}}{\text{signál v opožděné fázi} - \text{signál nativní}}$$

Je stanovena hranice 1,5, kdy vyšší hodnota svědčí sycení angiomyolipomu, hodnota menší než 1,5 odpovídá ccRCC.

Tento systém je zmíněn v recentních guidelines EUA pro karcinom ledviny (6, 22). Ostatní studie také potvrzují účinnost nastavené mp MR pro detekci ccRCC již v časném stadiu (23).

Schéma ccLS je uvedeno v grafu 2.

METODIKA

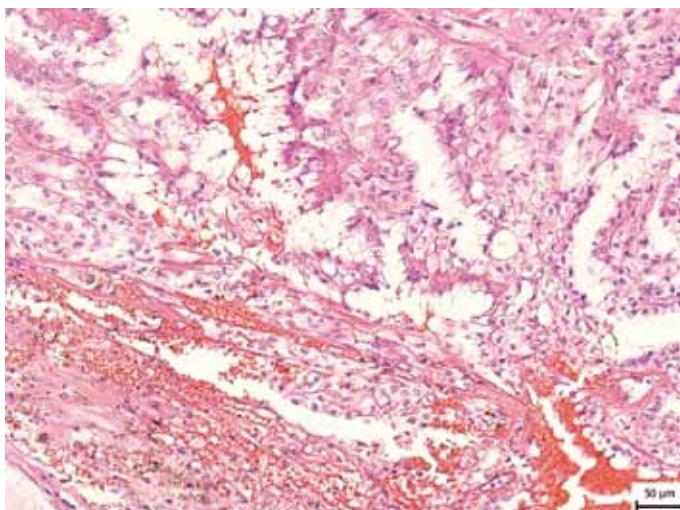
Dle doporučení lze provádět vyšetření na 1,5 T i 3 T strojích, doporučená šířka vrstvy je 4–8 mm s respektováním prostorového a časového rozlišení.

Kromě základních T2 obrazů s potlačením tuku, T1 IP a OOP, T1 3D GRE

24a

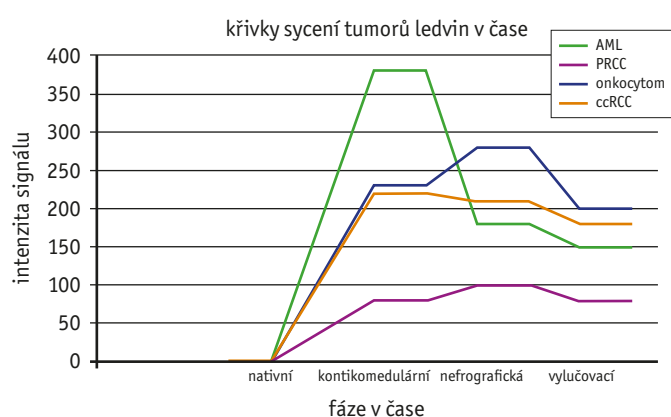


24b



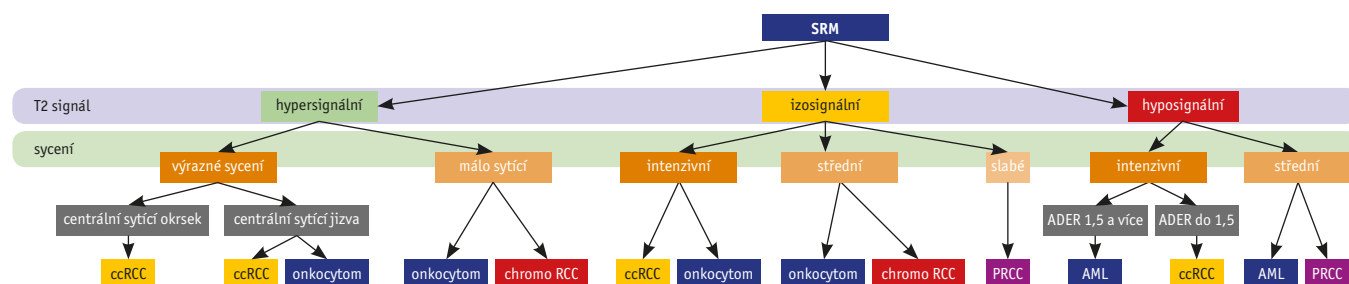
24 PRCC: (a) hnědý tumor v dolním pólu ledviny je dobře ohraničený, má křehkou konzistenci, je nekrotický a prokrvácený, (b) tumor tvořený natěsnanými papilami a v dolní části obrázku s depozity hnědého pigmentu (hemosiderin)

PRCC: (a) brown tumour in the lower pole of kidney is well circumscribed, has a friable consistency, with necrosis and haemorrhage, (b) tumour with tightly packed papillae and with brown hemosiderin granules in lower part of picture



Graf 1. ccSL pro detekci karcinomu ledviny při velikosti do 4 cm, upraveno a zjednodušeno dle Johnsona, 2019 (21)

Graph 1. ccSL for the renal carcinoma detection up to 4 cm in size, taken and simplified from Johnson, 2019 (21)



Graf 2. Grafické znázornění ccLS skóre

Graph 2. Graphic presentation of ccLS score

Tab. 6. Protokol zobrazení ledvin ve FN Ostrava na přístroji Magnetom Avanto 1,5 T (Siemens, Germany)

Table 6. Kidney imaging protocol at the University Hospital Ostrava on the Magnetom Avanto 1.5 T (Siemens, Germany)

Sekvence	Čas	Poznámka	Šíře vrstvy (mm)	TE (s) Time to echo	TR (s) Time to repeat
localiser	19 s	breath hold	10	2,66	7
T2 trufisp koronálně	19 s	breath hold	6	1,3	3,24
T1 IP OOP axiálně	22 s	breath hold	6	2,2/4,9	186
T2 haste s potlačením tuku axiálně	27 s	multibreath hold	6	94	900
T1 vibe axiálně nativní sken	27 s	breath hold	2,5	2,63	6,05
Care bolus					
T1 vibe axiálně arteriální fáze	27 s	breath hold subtrakce	2,5	2,63	6,05
T1 vibe axiálně venózní fáze	27 s	breath hold subtrakce	2,5	2,63	6,05
T1 vibe axiálně parenchymální fáze	27 s	breath hold subtrakce	2,5	2,63	6,05
T1 vibe cor	26 s	breath hold	5	2,41	5
T2 axiálně s potlačením tuku (fat sat)	2 min 43 s	BLADE – radiální náběh dechový trigger	4	99	3150
T2 axiálně	24 s	breath hold	6	100	4800
DWI axiálně	3 min 11 s	dechový trigger, averages 3 b 0, 500, 1000	4	102	6200
T1 vibe axiálně opožděná fáze po 10 minutách	27 s	breath hold subtrakce	2,5	2,63	6,05
T1 vibe koronálně opožděná fáze po 10 minutách	26 s	breath hold subtrakce	5	2,41	5

s potlačením tuku je vhodné využít možností dechového triggeringu – např. u sekvence T2 s potlačením tuku (optimálně s radiálním náběhem dat) a u sekvence DWI. Pro zobrazení orgánů retroperitonea je výhodné využívat i subtrakce pro postkontrastní vyšetření ve fázích. Nové sekvence (např. GRASP-VIBE u Siemens, Germany) umožňují volné dýchání během postkontrastní akvizice.

V tabulce 6 uvádím protokol na svém domovském pracovišti na přístroji MR Somatom Avanto 1,5 T, verze software B 19.

Protokol byl vytvořen v souladu s doporučeními evropských odborných společností (24, 25). Vzhledem k limitacím přístroje používáme sekvence se zadržením dechu (breath hold, vícenásobné zadržení dechu multibreath hold) a sekvence na volné dýchání řízené dechovým triggerem umístěným v kopuli bránice. Máme vytvořenu alternativu pro pacienty s omezenou spoluprací,

kde využíváme vyšší PAT faktory a snížené prostorové rozlišení k získání akceptovatelného časového rozlišení (většinou 10–11 s).

DISKUSE

Multiparametrické zobrazování umožňuje přesnou minimálně invazivní diferenciaci mezi vícero typy benigních a maligních renálních nádorů. Objevují se nové slibné techniky, které mohou dále pomoci s diferenciací struktury nádoru. Jednou z vizí je možnost určit stupeň agresivity tumoru – např. analýza textury, použití deep learning procesů za přispění umělé inteligence nebo MR spektroskopie (26). Dalším přínosem budou sekvence hodnotící perfuzi tkání bez použití kontrastní látky – BOLD, ASL (27, 28).

V souladu s literárními zdroji je jasný konsenzus pro použití všech čtyř základních sekvencí (T1 IP OOP, T2

s potlačením tuku, DCE a DWI). Všechny tyto sekvence jsou považovány za nezbytné k posouzení povahy renální masy (29).

Axiální rovina je preferovanou zobrazovací rovinou, protože ukazuje anatomii, na kterou jsou radiologové zvyklí, navíc umožňuje menší pole zájmu (field of view – FOV), což je benefit zejména u sekvencí se zadrženým dechem (breath hold). Koronální rovina však umožňuje zobrazení ledvin a močového měchýře najednou, a to se jeví přínosem zejména u dynamického skenu, avšak je to nyní často limitováno technickým vybavením. Jako ideální je hodnocen parakoronální sklon rovnoběžně s dlouhou osou ledvin (24).

Pro difúzně vážený sken neexistuje jasné doporučení hodnot b faktoru, za standard je však považováno volit hodnoty 0, 500 a 1000, včetně výpočtu ADC map. Rouvière doporučuje minimálně dvě hodnoty b faktoru, optimálně tři a více (24). Dle Johnsona je dostatečná hodnota b 800, doporučuje b 0, 400, 800 (22). Jako přínos pro standardní budoucí hodnocení je považována kvantifikace difuze (30). Rouvière upozorňuje na možné zkreslení DWI po podání kontrastní látky k prevenci zkreslení výsledku. Jiní autoři (Cornelis) to nepovažují za významné (25) a DWI měří po podání kontrastní látky. Tento přístup aplikujeme na našem pracovišti také zejména pro využití časové pauzy mezi časovými fázemi a opožděnou fází kontrastního vyšetření. Doporučená šíře vrstvy DWI je 3–5 mm.

Role DCE je stěžejní, je zdůrazňována důležitost pozdní fáze syčení po 10 minutách – potvrzení přítomnosti centrální jizvy a jejího odlišení od nekrózy v diferenciaci onkocytomu a ccRCC (23).

T2 vážený obraz s potlačením tuku je jednoznačným identifikátorem a prvním rozhodujícím faktorem v hodnocení ledvinné expanze, šíře vrstvy je doporučována 3–5 mm (22, 24).

Další diskutovanou otázkou je provedení urografie během vyšetření ledvin, ta je jednoznačně doporučena buď formou T2 vážené sekvence podobně jako na 3D T2 MRCP, nebo za použití postkontrastní T1 parakoronální roviny; zde Rouvière doporučuje aplikovat furosemid k forsáži diurézy (24). Na našem pracovišti v současné době furosemid nepodáváme, provádíme opožděný sken v koronální rovině za 10 minut po

aplikaci se subtrakcí k posouzení naplnění vývodného systému.

Součástí vyšetření ledvin by mělo být zobrazení celého parenchymu jater, i když názory se dle konsenzu urologů dle Rouvière různí (24). Na našem pracovišti toto doporučení akceptujeme, pokud je pacient alespoň mírně spolupracující, jsou játra součástí vyšetřené oblasti zájmu.

Dle konsenzuální dohody (Rouvière) je preferovanou modalitou vyšetření ledvin CT vzhledem k dostupnosti a ceně, MR vyšetření je na místě v případě nejasností nálezu na CT, při kontraindikaci podání jodové kontrastní látky a dále v těhotenství. Tyto závěry jsou v souladu s doporučením EUA (6).

ZÁVĚR

Provedení multiparametrické MR ledvin je základním nástrojem k diferenciaci světlobuněčného nádoru od ostatních typů tumorů s příznivější prognózou. V době prudkého rozvoje miniinvasivních operačních technik je časná diferenciacie světlobuněčného tumoru významnou pomocí v dalším managementu péče o pacienty. Spolehlivé odlišení ccRCC od méně závažných diagnóz může pomoci limitované přesnosti prováděných biopsií ledvin.

Čtyři fáze multiparametrického vyšetření jsou v dnešní době snadno proveditelné na všech instalovaných přístrojích v České republice, což je významný přínos pro rozvoj spolupráce radiologů s urology a také v rámci

multidisciplinárních týmů. Zavedení klasifikace rizikovitosti tumorů ledvin dle ccLS je další výzvou v prostředí České republiky. Je bezpochyby přínosem pro další optimalizovaný management v terapii nebo sledování pacienta.

Nové techniky, jako jsou perfuzní vyšetření bez podání kontrastní látky a optimalizované využití difúzní vážného obrazu, přinášejí další možnosti redukce zátěže pacienta. Tyto metody nesou další výzvy v rozpoznávání agresivity nádoru i v hodnocení lokální invaze. Když si uvědomíme, že se jedná o pacienty s onemocněním ledvin, které jsou podáním kontrastní látky tango-vány, je jasnou výzvou pokračovat ve výzkumu těchto technik, včetně jejich implementace do běžné praxe. ●

LITERATURA

- Allen BC, Tirman P, Jennings Clingan M, Manny J, Del Gaizo AJ, et al. Characterizing solid renal neoplasms with MRI in adults. *Abdom Imaging* 2014; 39(2): 358–387. doi: 10.1007/s00261-014-0074-4
- Kabaria R, Klaassen Z, Terris MK. Renal cell carcinoma: links and risks. *Int J Nephrol Renovasc Dis* 2016; 9: 45–52. doi: 10.2147/IJNRD.S75916
- Chow WH, Dong LM, Devesa SS. Epidemiology and risk factors for kidney cancer. *Nat Rev Urol* 2010; 7(5): 245–257. doi: 10.1038/nrurol.2010.46
- Wang ZJ, Zagoria RJ. Invited Commentary on „Differentiation of Solid Renal Tumors with Multiparametric MR Imaging“. *Radiographics* 2017; 37(7): 2042–2044. doi: 10.1148/rq.2017170180
- Rothman J, Egleston B, Wong YN, Iffrig K, Lebovitch S, Uzzo RG. Histopathological characteristics of localized renal cell carcinoma correlate with tumor size: a SEER analysis. *J Urol* 2009; 181(1): 29–33; discussion 33–24. doi: 10.1016/j.juro.2008.09.009
- Ljungberg B, Albiges L, Abu-Ghanem Y, Bensalah K, Dabestani S, et al. European Association of Urology Guidelines on Renal Cell Carcinoma: The 2019 Update. *Eur Urol* 2019; 75(5): 799–810. doi: 10.1016/j.eururo.2019.02.011
- Steinberg RL, Rasmussen RG, Johnson BA, Ghandour R, De Leon AD, et al. Prospective performance of clear cell likelihood scores (ccLS) in renal masses evaluated with multiparametric magnetic resonance imaging. *Eur Radiol* 2021; 31(1): 314–324. doi: 10.1007/s00330-020-07093-0
- Shetty AS, Sipe AL, Zulfiqar M, Tsai R, Raptis DA, et al. In-Phase and Opposed-Phase Imaging: Applications of Chemical Shift and Magnetic Susceptibility in the Chest and Abdomen. *Radiographics* 2019; 39(1): 115–135. doi: 10.1148/rq.2019180043
- de Silva S, Lockhart K, Aslan P, Nash P, Hutton A, et al. Chemical shift imaging in the identification of those renal tumours that contain microscopic fat and the utility of multiparametric MRI in their differentiation. *J Med Imaging Radiat Oncol* 2020; 64(6): 762–768. doi: 10.1111/1754-9485.13082
- Pokharel SS, Macura KJ, Kamel IR, Zaheer A. Current MR imaging lipid detection techniques for diagnosis of lesions in the abdomen and pelvis. *Radiographics* 2013; 33(3): 681–702. doi: 10.1148/rq.333125068
- Pedersen M, Irrera P, Dastrù W, Zöllner FG, Bennett KM, et al. Dynamic Contrast Enhancement (DCE) MRI–Derived Renal Perfusion and Filtration: Basic Concepts. In: Pohlmann A, Niendorf T. (eds.) *Preclinical MRI of the Kidney: Methods and Protocols*. New York, NY: Springer US, 2021; 205–227.
- Malayeri AA, El Khoulfi RH, Zaheer A, Jacobs MA, Corona-Villalobos CP, et al. Principles and applications of diffusion-weighted imaging in cancer detection, staging, and treatment follow-up. *Radiographics* 2011; 31(6): 1773–1791. doi: 10.1148/rq.316115515
- Jinzaki M, Silverman SG, Akita H, Mikami S, Oya M. Diagnosis of Renal Angiomyolipomas: Classic, Fat-Poor, and Epithelioid Types. *Semin Ultrasound CT MR* 2017; 38(1): 37–46. doi: 10.1053/j.sult.2016.11.001
- Kim KH, Yun BH, Jung SI, Hwang IS, Hwang EC, et al. Usefulness of the ice-cream cone pattern in computed tomography for prediction of angiomyolipoma in patients with a small renal mass. *Korean J Urol* 2013; 54(8): 504–509. doi: 10.4111/kju.2013.54.8.504
- Wobker SE, Williamson SR. Modern Pathologic Diagnosis of Renal Oncocytoma. *J Kidney Cancer VHL* 2017; 4(4): 1–12. doi: 10.15586/jkcvhl.2017.96
- Muglia VF, Prando A. Renal cell carcinoma: histological classification and correlation with imaging findings. *Radiol Bras* 2015; 48(3): 166–174. doi: 10.1590/0100-3984.2013.1927
- Dahle DO, Skauby M, Langberg CW, Brabrand K, Wessel N, et al. Renal Cell Carcinoma and Kidney Transplantation: A Narrative Review. *Transplantation* 2021. doi: 10.1097/TP.0000000000003762
- Amin MB, Paner GP, Alvarado-Cabrero I, Young AN, Stricker HJ, et al. Chromophobe renal cell carcinoma: histomorphologic characteristics and evaluation of conventional pathologic prognostic parameters in 145 cases. *Am J Surg Pathol* 2008; 32(12): 1822–1834. doi: 10.1097/PAS.0b013e3181831e88
- Taouli B, Thakur RK, Mannelli L, Babb JS, Kim S, et al. Renal lesions: characterization with diffusion-weighted imaging versus contrast-enhanced MR imaging. *Radiology* 2009; 251(2): 398–407. doi: 10.1148/radiol.2512080880
- Vargas HA, Chaim J, Lefkowitz RA, Lakhman Y, Zheng J, et al. Renal cortical tumors: use of multiphasic contrast-enhanced MR imaging to differentiate benign and malignant histologic subtypes. *Radiology* 2012; 264(3): 779–788. doi: 10.1148/radiol.12110746
- Galmiche C, Bernhard JC, Yacoub M, Ravaud A, Grenier N, et al. Is Multiparametric MRI Useful for Differentiating Oncocytomas From Chromophobe Renal Cell Carcinomas? *AJR Am J Roentgenol* 2017; 208(2): 343–350. doi: 10.2214/AJR.16.16832

22. **Johnson BA, Kim S, Steinberg RL, de Leon AD, Pedrosa I, Cadeddu JA.** Diagnostic performance of prospectively assigned clear cell Likelihood scores (ccLS) in small renal masses at multiparametric magnetic resonance imaging. *Urol Oncol* 2019; 37(12): 941–946. doi: 10.1016/j.urolonc.2019. 07. 023
23. **Canvasser NE, Kay FU, Xi Y, Pinho DF, Costa D, et al.** Diagnostic Accuracy of Multiparametric Magnetic Resonance Imaging to Identify Clear Cell Renal Cell Carcinoma in cT1a Renal Masses. *J Urol* 2017; 198(4): 780–786. doi: 10.1016/j.juro.2017. 04. 089
24. **Rouvière O, Cornelis F, Brunelle S, Roy C, André M, et al.** Group FSOGIC. Imaging protocols for renal multiparametric MRI and MR urography: results of a consensus conference from the French Society of Genitourinary Imaging. *Eur Radiol* 2020; 30(4): 2103–2114. doi: 10.1007/s00330-019-06530-z
25. **Cornelis F, Grenier N.** Multiparametric Magnetic Resonance Imaging of Solid Renal Tumors: A Practical Algorithm. *Semin Ultrasound CT MR* 2017; 38(1): 47–58. doi: 10.1053/j.sult.2016. 08. 009
26. **Bickel HS.** [Noninvasive phenotyping of renal tumors-current state of the art]. *Radiologe* 2018; 58(10): 900–905. doi: 10.1007/s00117-018-0432-2
27. **Notohamiprodjo M, Staehler M, Steiner N, Schwab F, Sourbron S, et al.** Combined diffusion-weighted, blood oxygen level-dependent, and dynamic contrast-enhanced MRI for characterization and differentiation of renal cell carcinoma. *Acad Radiol* 2013; 20(6): 685–693. doi: 10.1016/j.acra.2013. 01. 015
28. **Zhao F, Zhou X, Messina E, Hu L, Holahan MA, et al.** Robust arterial spin labeling MRI measurement of pharmacologically induced perfusion change in rat kidneys. *NMR Biomed* 2021; e4566. doi: 10.1002/nbm.4566
29. **Schieda N, Lim RS, McInnes MDF, Thomassin I, Renard-Penna R, et al.** Characterization of small (< 4 cm) solid renal masses by computed tomography and magnetic resonance imaging: Current evidence and further development. *Diagn Interv Imaging* 2018; 99(7–8): 443–455. doi: 10.1016/j.diii.2018. 03. 004
30. **Woo S, Suh CH, Kim SY, Cho JY, Kim SH.** Diagnostic Performance of DWI for Differentiating High- From Low-Grade Clear Cell Renal Cell Carcinoma: A Systematic Review and Meta-Analysis. *AJR Am J Roentgenol* 2017; 209(6): W374–W381. doi: 10.2214/AJR.17.18283



Nemocnice
Trutnov

Oblastní nemocnice Trutnov a.s.
přijme

LÉKAŘE/LÉKAŘKU RADIOLOGA se specializovanou způsobilostí i ve specializační přípravě

Nabízíme:

- zajímavou a smysluplnou práci na akreditovaném pracovišti II. typu (radiodiagnostické oddělení je vybaveno moderní přístrojovou technikou včetně nové MR a jeho provoz je plně digitalizován),
- nástupní hrubou mzdu pro lékaře se specializovanou způsobilostí od **70 000 Kč** a stabilizační odměnu ve výši **trojnásobku měsíční mzdy** (v případě dohody o nástupu na pozici zástupce primáře bude nástupní mzda ve výši od **90 000 Kč**),
- nástupní hrubou mzdu pro lékaře s dokončeným základním kmenem od **55 000 Kč**, stabilizační odměnu ve výši **dvojnásobku měsíční mzdy**,
- nástupní hrubou mzdu pro lékaře s odbornou způsobilostí (absolventa) od **43 500 Kč**, stabilizační odměnu ve výši **jedné měsíční mzdy**,
- služební byt s **příspěvkem na nájemné**,
- pracovní poměr na dobu neurčitou, plný i zkrácený úvazek,

- čtvrtletní **výkonnostní příplatky**, 6 týdnů dovolené, výhodné a **chutné** závodní stravování, příspěvek na penzijní připojištění nebo životní pojištění, **benefitní kartu**, slevu **10 %** v nemocniční lékárně,
- **nadstandardní podporu osobního rozvoje a dalšího vzdělávání**
- **úhradu veškerých nákladů specializačního vzdělávání** a odbornou administrativní podporu v celém jeho průběhu (kvalifikační dohodu nepožadujeme),
- erudovaný a přátelský kolektiv,
- příjemné pracovní prostředí v nemocnici v podhůří Krkonoš,
- život i práci v malebném městě se silným geniem loci, s bohatými možnostmi kulturního i sportovního využití.

Odborné a osobnostní předpoklady:

- **nadšení pro obor** a jeho rozvoj v rámci nemocnice,
- **smysl pro týmovou práci, spolehlivost a komunikativnost.**

V případě zájmu prosím kontaktujte:

MUDr. Jana Adámková, primář radiodiagnostického oddělení, tel. +420 499 866 313, +420 737 733 565, e-mail adamkova.jana@nemtru.cz nebo
Ing. Miroslav Procházka, Ph.D., předseda správní rady, tel. +420 776 069 842, +420 499 866 101, e-mail prochazka.miroslav@nemtru.cz

www.nemtru.cz