

ru prostaty je při použití postupů zobrazení obvyklých u jiných nádorů velmi nesnadné, selhávají metody zobrazení pomocí kontrastního CT vyšetření, běžných postupů zobrazení magnetickou rezonancí i PET/CT s aplikací ^{18}F -fluorodeoxyglukózy. U metastatického onemocnění u karcinomu prostaty je široce známá tvorba osteoplastických metastáz viditelných na prostých snímcích, CT i zobrazitelných pomocí scintigrafie s $^{99\text{m}}\text{Tc}$ -difosfonáty. Často je nutné využívat metody, které se odlišují od konvenčních přístupů k zobrazování většiny nádorů. Je možné využít magnetické rezonance a dále hybridního zobrazení PET/CT nebo PET/MRI s aplikací ^{18}F -fluorocholinu (^{18}F -FCH), ^{18}F -fluciclovinu a ^{18}F -natriumfluoridu (^{18}F -NaF) nebo ^{68}Ga -PSMA-11 (ligand prostatického povrchového antigenu), a to ve vyhledávání, stagingu a restagingu karcinomu prostaty, ^{68}Ga -PSMA-11 se navíc využívá i v plánování terapie pomocí ligandů PSMA značených beta minus radionuklidem ^{177}Lu . Problematické je využití fluciclovinu, protože jde o látku analogickou aminokyselinám, která je vhodná pro zobrazení uzlinových metastáz, málo vhodná je však pro průkaz kostního metastatického postižení, proto ji v dalším textu nezmiňujeme.

Výpočetní tomografie jako součást hybridního zobrazení

Výpočetní tomografie je prováděna v rozsahu hlavy, krku a trupu. V případě standardního vyšetření by měla zahrnovat podání kontrastní látky pro zobrazení jaterní tkáně, dále pak ledvin a v neposlední řadě i sycení uzlin, respektive případných uzlinových metastáz. V indikacích, kdy je prováděno podání ^{18}F -NaF se většinou kontrastní látka nepodává, protože jde o cílené vyšetření skeletu. U vyšetření, kde jde o přípravu před aplikací terapeutického radiofarmaka, je prováděno vyšetření celého těla v poloze s připaženými rukama se zahrnutím celých dolních končetin. Vlastní rekonstrukce CT dat zahrnuje algoritmus pro měkké tkáně a dále algoritmus pro skelet a plicní tkáň.

Magnetická rezonance jako součást hybridního zobrazení

Přibližně před 15 lety byly do rutinní klinické praxe zavedeny systémy magnetic-

ké rezonance s vyšší magnetickou indukcí. Výhodné je využívat v zobrazování pánve, včetně prostaty, systémy 3T. Se zvýšením kvality rozlišení pomocí povrchové cívky bylo opuštěno použití endorektální cívky a byla dokázána shodná reprodukovatelnost obrazů i spektroskopického nálezu získaných povrchovými a endorektálními cívkami. Vývojem skenovacích technik byly postupně vytvořeny protokoly morfologické, protokoly molekulárního zobrazení se spektroskopii a difuzním zobrazením. Nejnověji bylo však dokázáno, že pro hodnocení prostatické tkáně a přítomnosti karcinomu prostaty je postačující protokol, který využívá zobrazení pouze konvenčními sekvencemi T2 váženými, sekvencí T1 váženou pro detekci eventuálního krvácení a difuzním vážením. Od aplikace kontrastní látky je upuštěno až na některé výjimky, spektroskopie byla opuštěna zcela, tento zobrazovací postup je ostatně využíván i v programu časné detekce karcinomu prostaty v České republice. MR pro hybridní zobrazení používáme ve shodném protokolu pro zobrazení pánve, doplňujeme jej však v celotělovém rozsahu zobrazením T1 váženou sekvencí gradientního echa a celotělovým zobrazením difuzním vážením.

Optimální zobrazovací protokol (na našem pracovišti používaný na 3T PET/MRI Biograph mMRI, Siemens) se skládá ze zobrazení T2 váženými obrazy rychlého spinového echa (TSE T2) ve třech ortogonálních rovinách, jež bylo následováno T1 váženými obrazy gradientního echa (např. VIBE – volume interpolated breath-hold examination). Další sekvencí je zobrazení difuzně váženými obrazy echoplanární sekvencí s kalkulací aparentního difuzního koeficientu (ADC) se třemi hodnotami b (50, 400, 800–1 200.10⁻⁶ mm²/s) s doplněním výpočtu map kvantifikujících hodnotu b. Alternativním postupem může být dynamické zobrazení po podání bolu gadoliniové kontrastní látky v dávce 0,5 mmol/kg hmotnosti nemocného. Během aplikace je spuštěna akvizice dat 30–60 sérií T1 vážených obrazů gradientního echa (např. VIBE), která ukončuje akvizici dat. Při hodnocení je měřen objem prostaty s kalkulací objemu v mililitrech aproximovanou z výpočtu pomocí 0,6 násobku součinu maximálního rozměru v centimetrech ve třech ortogonálních rovi-

nách, toto měření je možné nahradit ovšem i automatickým procesem postupu umělé inteligence (AI) pro měření objemů prostaty. Dále je hodnocena struktura žlázy na TSE T2 obrazech a přítomnost vysokého signálu na T1 vážených obrazech. Při posuzování difuzního zobrazení jsou hledány nehomogenity se známkami restrikce difuzivity.

Pokud je provedeno dynamické podání kontrastní látky, pak lze data využít ve farmakodynamickém hodnocení sycení tkání. Lze používat analytický software s možností tvorby barevných map farmakodynamických parametrů (na našem pracovišti Tissue4D, Siemens Healthineers, Erlangen, Německo) dovolující vytvořit na základě analýzy dynamické T1 vážené série mapy objemu krve ve tkáni (vypočítaný integrálem z dynamické křivky, tj. area under the curve), dále mapu transferové konstanty (Ktrans), objemu extracelulárního prostoru (Ve) a konečně mapu eliminační konstanty (Ke). Kromě hodnocení map byla v podezřelých oblastech hodnocena křivka sycení kontrastní látkou, za patologický nález je považována křivka s hypervaskularizací a rychlým vymýváním. Vyhodnocení, zda jsou v prostatě přítomny známky karcinomu, spočívá na konkordantním nálezu nejméně tří z následujících čtyř nálezů: 1. hypointenzivní ložisko na T2, 2. ložisko restrikce difuze (nízký signál na parametrické mapě ADC a současně vysoký signál na obrazu difuzního vážení s vysokým faktorem b), 3. pozitivní nález akumulace radiofarmaka, alternativně také, pokud je použito podání k. l., pak patologický nález při farmakodynamické analýze, tj. patologická křivka sycení + ložisko hypervaskularizace společně se zvýšením Ktrans, zejména jde-li o ložisko asymetrické hyperperfuze. V současnosti se při detekci nádorového onemocnění prostaty, a zejména při kontrolách aktivního sledování, prosazují zjednodušené protokoly, které vypouštějí spektroskopii, či dokonce dynamické postkontrastní zobrazení. Pro zjednodušení klasifikace ložisek v prostatě se používá skórování podle schématu PIRADS verze 2.1., skóre 1 znamená nález benigní, skóre 2 pravděpodobně benigní, skóre 3 nález intermediální, skóre 4 pravděpodobně maligní, skóre 5 s vysokou pravděpodobností maligní. Každé z ložisek by mělo být zařazeno podle skóre samostatně a mělo by být lokalizová-