

Využití termoablačních metod v léčbě tumorů ledvin

MUDr. Vlastimil Válek jr., prof. MUDr. Vlastimil Válek, CSc., MBA, EBIR, doc. MUDr. Marek Mechl, Ph.D., MBA
Klinika radiologie a nukleární medicíny, LF MU a FN Brno

Perkutánní termoablace je alternativní metoda léčby lokalizovaných tumorů ledvin (T1a). Využívá se především u starších polymorbidních pacientů, kteří nejsou indikováni k chirurgickému zákroku. Pooperační výsledek z hlediska celkového přežití po jednom roce je obdobný u pacientů po termoablaci i resekci. Celkové přežití v delším intervalu je lepší u pacientů po resekci ve srovnání se skupinou po termoablaci. Chirurgické řešení této skupiny tumorů je nadále metodou volby.

Klíčová slova: RFA, MWA, kryoablace, resekce.

The role of thermoablative methods in the treatment of renal tumors

Percutaneous thermoablation is an alternative method of treatment for localized renal tumors (T1a). Its application is mainly in elderly polymorbid patients who are not candidates for surgery. The postoperative outcome in terms of overall survival at 1 year is similar in patients after thermoablation and resection. Overall survival at longer interval is better in the resection group compared with the thermoablation group. Surgical management of this group of tumors remains the method of choice.

Key words: RFA, MWA, cryoablation, resection.

Úvod

Renální karcinomy (RCC) tvoří přibližně 1–3 % všech maligních onemocnění u dospělých (1). Histologická klasifikace RCC je rozsáhlá, ale nejčastějším zástupcem nádorů ledviny je světlobuněčný karcinom, který tvoří asi 75 % všech RCC. Dále do této skupiny řadíme především papilární renální karcinom (10–15 %) a chromofobní karcinom (5 %) (2, 3). Díky dostupnosti moderních zobrazovacích metod bývá většina RCC diagnostikována náhodně jako incidentalomy. Velká část těchto tumorů je tak odhalena v časném stadiu (4). Dle současných doporučení odborných společností je u těchto tumorů (T1 dle TNM klasifikace) nadále indikováno chirurgické řešení. Zejména u malých tumorů (T1a) se však do popředí dostávají metody miniinvasivní léčby tumorů ledvin – perkutánní ablační metody (1, 5, 6).

Mezi tyto metody řadíme radiofrekvenční (RFA), mikrovlnnou (MWA) ablací a kryoablaci.

Těmito metodami jsme schopni, vyvoláním lokální změny teploty ve tkáni tumoru, minimálně invazivně zničit nádorové buňky. Hlavní rozdíl spočívá v tom, že zatímco u RFA a MWA dochází k ohřevu tkáně, u kryoablace k jejímu ochlazení (7, 8). Obecně řečeno je cílem termoablačních metod dosažení cytotoxických teplot ve tkáni tumoru. V případě RFA a MWA je to více než 60 °C, u kryoablace méně než -40 °C. Takovéto teploty způsobí nekrózu buněk tumoru (8).

Z dalších miniinvasivních metod lze zmínit například ireverzibilní elektroporaci. Od termoablačních metod se liší tím, že ke zničení tumoru nevyužívá teplo. Princip spočívá ve vytvoření elektrického pole, které způsobí poškození buněčné membrány vedoucí k apoptóze buněk tumoru (8).

Na základě současných doporučení odborných společností by samotné ablací měla předcházet biopsie ložiska (5). Není však zcela jasné, zda je výhodnější provedení biopsie

před ablací v rámci jednoho výkonu, či samostatně provést biopsii a až na základě jejího výsledku indikovat ablací (9). I u části tumorů indikovaných k chirurgické resekci na základě výsledku zobrazovacích metod není nakonec po histologickém vyšetření preparátu malignita potvrzena (10). To může být argumentem pro oddělené provedení biopsie a ablace s odstupem.

Výkon může probíhat miniinvasivní perkutánní cestou, nebo peroperačně během laparoskopie (11). Miniinvasivní perkutánní přístup je možný při současné navigaci některou ze zobrazovacích metod. K tomu slouží především ultrasonografie či počítačová tomografie (CT) (12). Vedle navigace můžeme pomocí zobrazovacích metod hodnotit okamžitý efekt výkonu a vyloučit časně komplikace (12, 13). Výsledek ablace je pak nutné sledovat většinou v intervalu 24 hodin, 3 a 6 měsíců po výkonu (6).



KORESPONDENČNÍ ADRESA AUTORA: MUDr. Vlastimil Válek jr., valem.vlastimil2@fnbrno.cz
Klinika radiologie a nukleární medicíny, LF MU a FN Brno
Jihlavská 340/20, 625 00 Brno-Bohunice

Cit. zkr: Urol. praxi. 2022;23(2):80-84
Článek přijat redakcí: 7. 3. 2022
Článek přijat k publikaci: 29. 3. 2022

Termoablace

U RFA dochází ke zvýšení teploty v tumoru pomocí střídavého proudu. Na tělo pacienta jsou umístěny elektrody, čímž vytvoříme okruh mezi elektrodami, termoablační jehlou a generátorem střídavého proudu. Jeho působením dochází k vibraci iontů v okolí hrotu radiofrekvenční jehly, což generuje teplo. Cílem je dosažení teplot mezi 60 °C a 100 °C. Při vyšší teplotě už dochází k výraznému vzestupu impedance tkáně v důsledku její karbonizace. Parametr impedance je během výkonu sledován, protože její nadměrné zvýšení znemožní další šíření proudu ve tkáni a potenciálně tak může vést k tomu, že celý tumor není zničen.

MWA se odlišuje od RFA mimo jiné principem, jakým dochází k ohřevu tkáně. Využíváme zde elektromagnetické vlnění o vysoké frekvenci. Frekvence v řádu až GHz generují elektromagnetické pole, ve kterém dochází k vibracím polárních molekul (jako je voda). Vibrace následně generují teplo.

Jak u RFA, tak u MWA je hrot elektrody chlazen. To je důležité zejména u RFA, protože tkáň v bezprostředním okolí jehly je nejvíce

náchylná na karbonizaci. Jejím ochlazením můžeme tento proces zpomalit a omezit s tím související snížení vodivosti tkáně.

U kryoablace zavádíme do ložiska tumoru jednu nebo více jehel, pomocí kterých ochlazujeme tkáň. Výkon sestává ze dvou fází. V první fázi je ve tkáni tumoru vytvořena „koule ledu“ pomocí stlačeného plynu (argon), která ji ochladí až na -140 °C. V další fázi je led rozpuštěn pomocí helia. Tento proces se dvakrát opakuje, aby došlo k dostatečnému zničení tumoru (7, 8, 11, 12).

U RFA dochází k nejefektivnějšímu ohřevu tkáně v okolí jehly. Tkáň více na periferii se ohřívá kondukcí tepla (8). Protože jsou ledviny hojně prokrveným orgánem, část tohoto tepla je odváděna krví z cév v blízkosti ablované tkáně. V místech větších cév je tudíž termoablace méně účinná. Tento jev se označuje jako efekt jímání tepla (heat-sink effect) (3). Je to zároveň jeden z důvodů, proč je efekt u ložisek nad 3 cm limitovaný. Z toho důvodu někdy samotné ablaci předchází embolizace tumoru (6, 7). Dosáhneme-li s její pomocí redukce perfuze tumoru a okolí, ztráta energie směrem k periferii ložisek není tak výrazná (12).

Ke stejnému efektu ochlazování ablované tkáně krví v cévách okolo tumoru dochází i u MWA (8). Vzhledem k odlišnému principu metody, který je mimo jiné spojen s rychlejším ohřevem tkáně, není heat-sink effect tak významný. MWA lze proto využít i k léčbě větších tumorů (kolem 5 cm) (12). Obdobně jako u RFA a MWA krev v cévách v okolí tumoru způsobuje redistribuci tepla i během kryoablace (cold-sink effect) (7). Výhodou moderních přístrojů je možnost současného zavedení několika kryoablačních jehel. To umožňuje ošetřit i větší tumory (12).

Kontraindikací ablačního výkonu je nekorigovaná koagulopatie, aktivní uroinfekce a lokalizace tumoru znemožňující jeho bezpečné ošetření (14).

Materiály a metody

Do souboru jsme zařadili pacienty starší 18 let, kteří na Klinice radiologie a nukleární medicíny podstoupili perkutánní ablaci tumoru ledviny. Ablace byla indikovaná na základě kolektivního rozhodnutí urologa, radiologa a onkologa. Pacienti byli rozděleni do tří skupin podle zvolené ablační techniky (RFA, MWA, kryoablace).

Tab. 1. Porovnání ablačních metod

	celkem	RFA	MWA	kryoablace	p-hodnota
Počet tumorů	36	22 (61 %)	11 (31 %)	3 (8 %)	
Věk – průměr (směrodatná odchylka) roky	72 ± 10,1	69 ± 10,3	72,9 ± 9	71,7 ± 6,6	0,484
Muži	23 (64 %)	15 (65 %)	5 (22 %)	3 (13 %)	0,160
Ženy	13 (36 %)	7 (54 %)	6 (46 %)	0 (0 %)	
Pravá strana	15 (42 %)	8 (53 %)	7 (47 %)	0 (0 %)	0,060
Levá strana	21 (58 %)	14 (67 %)	4 (19 %)	3 (14 %)	
Horní segment	12 (33 %)	5 (42 %)	4 (33 %)	3 (25 %)	0,091
Střední segment	12 (33 %)	8 (67 %)	4 (33 %)	0 (0 %)	
Dolní segment	12 (33 %)	9 (75 %)	3 (25 %)	0 (0 %)	
Komplikace	10 (28 %)	5 (23 %)	2 (18 %)	3 (100 %)	0,015
Velikost tumoru – medián (rozsah) mm	24 (11–55)	28 (11–55)	16 (11–40)	11 (16–33)	0,156

Obr. 1. CT vleže na zádech, arteriální fáze. V levé ledvině je patrná výrazně se sytící tumorózní expanze (žlutá šipka). Klinika radiologie a nukleární medicíny LF MU a FN Brno


U všech pacientů samotnému výkonu předcházelo provedení vícefázového CT vyšetření s typickým obrazem RCC. U těchto tumorů byla denzita v kortikomedullární fázi větší alespoň o 84 HU, respektive o 44 HU ve vylučovací fázi oproti nativnímu vyšetření. Na našem pracovišti se biopsie před samotnou ablací standardně neprovádí. V našem souboru byla biopsie provedena u 45 % pacientů. Ve všech případech se jednalo o renální karcinom.

Velikost tumoru byla měřena na předoperačním postkontrastním vyšetření v axiální rovině v největším rozměru. Tumory byly rozděleny podle lokalizace v pravé a levé ledvině. V rámci samotné ledviny byly uloženy v horním, středním, nebo dolním segmentu. Všechna měření byla provedena jedním radiologem (VVjr). Informace o použité termoablační metodě a výskytu

komplikací po výkonu byly získány z popisu výkonu. Vyhodnocení obrazové dokumentace probíhalo na standardní pracovní stanici pomocí softwaru Philips IntelliSpace Portal (Amsterdam, Holandsko).

Typ ablace byl srovnán s velikostí tumoru, jeho lokalizací (stranovou a segmentární v rámci ledviny), pohlavím, věkem pacientů a výskytem komplikací po výkonu. Celkové přežití bylo hodnoceno první rok po výkonu.

Sumarizace kategoriálních proměnných byla provedena pomocí absolutních a relativních četností. Testování statistické významnosti rozdílů v základních charakteristikách mezi skupinami bylo vyhodnoceno pomocí Chi-kvadrát a ANOVA testu. Celkové přežití bylo zpracováno pomocí Kaplan-Meierovy metody. Jako hranice statistické významnosti byla určena hodnota $p > 0,05$.

Výsledky

Do studie bylo zařazeno 36 konsektivních pacientů (36 % žen), u kterých jsme na našem pracovišti provedli ablací 36 tumorů ledvin. Průměrný věk pacientů byl 72 ± 10,1 let.

RFA byla provedena ve 22 (61 %) případech, MWA v 11 (31 %) a kryoablace ve 3 (8 %). Medián velikosti ložiska tumoru v největším rozměru byl 24 mm (rozsah 11–55 mm; průměr 24,2 ± 9,2 mm). 15 (42 %) ložisek se nacházelo v pravé ledvině, 21 (58 %) v levé. V horním segmentu bylo 12 (33 %) tumorů, ve středním 12 (33 %) a v dolním 12 (33 %).

V závislosti na zvolené terapeutické metodě nebyl prokázán statisticky významný rozdíl mezi ablačními metodami ve věku ($p = 0,484$) a pohlaví pacientů ($p = 0,160$), stranové lokalizaci tumoru ($p = 0,060$), lokalizaci v rámci ledviny ($p = 0,091$) a velikosti ložiska ($p = 0,156$).

Komplikace se vyskytly po 10 (28 %) výkonech. Srovnání frekvence výskytu komplikací mezi jednotlivými metodami (RFA vs. MWA vs. kryoablace) bylo statisticky významné (23 % vs. 18 % vs. 100 %, $p = 0,015$) (Tab. 1).

Celkové přežití pacientů po jednom roce od ablace bylo 94,4 %.

Diskuze

Při ošetření ložiska tumoru pomocí termální ablace je výsledný efekt ovlivněn mimo jiné dosažením bezpečnostního lemu. Ideálně by měl být ablační zasažen i lem tkáně kolem tumoru o šíři 0,5–1 cm (7, 12). Obdobné doporučení platí i u parciální resekce lokalizovaných tumorů (15).

Metody termoablace se využívají především k léčbě malých tumorů do 4 cm (T1a dle TNM klasifikace) (12, 13). Jejich efekt byl nicméně prokázán i u větších ložisek (T1b dle TNM klasifikace) (11, 12, 16). V těchto případech je výhodné před samotnou ablací provést embolizaci tumoru (12). Zlatým standardem u této skupiny tumorů je chirurgický resekční výkon (4, 5). Při ablací větších tumorů (nad 4 cm) se již zvyšuje riziko rekurence, respektive nekompletní ablace (3). Perkutánní termoablace je dle současných doporučení alternativou k resekci zejména u pacientů, kteří nejsou schopni podstoupit chirurgický výkon (2, 11). Oproti resekci je její výhodou i kratší doba hospitalizace související s výkonem (11). V našem souboru byla průměrná

velikost tumoru $24,2 \pm 9,2$ mm, obdobně jako v jiných studiích (20,3–27 mm) (17–19). 97 % ablovaných tumorů bylo menších než 4 cm.

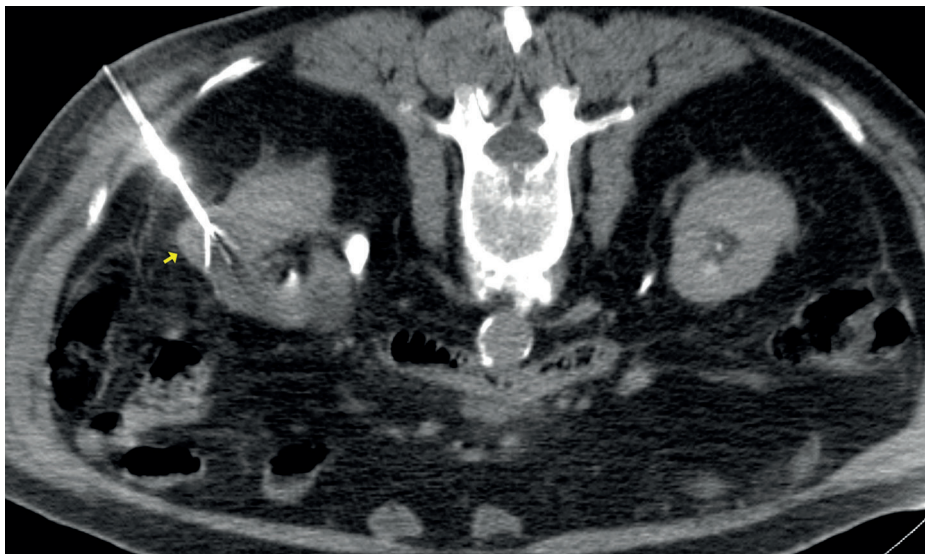
Frekvence komplikací v souvislosti s výkonem se v různých studiích liší (11–14). Po RFA a MWA se vyskytují přibližně v 5–10 % případů (12–14). Obecně lze říci, že komplikace nejsou častější než u chirurgické resekce (12). Z velké části se jedná o nezávažné stavy jako krvácení, infekce, ablace necílových struktur nebo únik moči do okolí (12). Při ošetření větších tumorů (nad 5 cm) stoupá riziko výskytu komplikací u kryoablace (7). U těchto časných komplikací, které vznikají do 24 hodin po výkonu, postačuje většinou symptomatická léčba (6). V našem souboru jsme komplikace pozorovali po 28 % ($n = 10$) výkonů. Ve všech případech se jednalo o krvácení a pacienti byli pouze observováni. Ke krvácení došlo po všech kryoablacích. Oproti RFA a MWA je riziko krvácení po kryoablaci přibližně desetkrát vyšší. Frekvence ostatních komplikací je podobná (12). Jedním z důvodů vyšší frekvence komplikací v našem souboru může být vyšší věk pacientů indikovaných k ablaci. Předpokládáme, že v této skupině se vyskytují častěji komorbidit, které mohou negativně ovlivnit výsledek výkonu z hlediska přítomnosti komplikací.

Celkové přežití u pacientů po termoablaci je dle různých studií horší v porovnání s chirurgickým výkonem, zejména v dlouhodobém měřítku (po 5 letech, 67,3–86,3 % vs. 82–98,6 %) (17–20). Do jednoho roku po výkonu jsou rozdíly srovnatelné (97,9–98,3 % vs. 98,6–99,7 %) (17, 18, 20). Naše výsledky přežití po jednom roce (94,4 %) jsou obdobné. Vzhledem k malému souboru a především malému počtu kryoablací ($n = 3$) jsme nesrovnávali rozdíl přežití mezi jednotlivými metodami.

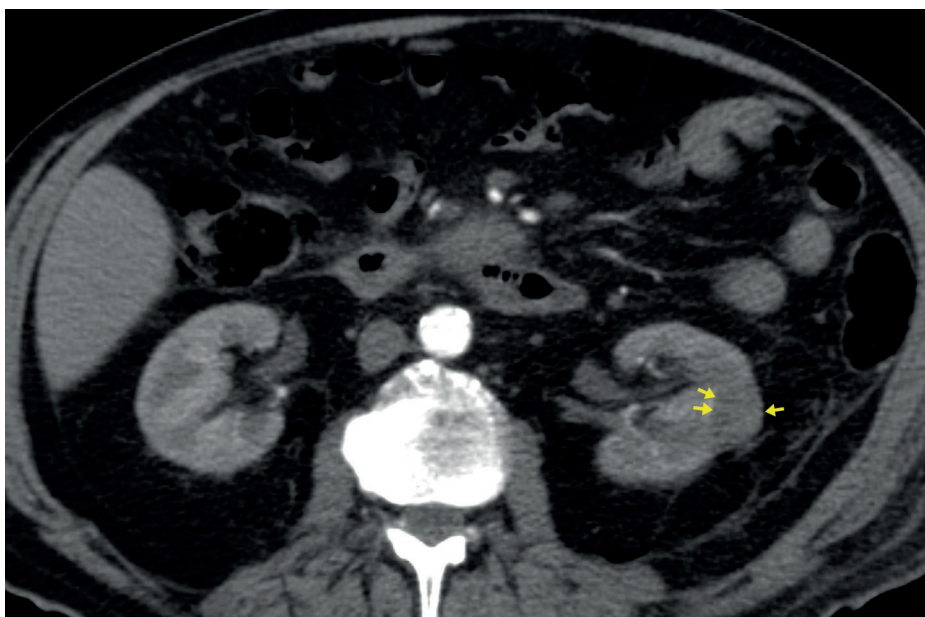
Podíl komorbidit ve vyšším věku může být jedním z důvodů horšího přežití pacientů po ablaci ve srovnání s chirurgickým řešením tumoru (16). Průměrný věk pacientů indikovaných k resekčnímu výkonu bývá nižší oproti pacientům indikovaným k ablaci (50,9–51,4 vs. 63,2–65,7) (17, 20). V našem souboru byl průměrný věk $72 \pm 10,1$ let.

S rostoucí velikostí tumoru se délka přežití zkracuje jak pro ablaci, tak pro nefrektomii (pod 2 cm 87 % vs. 93,8 %; 3–4 cm 69,8 % vs. 90,4 % (po 5 letech)). Rozdíl je opět výraznější s delší dobou sledování (T1a po 10 letech 50,8 % vs. 80,2 %; T1b

Obr. 2. CT na břiše, nativně. V tumoru levé ledviny z obr. 1 je zavedena radiofrekvenční jehla (žlutá šipka). *Klinika radiologie a nukleární medicíny LF MU a FN Brno*



Obr. 3. CT vleže na zádech, arteriální fáze. V místě původního tumoru je patrná hypodenzní nesytící se poablační area (žluté šipky). Tumor byl kompletně spálen. *Klinika radiologie a nukleární medicíny LF MU a FN Brno*



34,2 % vs. 70 %) (16). Celkové přežití pacientů je obdobné, bez ohledu na použitou termoablační metodu (RFA, MWA, kryoablace) (19).

Naše zkušenosti

Samotné ablaci bezprostředně předchází nativní CT vyšetření k zřejmění aktuálního stavu. Ve většině případů probíhá vyšetření na břiše. Není-li ložisko nativně diferencovatelné, je na zvážení radiologa, zda podá kontrastní látku (dovoluje-li to zdravotní stav pacienta), či vyšetření ukončí (obr. 1). Na našem pracovišti je samotný výkon prováděn v lokální analogosedaci vždy ve spolupráci s anesteziologem. Během vyšetření je důležitá spolupráce pacien-

ta, proto výkon neprobíhá v celkové anestezii. Po lokalizaci ložiska na úvodním CT provede radiolog za aseptických kautel lokální anestezii kůže a podkoží na straně postižené ledviny. Je-li v cestě naplánované trajektorie ablační jehly nějaká kritická struktura (např. střevní kličky), lze ji aplikací fyziologického roztoku „odtlačit“ (6). Následně je do ložiska zavedena termoablační jehla a proveden kontrolní CT sken (obr. 2). Po něm je možné polohu jehly upravit tak, aby byla v požadované pozici. Poté je jehla připojena ke generátoru proudu (u RFA), mikrovln (u MWA) nebo chlazení (kryoablace). Na základě velikosti tumoru a rozhodnutí operátora je radiologickým asistentem zvolen protokol (délka výkonu

a energie) a začíná samotná ablace. Po dokončení termoablačního protokolu je provedeno kontrolní nativní vyšetření, případně vyšetření s podáním kontrastní látky. Radiolog na základě jeho zhodnocení rozhodne, zda je ložisko dostatečně ošetřeno, či zda je třeba ve výkonu pokračovat. To je možné ze stejné nebo jiné pozice při stejných nebo jiných parametrech. Po výkonu je proveden finální sken zejména ke zhodnocení komplikací a pacient se vrací na oddělení. Následující den je provedeno kontrolní CT vyšetření s kontrastní látkou ke zhodnoce-

ní efektu ablace a naplánována další kontrola s odstupem (obr. 3). Na našem pracovišti provádíme standardně první kontrolu za 3 měsíce a následné kontroly v intervalech po 6 měsících. Podobný nebo lehce obměněný protokol využívají i jiní autoři (6, 14). Variantou jsou kontroly v 6 měsíčních intervalech první dva roky a následně po jednom roce do 5 let od výkonu (11).

Závěr

Perkutánní termoablaci lze využít jako alternativu chirurgické resekce zejména

u malých lokalizovaných RCC. Zvláště výhodné je její využití u starších pacientů, kteří vzhledem k častým komorbiditám nejsou indikováni k resekci. Výsledky v časném období po výkonu (zejména celkové přežití) jsou obdobné jako u resekce. V delším intervalu je celkové přežití lepší u pacientů po resekci, která nadále zůstává metodou volby u této skupiny tumorů.

*Podpořeno MZ ČR – RVO (FNBr, 65269705)
a MŠMT MUNI/A/1388/2021.*

LITERATURA

1. Elexa P, Král J, Pavlovský M, et al. Případ pacientky s bilaterálními tumory ledvin s nutností jednostranné nefrektomie z vitální indikace. Urol. praxi. 2015;16(5):222-5.
2. Ladman J, Handrejch L, Šafařík L, et al. Bilaterální synchronní renální karcinom s odlišným histologickým nálezem. Urol. praxi. 2016;17(2):87-90.
3. Liu N, Huang D, Cheng X, Chong Y, et al. Percutaneous radiofrequency ablation for renal cell carcinoma vs. partial nephrectomy: Comparison of long-term oncologic outcomes in both clear cell and non-clear cell of the most common subtype. Urologic Oncology: Seminars and Original Investigations. 2017;35(8):530.e1-530.e6.
4. Žemla P, Vidlář A, Šantavý P. Karcinom ledviny s nádorovým trombem do pravé srdeční síně. Urol. praxi. 2018;19(3):142-4.
5. Escudier B, Porta C, Schmidinger M, et al. Renal cell carcinoma: ESMO Clinical Practice Guidelines for diagnosis, treatment and follow-up. Approved by the ESMO Guidelines Committee: September 2008, last update January 2019. This publication supersedes the previously published version – Ann Oncol 2016; 27 (Suppl 5): v58-v68. Annals of Oncology. 2019;30(5):706-20.
6. Hoffmann P, Dvořák P, Navrátil P, et al. Percutaneous radiofrequency ablation of the renal tumors – five years experience with minimally invasive therapy. Ces Radiol. 2011;65(2):124-30.
7. Shakeri S, Raman SS. Trends in Percutaneous Thermal Ab-

- lation Therapies in the Treatment of T1a Renal Cell Carcinomas Rather than Partial Nephrectomy/Radical Nephrectomy. Semin Intervent Radiol. 2019;36(3):183-93.
8. Knavel EM, Brace CL. Tumor Ablation: Common Modalities and General Practices. Tech Vasc Interv Radiol. 2013;16(4):192-200.
9. Chung MSTM, Maxwell AW, Wang L-J, Mayo-Smith WW, Dupuy DE. Should Renal Mass Biopsy Be Performed prior to or Concomitantly with Thermal Ablation? Journal of Vascular and Interventional Radiology. 2018;29(9):1240-4.
10. Widdershoven CV, Aarts BM, Zondervan PJ, et al. Renal biopsies performed before versus during ablation of T1 renal tumors: implications for prevention of overtreatment and follow-up. Abdom Radiol (NY). 2021;46(1):373-9.
11. Park BK, Shen S-H, Fujimori M, Wang Y. Thermal Ablation for Renal Cell Carcinoma: Expert Consensus from the Asian Conference on Tumor Ablation. Korean Journal of Radiology. 2021;22(9):1490-6.
12. Shakeri S, Raman SS. Percutaneous Thermal Ablation for Treatment of T1a Renal Cell Carcinomas. Radiologic Clinics. 2020;58(5):981-93.
13. Marshall HR, Shakeri S, Hosseiny M, et al. Long-Term Survival after Percutaneous Radiofrequency Ablation of Pathologically Proven Renal Cell Carcinoma in 100 Patients. Journal of Vascular and Interventional Radiology. 2020;31(1):15-24.
14. Gunn AJ, Parikh NS, Bhatia S. Society of Interventional Ra-

- dology Quality Improvement Standards on Percutaneous Ablation in Renal Cell Carcinoma. Journal of Vascular and Interventional Radiology. 2020;31(2):195-201.e3.
15. Staněk R. Použití tkáňového lepidla při ledvinu šetřící parciální nefrektomii. Urol. praxi. 2010;11(6):335-7.
16. Shi L, He Y, Liu C, Qian X, Wang Z. Local ablation vs partial nephrectomy in T1N0M0 renal cell carcinoma: An inverse probability of treatment weighting analysis. Cancer Med. 2020;9(21):7988-8003.
17. Yu J, Zhang X, Liu H, et al. Percutaneous Microwave Ablation versus Laparoscopic Partial Nephrectomy for cT1a Renal Cell Carcinoma: A Propensity-matched Cohort Study of 1955 Patients. Radiology. 2020;294(3):698-706.
18. Yu J, Liang P, Yu X, Cheng Z, et al. US-guided Percutaneous Microwave Ablation versus Open Radical Nephrectomy for Small Renal Cell Carcinoma: Intermediate-term Results. Radiology. 2014;270(3):880-7.
19. Uhlig J, Kokabi N, Xing M, Kim HS. Ablation versus Resection for Stage 1 A Renal Cell Carcinoma: National Variation in Clinical Management and Selected Outcomes. Radiology. 2018;288(3):889-97.
20. Yu J, Zhang G, Liang P, et al. Midterm results of percutaneous microwave ablation under ultrasound guidance versus retroperitoneal laparoscopic radical nephrectomy for small renal cell carcinoma. Abdom Imaging. 2015;40(8):3248-56.