

Mikrovlnná ablace a její role v léčbě malých renálních nádorů

Microwave ablation and its role in treatment of small renal tumors

Eva Korčáková^{1,5}, Hynek Mírka^{1,5}, Kristýna Štajdlová¹, Roman Bosman²,
Adriana Bartoš Veselá³, Tomáš Pitra³, Kristýna Pivovarčíková⁴, Milan Hora³

¹Klinika zobrazovacích metod LF UK a FN Plzeň

²Klinika anesteziologie a resuscitace LF UK a FN Plzeň

³Urologická klinika LF UK a FN Plzeň

⁴Šiklův ústav patologie, Plzeň

⁵Biomedicínské centrum, Plzeň

Došlo: 16. 8. 2023

Přijato: 25. 9. 2023

Kontaktní adresa:

MUDr. Eva Korčáková, Ph.D.

Klinika zobrazovacích metod LF a FN Plzeň

Alej Svobody 80, 323 00 Plzeň

e-mail: korcakovae@fnplzen.cz

Prohlášení o podpoře: Karlova Univerzita Praha, Lékařská fakulta Plzeň (Cooperation Program, SURG), Institucionální výzkum Fakultní nemocnice Plzeň (FNPI 00669806).

Hlavní stanovisko: Mikrovlnná ablace je miniinvasivní termoablační metoda prováděná pod navigací zobrazovacích metod vhodná pro ošetření malých renálních nádorů ve stadiu T1aN0M0.

Major statement: Microwave ablation is a minimally invasive thermal ablation method performed under the navigation of imaging methods suitable for the treatment of small renal tumors in T1aN0M0 stage.

SOUHRN

Korčáková E., Mírka H., Štajdlová K., Bosman R., Bartoš Veselá A., Pitra T., Pivovarčíková K., Hora M. Mikrovlnná ablace a její role v léčbě malých renálních nádorů.

Současné diagnostické metody umožňují zachycení malých nádorů ledvin a řada tumorů je zjištěna náhodně při vyšetření z jiné indikace. To zvyšuje počet nízkých stadií nádorů a otevírá prostor pro méně invazivní léčebné techniky, pokud není indikováno aktivní sledování. Mikrovlnná ablace (MWA) je jednou z metod termální ablace, která se v současnosti dostává do popředí zájmu, především pro svou miniinvasivitu, komfort pro pacienta i intervenčního radiologa a dobré výsledky.

Cílem tohoto sdělení je shrnutí současných poznatků o MWA, která je jednou z termoablačních metod používaných v terapii malých renálních nádorů. Doporučení uvedená v tomto článku vycházejí z aktuálních guidelines mezinárodních urologických společností a našich zkušeností s touto metodou.

Předkládán je souhrn indikačních kritérií a doporučení, která ložiska jsou vhodná a naopak nevhodná pro ošetření MWA a jakým způsobem sledovat pacienty po výkonu.

KLÍČOVÁ SLOVA

Mikrovlnná ablace, léčba, nádor, ledvina.

SUMMARY

Korčáková E., Mírka H., Štajdlová K., Bosman R., Bartoš Veselá A., Pitra T., Pivovarčíková K., Hora M. Microwave ablation and its role in treatment of small renal tumors.

Current diagnostic methods are capable of detection small kidney tumors, and many of them are found incidentally during imaging for a different indication. This increase the number of low-stage tumors opens the door to less invasive treatment techniques in situations, when active surveillance is not indicated. Microwave ablation (MWA) is one of thermal ablation methods, which is coming to the fore recently. Its advantage is minimal invasiveness, comfort for the patient and the interventional radiologist, and good results.

The aim of this article is to summarize current knowledge about MWA in the therapy of small renal tumors. The recommendations given in this article are based on the current guidelines of international urological societies and our own experience with this method.

A summary of the indication criteria, recommendations which tumors are suitable and unsuitable for treatment with MWA and how to monitor patients after the procedure are presented.

KEY WORDS

Microwave ablation, treatment, tumor, kidney.

.....

ÚVOD

Česká republika se řadí celosvětově na čelní místo ve výskytu karcinomu ledvin. Podle dat ÚZIS byla v roce 2021 jeho incidence 28,9 případů na 100 000 obyvatel. Nejhorší situace je v Plzeňském a Jihočeském kraji. Zatímco incidence v posledních letech stagnuje, mění se postupně poměr zastoupení jednotlivých stadií ve prospěch nižších. Ve stejném roce byla přibližně polovina nádorů diagnostiková-

na ve stadiu I (T1aN0M0) (1). Na tom se velkou měrou podílí rozvoj zobrazovacích metod, které často odhalí malé asymptomatické nádory jako vedlejší nálezy při vyšetřeních z jiné indikace. U nádorů stadia I je podle současných doporučení (není-li indikováno aktivní sledování, active surveillance) upřednostňovanou léčbou parciální nefrektomie. Jako alternativu tohoto chirurgického výkonu lze ve vhodných případech využít metody perkutánní termální ablace, jejichž cílem je dosažení nekrózy tkáně nádoru působením tepelné energie. V doporučení Evropské urologické společnosti se nejdříve objevily radiofrekvenční ablace (RFA) a kryoablace. Od roku 2022 jsou ale zmíněné i další ablační techniky, jako je mikrovlnná ablace (MWA), laserová ablace, ablace pomocí fokusovaného ultrazvuku o vysoké energii a netermální ablace pomocí ireverzibilní elektroporace (2). V našich podmínkách je z těchto novějších metod nejdostupnější a technicky nejvhodnější MWA, jejíž aspekty a dostupné klinické studie rozebíráme v přehledovém článku.

INDIKACE K PERKUTÁNNÍ TERMÁLNÍ ABLACI

Indikace k výkonu je výsledkem multidisciplinárního posouzení klinického stavu pacienta a nálezů z vyšetření výpočetní tomografií (CT) nebo magnetickou rezonancí (MR). Indikační kritéria jsou obdobná u všech termoablačních metod. Volba konkrétní techniky závisí na její dostupnosti a zkušenosti provádějícího pracoviště. Vzhledem k tomu, že nejčastějším místem generalizace renálního karcinomu jsou plíce, doporučuje se rentgenový snímek, eventuálně CT hrudníku. U T1a nádorů je pravděpodobnost generalizace nízká, byť není zcela zanedbatelná (3, 4). V těchto případech (pokud je současně nález cN0 a nejsou přítomné další rizikové faktory) postačí rtg snímek hrudníku a CT není nutné (5).

Termální ablace je doporučovaná u pacientů s nádory stadia T1aN0M0, u kterých není kvůli věku, komorbiditám nebo obtížnému přístupu vhodná parciální resekce nebo kteří resekční výkon odmítají a není indikováno aktivní sledování. Vhodná je také

v případech genetické predispozice k mnohočetným nádorům, u recidiv po již proběhlé operaci v minulosti a také u nemocných se solitární ledvinou nebo s těžkou poruchou renálních funkcí.

Při indikaci ablace je třeba zhodnotit nejen velikost nádoru ale i jeho uložení a vztah k okolním strukturám. Ideální jsou nádory velikosti do 3 cm, které jsou uloženy v laterální nebo zadní části ledviny, vyklenují se zevně, nezasahují do sinu nebo těsné blízkosti ureteru a jsou vzdálené více než 1 cm od okolních orgánů. U tumorů větší velikosti (T1b), které je ve vhodných případech také možné ošetřit, je větší riziko nekompletního ošetření (nonablace) nebo časně lokální recidivy (6). Z hlediska přístupu jsou problematické především nádory v přední části ledviny a v horních pólech. V takových případech vede přístupová cesta přes zdravou část ledviny a hrozí její poškození. Na pravé

straně lze tento problém obejít transhepatickým přístupem, který se za této situace jeví jako bezpečnější. Intraparenchymatózní nádory, které nepůsobí vyklenutí kontury, nemusí být během výkonu pod CT detekovatelné a jejich zaměření je komplikovanější. Optimální pro ablací nejsou rovněž nádory vyklenující se do renálního sinu, jejich ošetření může být komplikováno krvácením nebo urinomem (Obr. 1). Při tepelném poranění proximálního ureteru hrozí jeho striktura. Poškození močových cest lze zabránit zavedením ureterálního stentu, který je během výkonu proplachovaný chladným fyziologickým roztokem (7).

Za bezpečnou vzdálenost od okolních orgánů se považuje 1 cm. Při menší vzdálenosti vzniká nebezpečí jejich tepelného poranění. To se týká především střeva, kde může vzniknout perforace, absces, nebo píštěl nadledviny, kde hrozí hyper-



Obr. 1. Ukázky ložisek nevhodných k mikrovlnné ablaci, CT vyšetření: (A) ložisko v horním pólu pravé ledviny ventrálně – nutno intervenovat přes ledvinu s rizikem jejího poškození; (B) příliš velké ložisko, velikost nad 3 cm – riziko nonablace; (C a D) ložiska centrálně uložená v parenchymu, (C) je v kontaktu s velkou tepnou a kalichem – riziko krvácení; (D) ložisko v kontaktu s pánvičkou u solitární ledviny – riziko poškození kalichopánvičkového systému a striktury, eventuálně urinomu (archiv autorského pracoviště)

Fig. 1. Examples of lesions unsuitable for microwave ablation, CT; (A) nodule in the ventral upper part of the right kidney – it is necessary to insert a needle through the kidney parenchyma with the risk of its damage, (B) large tumor, size over 3 cm, there is a high risk of non-ablation, (C and D) the tumor is located centrally in the parenchyma, in contact with the calico-pelvic system and near the central artery, there is a risk of damage of the collecting system and bleeding (archive of the authors' institution)

tenzní krize. Oddálení naléhajícího orgánu lze docílit polohováním nebo hydrodisekcí, která spočívá v instilaci fyziologického roztoku mezi tumor a naléhající orgán (9) (Tab. 1).

BIOPSIE TUMORU

Dle posledních doporučení Evropské urologické společnosti i Americké urologické společnosti je před termální ablací doporučené provedení biopsie pod kontrolou zobrazovací metody (obvykle CT nebo ultrasonografie). Ta se má provádět v časovém předstihu před výkonem, aby na základě jejího výsledku mohlo být definitivně rozhodnuto o vhodném způsobu léčby. Histologický nález je také důležitý pro plánování dalšího sledování nemocných (2, 8). Výjimkou mohou být starší polymorbidní nemocní, pro které by intervence navíc zvyšovala riziko komplikace, pokud je nález na zobrazovacích metodách typický pro renální karcinom a výsledek biopsie by neovlivnil budoucí léčbu. To znamená, že při postkontrastním vyšetření na CT, MR nebo kontrastní ultrasonografii (CEUS) dochází k syčení kontrastní látkou, která ukazuje na přítomnost vaskularizace. Při MR vyšetření je zároveň přítomna restrikce difuze (5, 10, 11, 12, 13).

Biopsie se provádí za použití 16 G či 18 G core jehly koaxiální technikou. Optimálně by měly být získané 2–3 vzorky. Koaxiální technika může částečně eliminovat možnost rozsevu tumoru v průběhu punkčního kanálu, i když v recentní literatuře nejsou o této komplikaci zmínky (14). U cystických tumorů není biopsie doporučovaná (2).

Biopsii je možné provést také v jedné době s ablací. Tento přístup má výhodu ve větším komfortu pro pacienta. Nevýhodou je, že v případě benigního histologického nálezu by ablace byla zbytečná. Na druhou stranu ale výsledek biopsie může být až ve 35 % případů falešně negativní ve smyslu maligní diagnózy (14). Dalším důvodem pro tento přístup, který aplikujeme ve většině případů i na našem pracovišti, je skutečnost, že ošetřujeme nejčastěji velmi malé nádory, u kterých je vyšší pravděpodobnost neúspěšné biopsie, která by jen oddálila termální ablací a zvýšila riziko kompli-

kací. V případě, že se jedná o větší tumor, velikosti nad 2 cm, který se biopsií dá zastihnout dobře, zobrazovací nález je z hlediska možné malignity nejistý a zvažují se i další terapeutické možnosti, provádíme biopsii s časovým předstihem.

Komplikace biopsie jsou podobné komplikacím termální ablace, nejčastější jsou bolest a krvácení do okolí ledviny nebo močových cest.

PRINCIP MWA

MWA je založená na dielektrické hysterezi. Jedná se o proces, při kterém dochází k přeskupování polárních molekul (především molekul vody) v závislosti na oscilaci elektromagnetického pole. Vzniká tak kinetická energie, která se přeměňuje na teplo, a to způsobí nekrózu tkáně. MWA využívá elektromagnetické vlnění o frekvencích 915 MHz–2,4 GHz (spadají do pásma mikrovln). Kolem aktivního konce antény dochází k zahřátí tkáně na teploty až 150 °C. Na vzniku nekrózy se podílí především přímé zahřívání tkáně, vedení tepla má jen malý podíl. Díky tomu je ve srovnání s RFA rozsah nekrózy méně variabilní v závislosti na složení tkáně a lze jej lépe předpovídat. Je možné také dosáhnout větších nekroz než při RFA. Při MWA se také méně projevuje efekt úniku tepla v blízkosti cév („heat-sink effect“) a nedochází k vaporizaci nebo zuhelnatění tkáně, které u RFA nepříznivě ovlivňují vedení elektrického proudu a tím snižují její efekt. MWA ale může způsobit var tekutiny v kalichopánvičkovém systému a tím jeho poškození.

Sledování efektu ablace pomocí CT bezprostředně po výkonu je, podobně jako u RFA, zatížené tendencí metody k podhodnocení rozsahu ošetřené tkáně. U MWA je ale míra podhodnocení menší. Dojem nedostatečně velké nekrózy může podporovat také kontrakce tkáně nádoru. Z tohoto pohledu je nespolehlivější bezprostřední hodnocení efektu u kryoablace, kde lze během výkonu přesně zobrazit velikost tzv. ledové koule (iceball), tedy zmrazené tkáně. Na druhou stranu tato metoda je složitější, dražší a hůře dostupná. Nevýhodou MWA je nemožnost kauterizace punkčního kanálu, což může být zdrojem krvácení a teoreticky i di-

seminace nádoru. Velkou výhodou MWA oproti ostatním metodám jsou krátké časy ošetření ložisek. Oproti RFA jsou dvakrát až desetkrát kratší. Například na námi používaném přístroji Medtronic Emprint (Mansfield, Massachusetts, USA) je pro vytvoření nekrózy o plánovaném průměru 2,9 cm v rovině kolmé na dlouhou osu antény při 150 W potřeba aplikace energie dlouhá 2 minuty. U RFA na přístroji Medtronic Cool-tip E (Mansfield, Massachusetts, USA) trvá ošetření v obdobném rozsahu 12 minut (15, 16, 17).

Kryoablace dle našich informací není v České republice na žádném pracovišti standardně prováděna, její limitací je vyšší cena, dlouhá doba procedury, nutnost celkové anestezie i složitá příprava výkonu.

PROVEDENÍ MWA NA NAŠEM PRACOVÍŠTI

Po odběru základní anamnézy vztahující se k výkonu je pacient uložen dle potřeby na záda, na bok nebo na břicho tak, aby intervenovaná léze byla co nejlépe přístupná. Nejčastěji používáme polohu na opačném boku, než je ošetřovaná ledvina. Poloha nesmí být pro pacienta nepříjemná, aby v ní dokázal setrvat po celou dobu výkonu. Polohováním lze také ovlivnit vzdálenost okolních orgánů. Poté anesteziologický tým provede analgosedaci. Na našem pracovišti využíváme k navigaci CT, výkon lze však provést i pod USG. Po naplánování vhodného přístupového kanálu provádíme desinfekci operační plochy, aseptické rouškování a lokální anestezii punkčního kanálu 20 ml Mesocainu. V případě, že provádíme současně biopsii, zavádíme koaxiální technikou bioptickou jehlu k získání vzorku tkáně. Vzorek vkládáme do roztoku formaldehydu a později odesíláme na histologické vyšetření. Následně stejným přístupovým kanálem zavádíme ablační anténu a zahajujeme ablací. Čas aplikace závisí na velikosti plánované nekrózy a stanovuje se pomocí mobilní aplikace dodávané výrobcem zařízení. Po provedení ablace vyjmeme anténu a provedeme kontrolu efektu pomocí CT s aplikací jodové kontrastní látky intravenózně (Obr. 2). Dle výsledku buď výkon ukončíme, nebo v případě podezření na reziduum

či nedostatečný bezpečnostní lem, provádíme další cyklus ablace. Na konci výkonu předáváme pacienta do rukou anesteziologického týmu, který zajistí monitoraci a transport na lůžkové oddělení k observaci. V případě, že se nevyskytnou komplikace, je pacient po 2 dnech propuštěn do domácího ošetřování.

SLEDOVÁNÍ PO VÝKONU A CT NÁLEZ

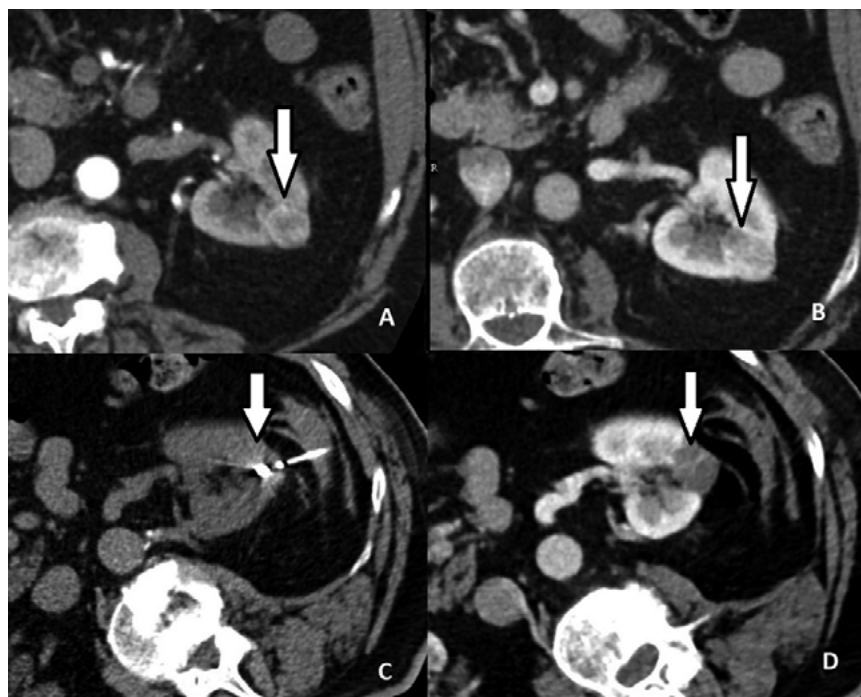
První kontrolu je vhodné provést bezprostředně po vyjmutí antény, z důvodu vyloučení komplikace a posouzení efektu ablace. Obvykle se provádí CT s intravenózní aplikací jodové kontrastní látky. Známkou úspěšného ošetření nádoru je absence vaskularizace a tedy i kontrastního syčení v jeho oblasti. Tvar a velikost nádoru se po výkonu nemusí změnit, někdy ale dojde k jeho zmenšení. To se týká především nádorů s cystickou složkou. V perirenálním tuku se může objevit prstenčité zvýšení denzity (haló), které je známkou tukové nekrózy. Zároveň je nutné vyloučit bezprostřední komplikace, především hematom.

Druhá kontrola je plánována za 3–6 měsíců, dle zvyklostí pracoviště. Může být provedena pomocí CT nebo MR. V případě benigního výsledku biopsie lze tento časový interval prodloužit až na jeden rok. Na dalších kontrolách se postablační nekróza může zmenšovat a mohou se v ní objevit kalcifikace. V MR obraze dochází k poklesu signálu v T2 vážení, mizí restrikce difuze a nedochází k syčení (15).

V případě, že je ablace prováděna pod USG navigací, postačí pro první kontrolu USG. Výhodou je provedení CEUS s podáním echokonstrastní látky, která umožní posoudit ztrátu vaskularizace. Druhá kontrola by měla být provedena jinou metodou – CT nebo MR.

KOMPLIKACE

Komplikace MWA a jejich četnost jsou podobné ostatním perkutánním intervenčním výkonům. Převažují komplikace malé, dle klasifikace Clavien Dindo (CD) stupně 1 a 2, mezi které patří například



Obr. 2. Ukázka průběhu ablace, CT vyšetření; tumor levé ledviny na předoperačním vyšetření v arteriální (A) a ve venózní (B) fázi syčení; zavedená anténa do tumoru (C), na nativním plánovacím skenu je již patrný pruhovitý hematoma perirenálně, který vznikl při zavádění antény; kontrolní vyšetření po výkonu s KL intravenózně (D), kde je patrný efekt ablace, oblast původního tumoru se nesyťí kontrastní látkou, tzn. je nekrotická (archiv autorského pracoviště)

Fig. 2. Demonstration of the procedure, CT; tumor of the left kidney on preprocedural examination in the arterial (A) and venous (B) phases; the antenna is inserted into the tumor (C), the thin perirenal hematoma is present on the non-contrast CT planning scan; postcontrast CT examination immediately after the procedure, where the ablation effect is visible, the area of the original tumor is necrotic – without contrast enhancement (D) (archive of the authors' institution)

pooperační bolest, zvýšená teplota, menší perirenální hematoma nevyžadující intervenci, mikroskopická hematurie a nevolnost.

Velké komplikace (CD 3–5) jsou vzácné, patří sem velké krvácení do okolí či subkapsulárně eventuálně i s aktivním leakem při poškození větší tepny vyžadující intervenční řešení, poškození pánvičky či ureteru se strikturou a následnou dilatací, nebo urinomem, poškození trávicí trubice se vznikem perforace, píštěle či abscesu, pneumothorax, šokový stav a raritně i smrt pacienta (18, 19, 20).

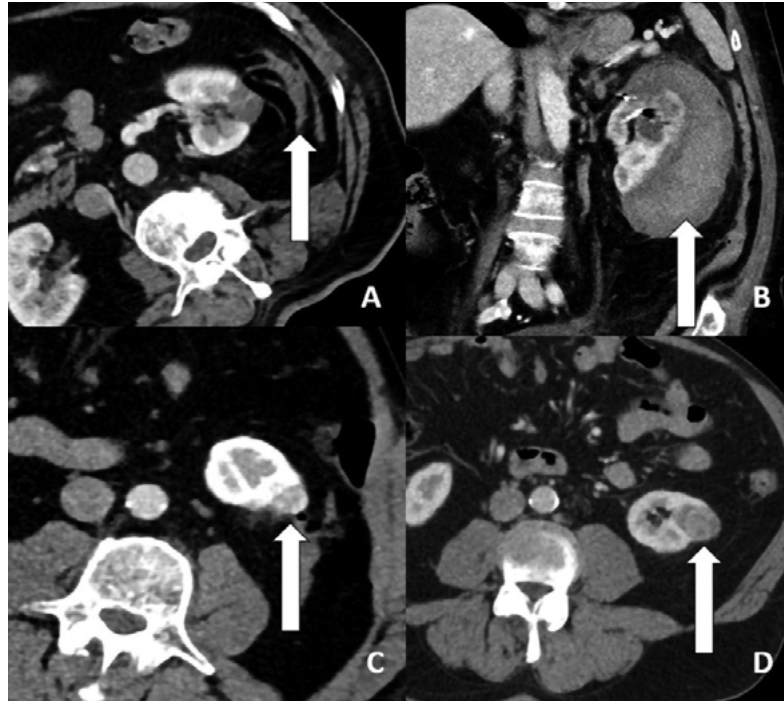
Komplikace možno dělit také na časné, vznikající bezprostředně po výkonu jako například krvácení, a pozdní, které se objevují až s časovým odstupem jako například striktura ureteru (Obr. 3).

Komplikací výkonu je i nonablace či časná recidiva. Pokud je reziduum nádoru zjištěno při prvním

kontrolním vyšetření, lze proceduru bezprostředně opakovat a zbylé reziduum znovu ošetřit. V případě zjištění rezidua při druhé kontrole je nutno zvažovat další postup. Dle guidelines Evropské urologické společnosti je doporučeno opakování termální ablace, protože chirurgický výkon v terénu jizevnatých postablačních změn nedovoluje bezpečnou resekci a v naprosté většině případů je nutná nefrektomie často otevřeným přístupem místo miniinvasivního (21).

VÝSLEDKY

Množství studií zabývajících se dlouhodobým efektem léčby malých renálních nádorů pomocí MWA je menší než u RFA nebo kryoablace. Dostupné



Obr. 3. Komplikace léčby, CT vyšetření; (A) perirenální hematom, (B) subkapsulární hematom, zobrazeno v koronární rovině, (C) nonablace na první kontrole po léčbě, ložisko je stejné velikosti a mírně se sytí, (D) stejný pacient, dva měsíce po léčbě došlo ke zvětšení ložiska (archiv autorského pracoviště)

Fig. 3. Treatment complications, CT; (A) perirenal hematoma, (B) subcapsular hematoma in coronal view, (C) non-ablation visible at first follow-up, lesion is the same size, with slight contrast enhancement, (D) same patient, second follow-up, two months after treatment, lesion was enlarged (archive of the authors' institution)

údaje ale ukazují, že onkologické výsledky MWA jsou podobné jako u laparoskopické resekce nebo jiných ablačních technik. Recentní metaanalýza srovnávající metody termální ablace a zahrnující 2 200 pacientů uvádí, že MWA má ve srovnání s CA a RFA menší počet lokálních recidiv a méně komplikací, jinak jsou onkologické výsledky podobné (22). Metaanalýza z roku 2013 srovnávající efekt MWA a CA zahrnující 51 studií a více než 4 000 pacientů prokázala dobrý výsledek ablace u MWA v 93 % a u CA v 91 %, přežití v rámci sledovaného časového úseku bylo u MWA 98 % a u CA 96 %. Lokální progresse byla dle této starší studie častější u MWA, a to ve 4 %, zatímco u CA jen v 2,8 % (23). Dá se říci, že diskrepance v počtu lokálních recidiv může souviset s vývojem MWA spojeným se zvyšováním kvality instrumentaria a většími zkušenostmi intervenčních radiologů, které vedou ke zlepšování jejích výsledků. Malá studie zabývající se efektem MWA u pacientů se solitární ledvinou nezaznamenala žádnou lokální

recidivu a přežití po výkonu bylo 100 % v první roce a 93,3 % ve druhém a třetím roce (24). Nizozemská multicentrická studie zahrnující 164 nemocných léčených MWA či RFA prokázala větší počet reziduí po léčbě MWA, ale menší počet lokálních recidiv. Počet komplikací výkonu byl v obou skupinách stejný (25). Metaanalýzy srovnávající MWA s laparoskopickou parciální nefrektomií prokázaly horší onkologické výsledky MWA ve smyslu kratšího času do recidivy a horšího celkového přežití, avšak kandidáti parciální nefrektomie jsou obvykle mladší, celkově zdravější pacienti, což částečně ovlivňuje uvedené výsledky (26, 27). Lze konstatovat, že míra komplikací i celkový komfort favorizují u vhodných pacientů termální ablaci (8, 28, 29, 30, 31).

ZÁVĚR

MWA je bezpečná a efektivní minimálně invazivní metoda vhodná pro perkutánní ablaci malých

nádorů ledvin, není-li indikováno aktivní sledování či resekce ledviny. Nejlepších výsledků dosahuje u pacientů s ložisky velikosti do 3 cm. Onkologické výsledky jsou srovnatelné s resekcí a také ostatními termoablačními metodami (RFA, kryoablace). Oproti RFA, která je v České republice patrně nejčastěji užívanou metodou, je benefit MWA především

v krátkém čase ablace a lepší predikovatelnosti velikosti ablační zóny. Ve FN Plzeň provádíme ablaci renálních tumorů od roku 2011, v poslední době, od roku 2021 dáváme přednost místo dříve používané RFA právě MWA. Výsledky v našem souboru pacientů plánujeme zpracovat v samostatném sdělení s dlouhodobými výsledky.

LITERATURA

1. Dušek L, Mužík J, Kubásek M, et al. Epidemiologie zhoubných nádorů v České republice [internet]. Masarykova univerzita [2005]. [cit. 2023-6-12]. Available from: [www: http://www.svod.cz](http://www.svod.cz). Verze 7.0 [2007], ISSN 1802-8861.
2. Ljungberg B, Albiges L, Abu-Ghanem Y, et al. European Association of Urology Guidelines on Renal Cell Carcinoma: The 2022 Update. *Eur Urol.* 2022; 82: 399–410.
3. Campbell SC, Clark PE, Chang SS, et al. Renal Mass and Localized Renal Cancer: Evaluation, Management, and Follow Up – part I. *J Urol.* 2021; 206: 199.
4. Lee H, Lee JK, Kim K, et al. Risk of metastasis for T1a renal cell carcinoma. *World J Urol.* 2016; 34(4): 553–559.
5. European association of urology. [internet]. Available from: [www: https://uroweb.org/guidelines/renal-cell-carcinoma/chapter/diagnostic-evaluation](https://uroweb.org/guidelines/renal-cell-carcinoma/chapter/diagnostic-evaluation).
6. Yu J, Wang H, Cheng ZG, et al. Multicenter 10 -Year Oncologic Outcome of Ultrasound-Guided Percutaneous Microwave Ablation of Clinical T1 Renal Cell Carcinoma: Will It Stand the Test of Time? *Eur. Radiol.* 2022; 32: 89–100.
7. Dai Y, Covarrubias D, Uppot R, Arellano RS. Image-Guided Percutaneous Radiofrequency Ablation of Central Renal Cell Carcinoma: Assessment of Clinical Efficacy and Safety in 31 Tumors. *J Vasc. Interv.* 2017; 28(12): p1617–1758.
8. Schmit GD, Kurup AN, Weisbrod AJ, et al. Ablate: a renal ablation planning algorithm. *Am J Roentgenol.* 2014; 202: 894–903.
9. Campbell SC, Uzzo RG, Karam JA, et al. Renal Mass and Localized Renal Cancer: Evaluation, Management, and Follow-up: AUA Guideline: Part II. *J Urol.* 2021; 206–209.
10. Válek V, Válek V, Mechl M. Využití termoablačních metod v léčbě tumorů ledvin. *Urol. praxi.* 2022; 23(2): 80–84.
11. Heidenreich A, Ravery V. Preoperative imaging in renal cell cancer. *World J Urol.* 2004; 22(5): 307–315.
12. Leveridge M, Bostrom P, Koulouris G, et al. Imaging renal cell carcinoma with ultrasonography, CT and MRI. *Nat Rev Urol.* 2010; 7: 311–325.
13. Mírka H, Korčáková E, Kastner, et al. Diffusion-weighted Imaging Using 3.0 T MRI as a Possible Biomarker of Renal Tumors. In: *Anticancer Res.* 2015; 35(4): 2351–2357
14. Patel HD, Johnson MH, Pierorazio PM, et al. Diagnostic Accuracy and Risks of Biopsy in the Diagnosis of a Renal Mass Suspicious for Localized Renal Cell Carcinoma: Systematic Review of the Literature. *J Urol.* 2016; 195(5): 1340–1347.
15. Bertolotti L, Bazzocchi MV, Iemma E, et al. Radiofrequency ablation, cryoablation, and microwave ablation for the treatment of small renal masses: Efficacy and complication. *Diagnostics.* 2023; 13: 388.
16. Cornelis FH, Marcelin C, Bernhard JC. Microwave ablation of renal tumors: a narrative review of technical considerations and clinical results. *Diagn. interv. imaging.* 2017; 98: 287–297.
17. Kim CH. Understanding the nuances of microwave ablation for more accurate post-treatment assessment. *Future Oncol.* 2018; 14(17): 1755–1764.

18. Kurup AN. Percutaneous ablation for small renal masses-complications. *Semin Intervent. Radiol.* 2014; 31(1): 42–49.
19. Lee JSZ, Hall J, Sutherland T. Complications of renal interventions: a pictorial review of CT findings. *Insights Imaging.* 2021; 12(1): 102.
20. Dindo D, Demartines N, Clavien PA. Classification of Surgical Complications A New Proposal With Evaluation in a Cohort of 6336 Patients and Results of a Survey. *Ann Surg.* 2004; 240(2): 205–213.
21. European association of urology. [internet]. Available from: www.https://uroweb.org/guidelines/renal-cell-carcinoma/chapter/disease-management.
22. Castellana R, Natrella M, Fanelli G, et al. Efficacy and safety of MWA versus RFA and CA for renal tumors: a systematic review and meta-analysis of comparison studies. *Eur J Radiol.* 2023; 165: 110943
23. Martin J, Athreya S. Meta-analysis of cryoablation versus microwave ablation for small renal masses: is there a difference in outcome? *Diagn Interv Radiol.* 2013; 19(6): 501–7.
24. Meng H, Yang H, Jia H, et al. Efficacy and safety of CT-guided microwave ablation for stage T1a renal cell carcinoma in patients with a solitary kidney. *Int J Hyperthermia.* 2021; 38(1): 691–695.
25. Aarts BM, Gomez FM, Lopez-Yurda M, et al. Safety and efficacy of RFA versus MWA for T1a renal cell carcinoma: a propensity score analysis. *Eur. Radiol.* 2023; 33: 1040–1049.
26. Yu J, Zhang Y, Liu H, et al. Percutaneous microwave ablation versus laparoscopic partial nephrectomy for cT1a renal cell carcinoma. A propensity-matched cohort study of 1955 patient. *Radiology.* 2020; 294: 698–706.
27. Uhlig J, Strauss A, Rucker G, et al. Partial nephrectomy versus ablative techniques for small renal masses: a systematic review and network meta-analysis. *Eur. Radiol.* 2019; 29:1293–1307.
28. Pierorazio PM, Johnson MH, Patel HD, et al. Management of Renal Masses and Localized Renal Cancer. *J Urol.* 2016; 196(4): 989–999.
29. Abboud SE, Patel T, Soriano S, et al. Long-Term Clinical Outcomes Following Radiofrequency and Microwave Ablation of Renal Cell Carcinoma at a Single VA Medical Center. *Curr Probl Diagn Radiol.* 2018; 47(2): 98–102.
30. Thompson S, Schmitz JJ, Houston Thompson R, et al. Introduction of Microwave Ablation Into a Renal Ablation Practice: Valuable Lessons Learned. *Am. J Roentgenol.* 2018; 211: 1381–1389.
31. Válek V, Rohan T, Andrašina T, et al. Srovnání celkového přežití u pacientů po resekci a perkutánní ablaci pro tumor ledviny. *Ces. Radiol.* 2022; 76(1): 32–37.