

©Borgis

*Krzysztof Pyra, Łukasz Światłowski, Tomasz Roman, Jan Sobstyl, Klaudia Karska, Maryla Kuczyńska, Małgorzata Szczerbo-Trojanowska

Ablacja guzów wątroby, płuc, nerek i kości falami elektromagnetycznymi o spektrum mikrofal (MWA) i o częstotliwości radiowej (RFA)

Ablation of liver, lungs, kidneys and bones with the use of microwave (MWA) and radiofrequency (RFA) ablation

Zakład Radiologii Zabiegowej i Neuroradiologii, Uniwersytet Medyczny w Lublinie
Kierownik Zakładu: prof. dr hab. med. Małgorzata Szczerbo-Trojanowska

Słowa kluczowe

ablacja, MWA, FRA, ablacja mikrofalami, ablacja falami radiowymi

Keywords

ablation, MWA, FRA, microwave ablation, radio frequency ablation

Konflikt interesów

Conflict of interest

Brak konfliktu interesów
None

Adres/address:

*Krzysztof Pyra
Zakład Radiologii Zabiegowej
i Neuroradiologii
Uniwersytet Medyczny w Lublinie
ul. K. Jaczewskiego 8, 20-954 Lublin
tel. + 48 691-507-825
k.pyra@poczta.fm

Streszczenie

Ablacja jest to metoda bezpośredniej aplikacji związków chemicznych lub wysokiej temperatury w obręb leczonej zmiany w celu całkowitego wyeliminowania guza lub jego znacznego zniszczenia. Zastosowanie znajduje wiele odmian ablacji: krioablacja, ablacja etanolem, laserem, falami elektromagnetycznymi o częstotliwości radiowej (ang. *radiofrequency ablation* – RFA) i najnowsze osiągnięcie: ablacja falami o spektrum mikrofal (ang. *Micro Wave Ablation* – MWA). Ablacja RFA stała się w pełni akceptowalną metodą leczenia guzów wątroby. Ponadto opisywane są pierwsze doświadczenia w leczeniu guzów płuc, nerek i kości. RFA opiera się na przewodnictwie elektrycznym tkanek w systemie „jedno-” i „dwubiegunowym”. W ablacji mikrofalowej temperatura jest wynikiem zdolności poruszania się molekuł w substancji – energiczny ruch cząsteczek wody podnosi temperaturę. Tworzące się tarcie i ciepło indukuje śmierć komórek. Tradycyjne zastosowania RFA do leczenia guzów nerek i wątroby będą również odpowiednie dla MWA. Z kolei wskazania do stosowania MWA mogą wykraczać poza możliwości terapeutyczne metody ablacji falami radiowymi. Ablacja RF stała się uznaną metodą leczenia guzów wątroby. W ostatnim czasie znacznie wzrosło wykorzystanie metody ablacji w leczeniu guzów płuc. Kiedy możliwości chirurgiczne zostaną wyczerpane, percutaneous ablation w wielu przypadkach staje się metodą z wyboru. Opublikowane dotychczas badania potwierdzają skuteczność MWA i RFA. Natomiast wyniki dotyczące porównania przeżycia, wznowy i miejscowych powikłań obu metod są nadal kontrowersyjne. RFA jest najbardziej zbadaną metodą o potwierdzonej skuteczności, ale wprowadzenie MWA, w świetle ostatnich badań, stało się realną alternatywą dla termoablacji.

Summary

Ablation is a method of direct application of chemical agents or temperature into the lesion in order to completely eradicate the tumor, or a substantial destruction. There are many varieties of ablation: cryoablation, ethanol ablation, laser, electromagnetic waves of radiofrequency (RFA) and the latest achievement microwave ablation (Micro Wave Ablation). Ablation RFA became fully acceptable method of treatment of liver tumors. In addition, the first experiment in the treatment of lung tumors, kidney and bone is described. RFA based on the electrical conductivity of the tissue. There is „single” and „bipolar” system. In microwave ablation temperature is the result of the mobility of molecules in the substance – brisk movement of the water molecules increase temperature, creating friction and heat which induce cell death. Traditional use of RFA in the treatment of tumors, kidney and liver are also suitable for MWA. On the other hand, the indication MWA may go beyond the possibilities of therapeutic methods of radio frequency ablation. RF ablation has become an accepted method of treatment of liver tumors. Recently, significantly increased the use of methods of ablation in the treatment of lung tumors. When the surgical possibilities have been exhausted, percutaneous ablation in many cases become the method of choice. Previously published studies confirm the efficacy of MWA and RFA. In contrast, the results for comparison of survival, local recurrence and complications of both methods are still controversial. RFA is the most researched method of proven effectiveness, but the introduction of MWA, in light of recent research, it has become a real alternative to radiofrequency ablation.

Ablacja guzów definiowana jest jako metoda bezpośredniej aplikacji związków chemicznych lub wysokiej temperatury w obręb leczonej zmiany w celu całkowitego wyeliminowania guza lub jego znacznego zniszczenia. Zasady ablacji nowotworów znane są od ponad 100 lat (1). Zalety zabiegów ablacji pod kontrolą metod obrazowania w porównaniu z tradycyjnymi metodami leczenia obejmują: mniejszą zachowalność i śmiertelność, niższe koszty, możliwość obrazowania w czasie rzeczywistym i wykonywania zabiegów w warunkach ambulatoryjnych, jak również brak przeciwwskazań do łączenia z innymi metodami leczenia i powtarzalność (2, 3). Zastosowanie znajduje wiele odmian ablacji: krioabłacja, abłacja etanolem, laserem, falami elektromagnetycznymi o częstotliwości radiowej (ang. *radiofrequency ablation* – RFA) i najnowsze osiągnięcie: abłacja falami o spektrum mikrofal (ang. *Micro Wave Ablation* – MWA). Ablacja RFA stała się w pełni akceptowalną metodą leczenia guzów wątroby. Ponadto opisywane są pierwsze doświadczenia w leczeniu guzów płuc, nerek i kości.

Energia o częstotliwości radiowej jest najpowszechniejszym źródłem ciepła dla potrzeb termoablacji. Niestety ma swoje ograniczenia w szczególności w obrębie nerek, płuc czy kości. Wydaje się, że abłacja przy użyciu mikrofal jest w stanie przezwyciężyć techniczne ograniczenia RFA, chociaż nie należy zapominać o jej własnych słabościach. W metodzie tej zastosowanie mają fale częstotliwości co najmniej 900 MHz (4-6). MWA oferuje wiele korzyści ablacji RF, jak również posiada własne zalety, które przekładają się na wyższą skuteczność, jak: stała, wyższa temperatura w obrębie guza, większa strefa i krótszy czas ablacji, możliwość korzystania z wielu igieł na raz, ulepszony profil konwekcyjny, optymalne podgrzewanie zmian o charakterze torbielowatym, mniejszy ból śródzabiegowy (7-10). Ponadto MWA nie wymaga użycia płytek uziemiających.

ABLACJA FALAMI O CZĘSTOTLIWOŚCI RADIOWEJ (RFA)

RFA opiera się na przewodnictwie elektrycznym tkanek – w trakcie zabiegu w ciele chorego tworzy się pętla elektryczna. Fale radiowe są w stanie przeniknąć przez tkankę ze względu na obecność dużej ilości jonowego płynu, jakkolwiek tkanka nie jest idealnym przewodnikiem, stąd powstające ciepło z oporu. Bezpośrednia abłacja tkanek ma miejsce jedynie kilka mm wokół końca elektrody. Większość docelowej strefy ablacji jest wynikiem przewodnictwa cieplnego tkanek. RFA można wykonywać z użyciem systemów „jedno-” i „dwubiegunowych”. W systemie monopolarnym używana jest pojedyncza elektroda (lub kilka) w celu dostarczenia ciepła do guza, obwód zamyka z kolei przyklejona do ciała chorego płytka. W systemie bipolarnym przepływ generowany jest bezpośrednio między wprowadzonymi elektrodami. Jego zalety to: bardziej skupione i efektywne podgrzewanie przestrzeni między elektrodami, zmniejszona zależność przewodności łąki, brak płytek. Do wad metody należy zaliczyć potrzebę

wprowadzenia dodatkowej elektrody. Z drugiej strony system jednobiegunowy daje szansę uzyskania szerszego obszaru ablacji przy jednoczesnej mniejszej inwazyjności (jedna elektroda). Dostępność metody jest również większa. Względne znaczenie tych zalet i wad jest różne dla poszczególnych narządów (11).

ABLACJA FALAMI ELEKTROMAGNETYCZNYMI O SPEKTRUM MIKROFAL (MWA)

Promieniowanie mikrofalowe odnosi się do widma elektromagnetycznego w zakresie częstotliwości od 900 do 2450 MHz. Ten typ promieniowania znajduje się między promieniowaniem podczerwonym a falami radiowymi. Ładunki elektryczne w cząsteczce wody nie są symetryczne, wodór ma ładunek dodatni, a tlen ujemny. Z kolei promieniowanie elektromagnetyczne ma ładunek, który oscyluje na granicy dodatniego i ujemnego prawie 2 biliony razy na sekundę ($9,2 \times 10^8$ Hz). Kiedy oscylujący ładunek elektryczny promieniowania wchodzi w interakcje z cząsteczką wody, powoduje to jej odwrócenie. Promieniowanie mikrofalowe jest specjalnie dostosowane do naturalnej częstotliwości drgań cząsteczek wody w celu maksymalizacji interakcji. W wyniku uderzenia promieniowania w cząsteczkę, ładunek elektryczny cząsteczki wody zwraca się w tę i z powrotem 2-5 biliona razy na sekundę – w zależności od częstotliwości mikrofal. Temperatura jest wynikiem zdolności poruszania się molekuł w substancji – energiczny ruch cząsteczek wody podnosi temperaturę. Tworzące się tarcie i ciepło indukuje śmierć komórek.

Tradycyjne zastosowania RFA do leczenia guzów nerek i wątroby będą również odpowiednie dla MWA. Z kolei wskazania do stosowania MWA mogą wykroczyć poza możliwości terapeutyczne metody ablacji falami radiowymi. RFA przykładowo jest mniej skuteczna w leczeniu guzów płuc w porównaniu do narządów litych. Wiąże się to z wyjątkowo niskim przewodnictwem prawidłowej tkanki płucnej, co ogranicza możliwość uzyskania odpowiednich granic ablacji. Stąd szansa na częstsze wznowy w granicach guza. Rozchodzenie się mikrofal w upowietrznionym mięszu jest dużo lepsze, chociażby dlatego że metoda wykazuje w tym przypadku wyższą skuteczność. Podobnie MWA zachowuje się w przypadku leczenia guzów kości, chociaż dostępna literatura wskazuje, iż to krioabłacja może być w przyszłości metodą z wyboru. Kolejnym wyzwaniem dla RFA są zmiany o torbielowatej budowie. Wyższe termiczne i elektryczne przewodnictwo płynnej zawartości umożliwi „przepłynięcie” energii przez zmianę bez efektywnej ablacji. Podgrzewanie mikrofalami ze względu na możliwość dużo szybszego wygenerowania temperatury, co pozwala na przezwycięzenie efektu chłodzenia, może być o wiele bardziej efektywne. Podobna sytuacja jest w przypadku guzów zlokalizowanych w bliskim sąsiedztwie naczyń. W takich sytuacjach RFA jest mało skuteczna, ponieważ ciepło jest oddawane szybciej niż generowane. To sprawia, że MWA jest dobrym wyborem w przypadku guzów położonych w pobliżu dużych naczyń (12).

Rak wątrobowokomórkowy (HCC) i przerzuty raka jelita grubego do wątroby to dwa najczęściej występujące nowotwory złośliwe wątroby. Nielezione powodują niemal 100% śmiertelność w ciągu pięciu lat od momentu rozpoznania choroby. Szacuje się, że w Polsce istnieje od 1500 do 6000 nowych rozpoznanych HCC rocznie. Przerzuty do wątroby występują 30 razy częściej niż zmiany pierwotne. Na świecie co roku rozpoznawanych jest ok. 200 000 nowych zachorowań na raka jelita grubego z przerzutami w wątrobie. Chorzy z takimi przerzutami mają złe rokowania: roczne i 3-letnie przeżycia rzędu 31 i 2,6%.

Obecnie najlepszym dostępnym sposobem leczenia jest resekcja guzów w postaci częściowego wycięcia wątroby. Jej przeprowadzenie ogranicza jednak wystąpienie jednego z wielu niekorzystnych czynników, do których zalicza się: zbyt liczne zmiany ogniskowe obejmujące oba płaty wątroby, zmiany położone w rejonach uniemożliwiających przeprowadzenie resekcji, np. w pobliżu dużych naczyń, towarzyszącą guzowi niewydolność wątroby (będącą przeciwwskazaniem do resekcji) lub ogólny stan chorego wykluczający przeprowadzenie zabiegu. W związku z tym odsetek chorych na HCC i pacjentów z guzami przerzutowymi do wątroby kwalifikujących się do resekcji chirurgicznej waha się w granicach 5-15%.

Ablacja RF stała się uznaną metodą leczenia guzów wątroby, szczególnie zmian poniżej 3,0 cm średnicy. W wielu miejscach metoda ta jest rozważana jako leczenie z wyboru dla małych HCC i przerzutów raka jelita grubego do wątroby (13, 14). Przewagą MWA w leczeniu guzów wątroby jest możliwość ablacji tkanki blisko, a nawet wokół naczyń, jak również większy zasięg ablacji i krótszy czas zabiegu (15).

W raporcie z 2016 roku stworzonym na podstawie sześciu badań z łączną ilością 384 chorych z HCC leczonych MWA czytamy o wysokiej skuteczności metody i wielu korzyściach z niej płynących, jak: mniejszy ból śródzabiegowy, krótszy czas zabiegu, mniejszy efekt ochłodzenia. MWA może być cenną alternatywą dla leczenia chirurgicznego w sytuacjach, gdy guz zlokalizowany jest blisko naczyń (> 3 mm) czy pęcherzyka żółciowego. Porównanie skuteczności MWA vs leczenie chirurgiczne wymaga jeszcze randomizowanych badań (16).

W ostatnim czasie znacznie wzrosło wykorzystanie metody ablacji w leczeniu guzów płuc. Skuteczność RFA ma jednak swoje ograniczenia. Badania wykazały, że MWA może aktywnie podgrzać większe objętości tkanki płucnej niż RFA (17, 18). Kolejną zaletą mikrofal jest wyższy gradient temperatur, który może zapewnić lepsze pasywne podgrzewanie brzegów guza. Maksymalna temperatura podczas ablacji RF sięga maksymalnie do 100°C, temperatura podczas MWA osiąga wartość 150°C. Jednym z najbardziej aktualnych doniesień na temat leczenia guzów płuc MWA jest praca dr Zheng i wsp., w której retrospektywnej analizie lokalnej skuteczności i przeżywalności poddana została grupa 183 chorych z 203 zmianami w płucach.

Autorzy podkreślają wysoką skuteczność tej metody w szczególności w przypadkach małych, litych zmian w niskim stadium zaawansowania. Przypadki dużych guzów wiązały się z wyższym odsetkiem niekompletnych ablacji – 14,2% (26/183) i lokalną wznową – 9,1% (35/183) (19).

Wysokie wskaźniki perfuzji w nerkach są pewnym ograniczeniem dla metod ablacji. Stały przepływ krwi i moczu odbiera duże dawki wytwarzanego ciepła, co może prowadzić do niepełnej ablacji. RF stosowana jest w przypadkach małych, obwodowo położonych guzów jasnokomórkowych nerek (RCC). Badania wykazały brak wysokiej skuteczności wobec zmian dużych lub zlokalizowanych centralnie. W tych przypadkach lepsze wyniki może dawać MWA. Doniesienia wskazują na jej wyższą skuteczność dzięki możliwości ablacji większego obszaru (20, 21).

Niski przepływ prądu i przewodnictwo cieplne w kościach są czynnikami ograniczającymi dla metody ablacji RF. Niemniej jednak, wiele ośrodków korzysta z tej opcji podczas leczenia kostniaków kostninowych i paliatywnego łagodzenia bolesnych przerzutów do kości (22-24). Basile i wsp. w 2014 roku na niewielkiej grupie chorych udowodnili wysoką skuteczność leczenia kostniaków kostninowych metodą MVA (25). W tym samym roku Isfort i wsp. porównywali skuteczność leczenia kostniaków trzema metodami: RFA, MVA i termoablacją magnetyczną w modelu eksperymentalnym (EMA). Z wniosków wynika, że EMA jest skuteczną i bezpieczną metodą, mniej inwazyjną niż RFA i MVA i teoretycznie pozwala na powtórne zabiegi bez potrzeby kolejnych nakłuć (26).

Kiedy możliwości chirurgiczne zostaną wyczerpane, przezskórna ablacja w wielu przypadkach staje się metodą z wyboru. Jedną z jej wielu zalet jest możliwość wprowadzenia w minimalnie inwazyjny sposób precyzyjnie określoną dawkę energii w określoną lokalizację (27). Wśród wielu metod ablacji RFA jest najczęściej używaną, o najlepiej udokumentowanej skuteczności.

Zmiany trudne do leczenia są to guzy zlokalizowane w bliskim sąsiedztwie istotnych organów, jak: jelita, pęcherzyk żółciowy, przepona (28, 29).

Próbowano wielu nietypowych rozwiązań: łączenia RFA z podawaniem etanolu, używania maksymalnych dawek > 120 W – niekoniecznie z dobrymi wynikami. Pewien czas temu pojawiła się alternatywa w postaci MWA – metody, która ma na celu przewyższyć ograniczenia RFA. Metody różnią się mechanizmem działania. RFA używa prądu, podczas gdy MWA wykorzystuje energię elektromagnetyczną. Brak potrzeby wykorzystania płytek elektromagnetycznych znosi ograniczenia u chorych z wszczepionymi metalicznymi obiektami typu rozrusznik (30). Pole elektromagnetyczne w MWA generuje szybkie i homogenne podgrzanie tkanki, a w konsekwencji martwicę z koagulacji, podczas gdy polaryzacja powoduje zamianę energii kinetycznej w ciepło. Wynikiem tego podwójnego mechanizmu jest wytworzenie bardziej homogennej i łagodniejszej do przewidzenia strefy ablacji.

Opublikowane dotychczas badania potwierdzają skuteczność MWA i RFA. Natomiast wyniki dotyczące porównania przeżycia, wznowy i miejscowych powikłań obu metod są nadal kontrowersyjne. RFA jest

najbardziej zbadaną metodą o potwierdzonej skuteczności, ale wprowadzenie MWA, w świetle ostatnich badań, stało się realną alternatywą dla termoaablacji (31, 32).

PIŚMIENNICTWO

- Halsted WS: The results of operations for the cure of cancer of the breast performed at the Johns Hopkins Hospital from June 1889 to January 1894. *Johns Hopkins Hospital Reports* 1894-1895; 4: 297-350.
- Goldberg SN, Gazelle GS, Mueller PR: Thermal ablation therapy for focal malignancy: a unified approach to underlying principles, techniques, and diagnostic imaging guidance. *AJR Am J Roentgenol* 2000 Feb; 174(2): 323-331.
- Dupuy DE, Goldberg SN: Image-guided radiofrequency tumor ablation: challenges and opportunities – part 2. *J Vasc Interv Radiol* 2001 Sep; 12(9): 1021-1032.
- Shibata T, Iimuro Y, Yamamoto Y et al.: Small hepatocellular carcinoma: comparison of radio-frequency ablation and percutaneous microwave coagulation therapy. *Radiology* 2002; 223: 331-337.
- Seki T, Tamai T, Nakagawa T et al.: Combined therapy with transcatheter arterial chemoembolization and percutaneous microwave coagulation for small hepatocellular carcinoma. *Cancer* 2000; 89: 1245-1251.
- Lu MD, Chen JW, Xie XY et al.: Hepatocellular carcinoma: US-guided percutaneous microwave coagulation therapy. *Radiology* 2001; 221: 167-172.
- Skinner MG, Iizuka MN, Kolios MC, Sherar MD: A theoretical comparison of energy sources – microwave, ultrasound and laser – for interstitial thermal therapy. *Phys Med Biol* 1998; 43: 3535-3547.
- Stauffer PR, Rossetto F, Prakash M et al.: Phantom and animal tissues for modelling the electrical properties of human liver. *Int J Hyperthermia* 2003 Jan-Feb; 19(1): 89-101.
- Wright AS, Lee FT Jr, Mahvi DM: Hepatic microwave ablation with multiple antennae results in synergistically larger zones of coagulation necrosis. *Ann Surg Oncol* 2003; 10: 275-283.
- Shock SA, Meredith K, Warner TF et al.: Microwave ablation with loop antenna: *in vivo* porcine liver model. *Radiology* 2004; 231: 143-149.
- Brace CL: Radiofrequency and microwave ablation of the liver, lung, kidney and bone: What are the differences. *Curr Probl Diagn Radiol* 2009; 38(3): 135-143.
- Yu N, Raman S, Kim Y: "Heat-Sink Effect" of Hepatic Veins on Microwave Coagulation: A Porcine Pilot Study. *Radiological Society of North America Annual Meeting, Chicago, IL* 2004.
- Lencioni R, Cioni D, Crocetti L et al.: Early-stage hepatocellular carcinoma in patients with cirrhosis: long-term results of percutaneous image-guided radiofrequency ablation. *Radiology* 2005; 234: 961-967.
- Solbiati L, Tiziana I, Michela B, Luca C: Radiofrequency ablation of liver metastases of colorectal origin with intention to treat: local response rate and long-term survival over 7-year follow-up. *Radiological Society of North America Annual Meeting, Chicago, IL* 2006.
- Brace CL, Laeseke PF, Sampson LA et al.: Microwave ablation with multiple simultaneously powered small-gauge triaxial antennas: results from an *in vivo* swine liver model. *Radiology* 2007; 244: 151-156.
- Lucchina N, Tsetis D, Ierardi AM et al.: Current role of microwave ablation in the treatment of small hepatocellular carcinomas. *Ann Gastroenterol* 2016 Oct-Dec; 29(4): 460-465.
- Furukawa K, Miura T, Kato Y et al.: Microwave coagulation therapy in canine peripheral lung tissue. *J Surg Res* 2005; 123: 245-250.
- Durick NA, Laeseke PF, Broderick LS et al.: Microwave ablation with triaxial antennas tuned for lung: results in an *in vivo* porcine model. *Radiology* 2008; 247: 80-87.
- Zheng A, Ye X, Yang X et al.: Local Efficacy and Survival after Microwave Ablation of Lung Tumors: A Retrospective Study in 183 Patients. *J Vasc Interv Radiol* 2016 Dec; 27(12): 1806-1814.
- Kigure T, Harada T, Yuri Y et al.: Experimental study of microwave coagulation of a VX-2 carcinoma implanted in rabbit kidney. *Int J Urol* 1994; 1: 23-27.
- Laeseke P, Sampson L, Frey T et al.: Thermal ablation in kidneys: microwave ablation with a triaxial antenna results in larger zones of coagulation than rf. *Radiological Society of North America Annual Meeting, Chicago, IL* 2006.
- Davis KW, Choi JJ, Blankenbaker DG: Radiofrequency ablation in the musculoskeletal system. *Semin Roentgenol* 2004; 39: 129-144.
- Callstrom MR, Charboneau JW: Percutaneous ablation: safe, effective treatment of bone tumors. *Oncology (Williston Park)* 2005 Oct; 19(11 suppl. 4): 22-26.
- Cantwell CP, O'Byrne J, Eustace S: Radiofrequency ablation of osteoid osteoma with cooled probes and impedance-control energy delivery. *AJR Am J Roentgenol* 2006; 186: S244-S248.
- Basile A, Failla G, Reforgiato A et al.: The use of microwaves ablation in the treatment of epiphyseal osteoid osteomas. *Cardiovasc Intervent Radiol* 2014 Jun; 37(3): 737-742.
- Isfort P, Whitte H, Slanu I et al.: Efficacy of magnetic thermoablation using SPIO in the treatment of osteoid osteoma in a bovine model compared to radiofrequency and microwave ablation. *Cardiovasc Intervent Radiol* 2014 Aug; 37(4): 1053-1061.
- Vogl TJ, Farshid P, Naguib NN et al.: Ablation therapy of hepatocellular carcinoma: a comparative study between radiofrequency and microwave ablation. *Abdom Imaging* 2015; 40: 1829-1837.
- Lin SM: Local Ablation for Hepatocellular Carcinoma in Taiwan. *Liver Cancer* 2013; 2: 73-83.
- Lu DS, Raman SS, Vodopich DJ et al.: Effect of vessel size on creation of hepatic radiofrequency lesions in pigs: assessment of the 'heat sink' effect. *AJR* 2002; 178: 47-51.
- Lubner MG, Brace CL, Hinshaw JL et al.: Microwave tumor ablation: mechanism of action, clinical results, and devices. *J Vasc Interv Radiol* 2010; 21: S192-S203.
- Tomesi P, Di Vece F, Sartori S: Resection vs thermal ablation of small hepatocellular carcinoma: what's the first choice? *World J Radiol* 2013; 5: 1-4.
- Poulou LS, Botsa E, Thanou I et al.: Percutaneous microwave ablation vs radiofrequency ablation in the treatment on hepatocellular carcinoma. *World J Hepatol* 2015; 7: 1054-1063.

otrzymano/received: 02.03.2017
zaakceptowano/accepted: 24.03.2017