

JERZY H. KARWACKI¹, IRENEUSZ NAWROT², ADAM SKALSKI¹, BOGDAN WOŹNIEWICZ³

Radiofrequency Thermal Ablation – Application in Clinical Practice

Termoablacja prądem wysokiej częstotliwości – zastosowanie kliniczne

¹ II Katedra i Klinika Chirurgii Ogólnej i Chirurgii Onkologicznej AM we Wrocławiu

² Katedra i Klinika Chirurgii Ogólnej, Naczyniowej i Transplantacyjnej AM w Warszawie

³ Zakład Patologii Centrum Zdrowia Dziecka w Warszawie

Streszczenie

Termoablacja jest jednym z nowych zastosowań prądu zmiennego wysokiej częstotliwości w medycynie. Od 1990 r. jest na świecie wykorzystywana do niszczenia nieoperacyjnych guzów wątroby, a ostatnio znajduje coraz szersze nowe zastosowania kliniczne. Autorzy przedstawiają tę nowoczesną, małoinwazyjną metodę niszczenia ognisk patologicznych tkanek na tle innych dostępnych metod. Wyjaśniają ogólne podstawy działania radiotermoablacji z uwzględnieniem różnych odmian technicznych oraz omawiają zalety i ograniczenia z punktu widzenia klinicysty. Przedstawiają też możliwości nowoczesnych zastosowań tej metody zabiegowej w odniesieniu do innych narządów (*Adv Clin Exp Med 2006, 15, 1, 153–156*).

Słowa kluczowe: termoablacja, radiotermoablacja, RITA, guzy wątroby.

Abstract

Radiofrequency thermal ablation is one of new applications of high frequency alternate current in medicine. Since 1990 it has been used to destroy inoperable liver tumors and it has been gaining still new clinical applications. The authors present a holistic view of this modern, minimally invasive method of destroying foci of pathological tissue, set among other available methods. They explain in short the basic principles of radiofrequency ablation, taking into account its different technical varieties and discuss its advantages and limitations from the clinician's point of view. They also present the possibilities of new applications of this interventional method to other organs (*Adv Clin Exp Med 2006, 15, 1, 153–156*).

Key words: radiofrequency ablation, radiofrequency thermal ablation, radiofrequency interstitial tissue ablation, RITA, thermoablation, liver tumors.

Termoablacja to jedno z nowych zastosowań prądu zmiennego wysokiej częstotliwości do niszczenia tkanek. Prąd zmienny o częstotliwości 300–500 kHz, zwykle około 460 kHz (odpowiadającej częstotliwości fal radiowych), który przepływa przez tkanki w bezpośrednim sąsiedztwie niez izolowanej, ostro zakończonej elektrody, wywołuje gwałtowny ruch jonów, wytwarzający znaczne ilości energii cieplnej. Podgrzanie żywej tkanki już do temperatury 45–50°C powoduje jej odwodnienie i zagęszczenie, denaturację białek wewnątrzkomórkowych oraz destrukcję błon komórkowych w wyniku roztopiania warstw lipidowych. Natężenie prądu maleje wprost proporcjonalnie do kwa-

dratu odległości od końcówki elektrody i jest największe w jej pobliżu, wytwarzając najwyższą temperaturę, która powoduje zwęglenie węglowodanów zawartych w tkankach [1–4].

Zjawisko to było od dawna znane i wykorzystywane, m.in. w postaci noża elektrycznego (diatermii) [2]. Do ablacji zmian ogniskowych w tkankach zostało wcześniej wykorzystane w neurochirurgii oraz w kardiologii (w leczeniu zaburzeń układu bodźcoprzewodzącego serca) [5–8]. Obecnie wraz z rozwojem technicznym aparatury do termoablacji metoda znalazła zastosowanie w chirurgii małoinwazyjnej, gdy w 1990 r. McGahan et al. oraz Rossi et al. wykorzystali tę

nowoczesną metodę do zniszczenia guzów wątroby [1, 9].

We współczesnym piśmiennictwie można spotkać kilka odmian nazewnictwa opisywanej metody. Najczęściej jest stosowana nazwa *radiofrequency ablation* (RFA) lub *radiofrequency thermal ablation* (RFTA), *radiofrequency interstitial tissue ablation* (RITA). Nazwa ta odwołuje się do stosowanych częstotliwości, odpowiadających częstotliwościom fal radiowych. Rzadziej są używane określenia *thermoablation* i *thermal ablation*. W Polsce najczęściej są stosowane takie nazwy, jak: termoablacja, termoablacja prądem wysokiej częstotliwości, radiotermoablacja, które podkreślają termiczny charakter metody.

Oprócz termoablacji prądem wysokiej częstotliwości istnieją również inne metody ablacji termicznej guzów wątroby: krioablacja, ablacja mikrofalowa, ablacja laserowa i ablacja ultradźwiękowa [10]. Od dawna są stosowane także metody chemiczne, zwłaszcza alkoholizacja guzów etanolem. Termoablacja prądem wysokiej częstotliwości jest dziś wśród nich najbardziej rozpowszechniona i zyskuje uznanie zarówno na świecie, jak i w Polsce. Termoablacja jest obecnie wykorzystywana nie tylko do niszczenia guzów nowotworowych wątroby (przerzutowych i pierwotnych), ale również w przypadku wybranych guzów nerek, płuc i kości, a także guzów nowotworowych głowy i szyi [11–18]. Podjęto również próby zastosowania jej w leczeniu nienowotworowych guzków tarczycy [19, 20].

Metoda polega na bardzo dokładnym wprowadzeniu, pod kontrolą USG, grubej igły zawierającej elektrodę do wnętrza guza i podłączenia generatora prądu zmiennego, nastawiając czas i moc w zależności od wielkości niszczonej zmiany, zgodnie z algorytmem podanym przez producenta aparatury [1–5]. Obszar optymalny do termoablacji ma średnicę do 3 cm; zmieniając stopniowo położenie elektrody można niszczyć również guzy o średnicy do 6 cm, a nawet większe [1–3, 5, 21]. Ognisko zniszczone tą metodą jest w obrazie USG silnie hiperechogenne, co według niektórych autorów jest prawdopodobnie związane z tworzeniem się drobnych pęcherzyków gazu, inni natomiast tłumaczą to zagęszczeniem i odwodnieniem tkanek [4]. Po zabiegu echogeniczność ta szybko maleje, powracając do początkowej po 15–180 minutach. W odróżnieniu od typowej martwicy z rozpadem tkanek, w badaniach histopatologicznych zmian poddanych termoablacji można stwierdzić obraz „termicznego utrwalenia” tkanek z zachowaniem ich struktury [22]. Zniszczone tkanki stają się twarde i kruche, występuje śladowy odczyn gojenia przez ziarninowanie. Na obwodzie ogniska dochodzi do wytworzenia się włóknistej toreb-

ki z naciekami olbrzymiokomórkowymi odpowiadającymi odczynowi na ciało obce [22]. Jak wykazano, szczególny charakter zmian zachodzących w poddanym termoablacji obszarze znajduje odzwierciedlenie w ewolucji ich obrazu w kontrolnych badaniach TK [14].

Zabieg można wykonać śródoperacyjnie – po otwarciu jamy brzusznej, laparoskopowo oraz przezskórnie; musi być wykonywany pod kontrolą USG; w niektórych ośrodkach stosuje się do tego celu TK lub MR, badanie USG jest jednak powszechnie uważane za najdogodniejszą metodę obrazowania zmian poddawanych ablacji [1, 4, 14]. Szczególnym zainteresowaniem cieszą się zabiegi przezskórne, gdyż nie wymagają znieczulenia ogólnego i operacji, chociaż mogą wymagać ingerencji anestezjologa w celu zniesienia bólu [2]. W niektórych ośrodkach są nawet wykonywane ambulatoryjnie.

Stosowane obecnie generatory prądu zmiennego wysokiej częstotliwości mogą wytworzyć wokół pojedynczej elektrody pole powodujące martwicę o średnicy najwyżej 16 mm [2]. Z tego względu na rynku są obecne różne rodzaje aparatury, wykorzystujące różne rozwiązania techniczne, które pozwalają na bezpieczne zwiększenie zasięgu jednorazowej ablacji tkanek [1, 3, 23, 24]. Są to: 1) elektroda złożona z kilku elektrod wysuwanych na kształt parasola z wnętrza igły wkluwanej do guza, co pozwala na rozdzielenie koagulowanego obszaru na wiele jednostkowych pól elektrycznych (RITA Medical System, 4 lub 8 końcówek; podobne rozwiązanie stosuje Radio-Therapeutics - LeVeen Needle Electrode – 10 końcówek), 2) elektroda wewnętrznie chłodzona przepływem wody o temperaturze zbliżonej do 0°C, co umożliwia przesunięcie strefy przegrzewanych tkanek na większą odległość od końcówki elektrody, a także zapobiega osadzaniu się nagaru zwęglonych tkanek na elektrodzie; rozwiązanie to wykorzystuje elektrody zespolone, złożone z trzech równoległych igieł (Radionics - Cool-tip RF Tissue Coagulation System), 3) zwiększenie przewodnictwa elektrycznego tkanek dzięki wstrzykiwaniu przez elektrodę hipertonicznego lub fizjologicznego roztworu NaCl (Berchtold, Radionics), 4) elektrody bipolarne (stosowane w aparatach firm Radionics i Berchtold), 5) pulsacyjne podawanie prądu zmiennego, stosowane w większości aparatów.

Metoda ma pewne ograniczenia. Do termoablacji przezskórnej są kwalifikowani chorzy z nieoperacyjnymi pierwotnymi guzami wątroby (najczęściej w przebiegu zaawansowanej marskości wątroby) oraz przerzutami do wątroby, które ze względu na położenie, liczbę przerzutów lub stan chorego nie nadają się do resekcji [1, 2, 5, 9, 11, 25]. W przypadku nerek wskazaniem może być

pojedynczy niewielki guz w mięszu jedynej nerki [14]. Metoda termoablacji znalazła też zastosowanie w bronchoskopowym leczeniu raka oskrzeli [12]. W ortopedii stwierdzono przewagę leczenia termoablacyjnego nad chirurgicznym w przypadku kostniaka kostninowego (*osteoid osteoma*) oraz w paliatywnym leczeniu bolesnych zmian nowotworowych kości [13].

Możliwe powikłania występują stosunkowo rzadko (4,4–12,7%) [1, 3, 5, 25]. Należą do nich: postępująca niewydolność wątroby (gdy zabieg jest wykonywany z powodu pierwotnego raka wątroby u chorych z zaawansowaną marskością wątroby), żółtaczką po zabiegu, oparzeniowe uszkodzenie przewodów wątrobowych z ich następowym zwężeniem, hemobilia, trombocytopenia, porażenna niedrożność jelit, zakrzepica żyły wrotnej [1, 2, 3, 26]. Podawana śmiertelność związana z zabiegiem jest bardzo mała i wynosi 0–0,5% [1, 2, 3, 5, 25].

Uważa się, że do radiotermoablacji kwalifikują się guzy o średnicy najwyżej 6 cm; wiąże się to nie tylko z ograniczeniami technicznymi strefy ablacji, ale również z wpływem rozległej martwicy tkanek w wątrobie na organizm chorego [1, 2, 3, 5, 21]. Opisywane są jednak przypadki pomyślnego

etapowego niszczenia znacznie większych zmian w wątrobie [2, 21]. Liczba guzów wątroby nie powinna przekraczać pięciu [1]. Ryzyko krwawienia jest niewielkie dzięki hemostatycznemu efektowi koagulacji tkanek. Niebezpieczeństwo powikłań wzrasta, gdy zmiany guzowate znajdują się nie w głębi mięszu wątroby, ale tuż pod torebką wątroby – zwłaszcza pod przeponą bądź w pobliżu jelit, w bliskości dużych żył lub przewodów żółciowych wątrobowych [1, 5].

Zalety przezskórnej termoablacji to przede wszystkim: możliwość jej wykonania bez zabiegu operacyjnego i znieczulenia ogólnego, nawet u chorych obarczonych dużym ryzykiem operacyjnym, możliwość przedłużenia życia chorym niekwalifikującym się do radykalnego leczenia operacyjnego, mała śmiertelność (0–0,5%), niewielka liczba powikłań, duża skuteczność w leczeniu zmian nieoperacyjnych, krótki pobyt w szpitalu, a nawet leczenie ambulatoryjne, a także stosunkowo mały koszt zabiegu [1, 2, 3, 5, 25]. Z tego względu termoablacja prądem wysokiej częstotliwości ma obecnie coraz szersze zastosowanie kliniczne.

Piśmiennictwo

- [1] **Rudzki S, Jamroż A:** Ablacja prądem wysokiej częstotliwości pierwotnych i przerzutowych guzów nowotworowych wątroby. *Pol Merk Lek* 2004, 16, 86–89.
- [2] **Zadrożny D, Studniarek M, Śledziński Z, Adamonis W, Olędzki M, Witzak-Malinowska K:** Zastosowanie termoablacji w leczeniu nieoperacyjnych zmian nowotworowych w wątrobie – wyniki wstępne. *Pol Przegl Chir* 2002, 74, 10, 858–868.
- [3] **Mutsaerts ELAR, Van Coevorden F, Krause R, Borel Rinkes IHM, Strobbe LJA, Prevoo W, Tollenaar RAEM, Van Gulik TM:** Initial experience with radiofrequency ablation for hepatic tumors in the Netherlands. *EJSO* 2003, 29, 731–734.
- [4] **Retkowski M, Studniarek D, Zadrożny D, Studniarek M:** Termoablacja wątroby wieprzowej – interpretacja zmian obrazu radiologicznego spowodowanych martwicą termiczną. *Pol J Radiol* 2002, 67, 23–27.
- [5] **Jiao LR, Hansen PD, Havlik R, Mitry RR, Pignatelli M, Habib N:** Clinical short-term results of radiofrequency ablation in primary and secondary liver tumors. *Am J Surg* 1999, 177, 303–306.
- [6] **Cushing H:** Electro-surgery as an aid to the removal of intracranial tumors. *Surg Gynecol Obstet* 1982, 47, 751–784.
- [7] **Fontaine G, Frank R, Tonet J, Rougier I, Farenq G, Grosgeat Y:** Treatment of rhythm disorders by endocardial fulguration. *Am J Cardiol* 1989, 64, 83J–86J.
- [8] **Kovoor P, Ricciardello M, Collins L, Uther JB, Ross DL:** Risk to patients from radiation associated with radiofrequency ablation for supraventricular tachycardia. *Circulation* 1998, 98, 1534–1540.
- [9] **McGahan JP, Browning PD, Brock JM, Tesluk H:** Hepatic ablation using radiofrequency electrocautery. *Invest Radiol* 1990, 25, 267–270.
- [10] **Rudzki S, Jamroż A:** Techniki ablacji termicznej pierwotnych i przerzutowych guzów nowotworowych wątroby. *Pol Merk Lek* 2004, 16, 82–85.
- [11] **Witzak-Malinowska K, Zadrożny D, Studniarek M, Szurawska E, Michalska Z, Stalke P, Sikorska K, Łakomy EA:** Preliminary assessment of utility of radiofrequency ablation technique in treatment of primary hepatocellular carcinoma (HCC) in patients with hepatic cirrhosis. *Med Sci Monit* 2003, 9, Suppl. 3, 68–72.
- [12] **Chhajed PN, Tamm M:** Radiofrequency heat ablation for lung tumors: potential applications. *Med Sci Monit* 2003, 9, ED5–7.
- [13] **Ahrar K:** The role and limitations of radiofrequency ablation in treatment of bone and soft tissue tumors. *Curr Oncol Rep* 2004, 6, 315–320.
- [14] **Matsumoto ED, Watumull L, Johnson DB, Ogan K, Taylor GD, Josephs S, Cadeddu JA:** The radiographic evolution of radio frequency ablated renal tumors. *J Urol* 2004, 172, 454–458.
- [15] **Owen RP, Silver CE, Ravikumar TS, Brook A, Bello J, Breining D:** Techniques for radiofrequency ablation of head and neck tumors. *Arch Otolaryngol Head Neck Surg* 2004, 130, 52–56.

- [16] Dupuy DE, Monchik JM, Decrea C, Pisharodi L: Radiofrequency ablation of regional recurrence from well-differentiated thyroid malignancy. *Surgery* 2001, 130, 971–977.
- [17] Friedman M, LoSavio P, Ibrahim H, Ramakrishnan V: Radiofrequency tonsil reduction: safety, morbidity, and efficacy. *Laryngoscope* 2003, 113, 882–887.
- [18] Pacella CM, Bizzarri G, Spiezia S: Thyroid tissue: US-guided percutaneous laser thermal ablation. *Radiology* 2004, 232, 272–280.
- [19] Nawrot I, Kluge P, Grzesiuk W, Jędrasik M, Otto M, Kyzioł-Otto G, Pietrasik K, Karwacki J, Frunze S, Jachimczak C, Zając S, Gałązka Z, Woźniewicz B, Tołłoczko T, Szmidt J: The argyrophilic nucleolar organizer regions (AgNOR) staining for assessment of potential malignancy in multiple intraoperative fine needle biopsy and histology of resected thyroid nodules. *Ann Diagn Paed Pathol* 2000, 4, 53–55.
- [20] Nawrot I, Grzesiuk W, Kluge P, Wojtaszek M, Kyzioł-Otto G, Otto M, Pietrasik K, Buczyńska-Chyl J, Karwacki J, Jędrasik M, Chudziński W, Pietrasik K, Dębińska-Szymańska T, Jaworski M, Bar-Andziak E, Tołłoczko T, Woźniewicz B, Szmidt J: Clinico-pathological aspects of radiofrequency ablation in the treatment of benign thyroid tumors. *Ann Diagn Paed Pathol* 2002, 6, 97–103.
- [21] Stippel DL, Brochhagen HG, Arenja M, Hunkemoller J, Holscher AH, Beckhurst KT: Variability of size and shape of necrosis induced by radiofrequency ablation in human livers: a volumetric evaluation. *Ann Surg Oncol* 2004, 11, 420–425.
- [22] Coad JE, Kosari K, Humar A, Sielaff TD: Radiofrequency ablation causes ‘thermal fixation’ of hepatocellular carcinoma: a post-liver transplant histopathologic study. *Clin Transplant* 2003, 17, 377–384.
- [23] Denys AL, De Baere T, Kuoch V, Dupas B, Chevallier P, Madoff DC, Schnyder P, Doenz F: Radio-frequency tissue ablation of the liver: *in vivo* and *ex vivo* experiments with four different systems. *Eur Radiol* 2003, 13, 2346–2352.
- [24] Lee JM, Han JK, Kim SH, Lee JY, Kim DJ, Lee MW, Cho GG, Han CJ, Choi BI: Saline-enhanced hepatic radiofrequency ablation using a perfused-cooled electrode: comparison of dual probe bipolar model with monopolar and single probe bipolar modes. *Korean J Radiol* 2004, 5, 121–127.
- [25] Curley SS, Marra P, Beaty K, Ellis LM, Vauthey JN, Abdalla EK, Scaife C, Raut C, Wolff R, Choi H, Loyer E, Vallone P, Fiore F, Scordino F, De Rosa V, Orlando R, Pignata S, Daniele B, Izzo F: Early and late complications after radiofrequency ablation of malignant liver tumors in 608 patients. *Ann Surg* 2004, 239, 450–458.
- [26] Ng KK, Lam CM, Poon RT, Shek TW, Fan ST, Wong J: Delayed portal vein thrombosis after experimental radiofrequency ablation near the main portal vein. *Br J Surg* 2004, 91, 632–639.

Adres do korespondencji:

Jerzy H. Karwacki
II Katedra i Klinika Chirurgii Ogólnej
i Chirurgii Onkologicznej AM
ul. Skłodowskiej-Curie 66
50-369 Wrocław

Praca wpłynęła do Redakcji: 31.05.2005 r.

Po recenzji: 17.06.2005 r.

Zaakceptowano do druku: 27.06.2005 r.

Received: 31.05.2005

Revised: 17.06.2005

Accepted: 27.06.2005