

# Perkutane Radiofrequenzablation bei Leber-, Nieren- und Lungentumoren

## Wann ist sie eine Alternative zur Chirurgie?

Lukas Hechelhammer, Roger Pfiffner, Borut Marincek, Thomas Pfammatter

Institut für Diagnostische Radiologie, Universitätsspital, Zürich

Die Zerstörung von Tumoren durch bildgebungsgesteuerte Radiofrequenzablation (RFA) ist ein noch junges Verfahren der interventionellen Radiologie zur minimalinvasiven Tumorthherapie. D'Arsonval beschrieb 1891 die Wärmeinduktion durch RF-Wellen in biologischen Geweben [1]. Seit den 1970er bzw. 1980er Jahren wird dieses Verfahren zur Zerstörung kleiner Gewebsvolumina wie z.B. des Ganglions Gasseri bei Trigemineuralgien oder akzessorischer kardialer Reizleitungsbündel verwendet. Seit Anfang der 1990er Jahre wurde die Technik der RF-Systeme derart verbessert, dass auch grössere Gewebevolumina mit einem Durchmesser von 4–5 cm ablatiert werden können.

### Funktionsprinzip

Eine nadelähnliche Elektrode wird, perkutan sonographisch, computer- oder magnetresonanztomographisch gesteuert, im Zentrum des Tumors platziert. Mit diesen Modalitäten wird auch während der Ablation die Ausdehnung der Nekrose monitoriert und ad hoc entschieden, ob zusätzliche Ablationen mit Umplatierung der Elektroden nötig sind. Durch die Gasbildung im ablatierten Gewebe und die inhärente Schallreflexion sind der Sonographie Grenzen gesetzt. In der CT gilt die fehlende Röntgenkontrastmittelaufnahme im Tumor und im periläsionellen Nekrosesaum als Erfolgsparameter. Das grösste Potential im perinterventionellen Monitoring einer Ablation hat die MRT aufgrund des exquisiten Weichteilkontrastes mit guter Korrelation von Signalveränderungen in T1- oder T2-gewichteten Sequenzen, in der Tumornekrose und der Möglichkeit der Darstellung der Temperaturverteilung im Gewebe. Der RF-Generator erzeugt einen sinusförmigen hochfrequenten Wechselstrom (375–460 kHz), der zwischen der Elektrode und den Neutralelektroden ein RF-Spannungsfeld aufbaut. Verglichen mit den grossflächigen Neutralelektroden ist die aktive Spitze der RF-Elektrode sehr klein, was zu einer erhöhten Spannungs- und Stromdichte in der unmittelbaren Nachbarschaft führt. Die durch dieses Feld erzeugte intrazelluläre Ionenbewegung führt zu Reibungswärme. Bei Temperaturen von 60–100 °C führt dies wegen irreversibler Proteindenaturierungen des an die RF-Elektrode angrenzenden Gewebes zu einer Koagulationsne-

krose. Eine Temperatur von über 100 °C führt zu einer Karbonisation, zu Gasbildung und einem starken Abfall der elektrischen Leitfähigkeit, was die Grösse des zu ablatierenden Volumens vermindert.

Aktuell sind auf dem Markt verschiedene RF-Systeme erhältlich, die mittels unterschiedlicher Techniken und Ablationsprotokollen ein für die entsprechende RF-Nadel maximales Ablationsvolumen zu erreichen suchen.

Die RFA wird je nach Grösse, Anzahl und Lokalisation der Läsion sowie Präferenz des Patienten entweder in Analgosedation, lokaler Anästhesie des Stichkanals oder in Allgemeinnarkose durchgeführt.

### RFA von Lebertumoren

Seit Mitte der 1990er Jahre wird die perkutane RFA zur Ablation sowohl von hepatozellulären Karzinomen als auch von Lebermetastasen angewendet [2, 3]. Aufgrund des Fehlens grosser multizentrisch randomisierter Studien sind die Indikationen von Zentrum zu Zentrum unterschiedlich. Tumore <3 cm und ohne Kontakt zu grossen Lebergefässen bieten die höchsten Chancen für eine vollständige Ablation [4].

### Hepatozelluläres Karzinom (HCC)

Partielle Hepatektomie oder Lebertransplantation sind die kurativen Therapieoptionen der Wahl bei Patienten mit HCC. Aufgrund der häufig vorhandenen Leberzirrhose, des fortgeschrittenen Tumorstadiums und des Mangels an Spenderorganen sind diese Optionen jedoch nur bei einem kleinen Teil der Patienten mit HCC anwendbar. Bei inoperablen Patienten mit maximal drei HCC-Knoten von einem Durchmesser bis zu 3 cm hat sich in den letzten Jahren die RFA, die der perkutanen Alkoholinjektion überlegen ist, als Therapie etabliert. In einer kürzlich publizierten randomisierten Studie bei Patienten mit solitärem HCC ≤5 cm und im Zirrhosestadium Child A hat die chirurgische Resektion keinen Überlebensvorteil nach zwei Jahren gegenüber der RFA gezeigt [5].

### Lebermetastasen

Die chirurgische Resektion von kolorektalen Lebermetastasen muss als Referenztechnik betrachtet werden. Leider sind jedoch nur rund 20–25% der Patienten mit Metastasen kurativ operierbar, sei es aufgrund des Kontaktes mit oder der Infiltration

von Lebergefässen, des Befalls beider Lappen oder weil nach vollständiger Resektion nur noch ein ungenügendes Lebervolumen vorhanden wäre. Aus diesen Gründen ergibt sich, dass eine Vielzahl von Patienten mit nichtoperablen Lebermetastasen von einer minimalinvasiven Therapieoption wie der RFA profitieren kann, auch wenn der Überlebensvorteil in einer prospektiv durchgeführten Studie gegenüber alleiniger Chemotherapie gering ist [6]. Akzeptierte Indikationen sind: maximal fünf Metastasen von bis zu 3,5 cm bzw. eine Metastase von bis zu 5 cm Durchmesser [7]. Extrahepatische Metastasen ohne Wachstumstendenz sind keine Kontraindikation.

#### RFA von Nierentumoren

Die Zunahme der abdominalen Schnittbildgebung in den letzten Jahren führte parallel zu einer Zunahme der detektierten asymptomatischen Nierenzellkarzinome. Diese Karzinome sind häufig <4 cm gross, auf die Niere beschränkt und korrelieren im


Gegensatz zu symptomatischen Karzinomen mit einem besseren Langzeitüberleben [8]. Diese Charakteristika führten zur Anwendung der perkutanen RFA bei Nierentumoren seit Ende der 1990er Jahre.

Akzeptierte Indikationen zur RFA eines Nierenzellkarzinoms sind Patienten mit Einzelniere, multiplen Komorbiditäten, Prädisposition für multiple Nierenzellkarzinome (z.B. Morbus Hippel-Lindau) oder mit Ablehnung einer Operation. Die Chance auf vollständige Tumorablation ist nahezu 100% bei Tumoren, deren Durchmesser <3 cm ist und die weitgehend exophytisch wachsen. Je näher ein Tumor am Nierenhilus liegt, desto schwieriger ist es, eine vollständige Ablation zu erreichen. Das Risiko für postinterventionelle Komplikationen ist ebenfalls grösser [9, 10]. Eine vorgängige Devaskularisation des Tumors und des angrenzenden Nierengewebes durch transarterielle Embolisierung kann im Einzelfall indiziert sein.

#### RFA von Lungentumoren

Seit 2000 wird die perkutane RFA bei primären und sekundären Lungentumoren angewendet [11, 12]. Einheitliche Indikationen zur pulmonalen RFA sind momentan nicht definiert, die Grösse ist wiederum ein sehr wichtiger Faktor für eine vollständige Tumorablation und sollte 3–4 cm nicht übersteigen.

#### Bronchuskarzinome

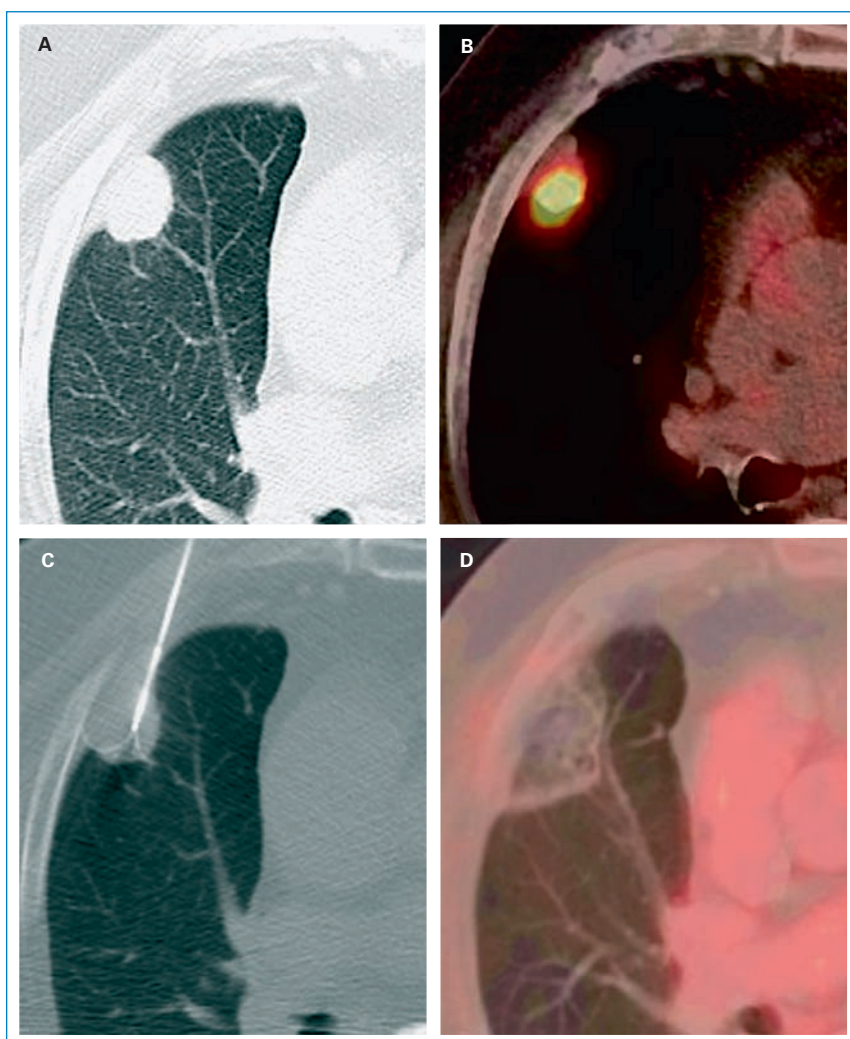
Potentielle klinische Anwendungen betreffen Patienten mit primären Lungentumoren, die aufgrund anästhesiologischer oder respiratorischer Kontraindikationen nicht einer radikalen Resektion zugeführt werden können oder sich nicht operieren lassen wollen (Abb. 1 ) . Die Radikalität einer potentiell kurativen Therapie von primären Lungentumoren mittels chirurgischer Resektion inklusive Lymphadenektomie erreicht die pulmonale RFA heutzutage nicht.

#### Lungenmetastasen

Die atypische parenchymsparende Resektion von pulmonalen Metastasen ist eine potentiell kurative Therapie. Mittels RFA ist eine vergleichbare Radikalität erreichbar, jedoch mit geringerem Verlust von gesundem Lungengewebe. Eine vollständige Entfernung des Primärtumors sowie das Fehlen extrapulmonaler Metastasen oder eine effektive Therapie allfälliger extrapulmonaler Metastasen sind Voraussetzungen für eine pulmonale RFA.

#### Tumornachsorge

Nach erfolgter RFA muss sich der Patient einer engmaschigen bildgebenden Tumornachsorge unterziehen. Da der Tumor nicht entfernt, sondern lediglich ablatiert wird, bildet sich eine Narbe, die je nach Gewebe und Organ verschiedene bildgebende Charakteristika aufweisen kann. So kann




**Abbildung 1**

CT-Bild eines wegen Komorbiditäten inoperablen Patienten mit solitärem Bronchuskarzinom ohne pathologisch vergrösserte oder FDG-positive mediastinale Lymphknoten (A). Präinterventionelles PET-CT mit deutlicher FDG-Anreicherung des Karzinoms (B). Perkutane CT-gesteuerte RFA mit intratumoraler Lage der Nadel (C). Postinterventionelles PET-CT ohne Nachweis einer FDG-Anreicherung im ablatierten Lungengewebe 4 Monate nach RFA (D).

ein Lungentumor nach erfolgter RFA im Verlauf der ersten Monate aufgrund ödematös-entzündlicher Veränderungen an Grösse zunehmen, obwohl er vollständig abladiert wurde. Einen residuellen, unvollständig abladierten Tumor in einer solchen Narbe bildgebend zu erkennen ist ein noch nicht zufriedenstellend gelöstes Problem.

## Zusammenfassung

Die perkutane bildgebungsgesteuerte RFA ist eine minimalinvasive Methode zur Behandlung von Leber-, Nieren- und Lungentumoren (Tab. 1 ). Gravierende Komplikationen während oder nach einer RFA sind selten. Der wichtigste limitierende Faktor für eine effiziente Ablation ist die Tumorgrosse. Nach erfolgter Therapie muss sich der Patient einer engmaschigen bildgebenden Tumornachsorge unterziehen.

## Ausblick

Interventionelle Tumorablationen haben im Vergleich mit der traditionellen Chirurgie den Vorteil einer geringeren Morbidität und Mortalität bei

kleineren Kosten. Sie können ambulant oder kurzstationär durchgeführt und der individuelle Patient kann einer RFA wiederholt zugeführt werden. Perkutane Ablationen können mit anderen onkologischen Therapien (systemische oder lokale Chemotherapie, Radiotherapie und chirurgische Resektion) kombiniert werden. Grenzen der RFA sind momentan vor allem die beschränkte Grösse des Ablationsvolumens und eine fehlende immediate Aussage über eine vollständige Ablation oder das Verbleiben von vitalem Tumorgeewebe.

Aufgrund technischer Entwicklungen, wie bipolarer oder multipolarer RFA-Geräte, wird sich das Ablationsvolumen vergrössern, so dass der momentan limitierende Faktor der Tumorgrosse eher in den Hintergrund tritt. Neue bildgebende Verfahren im Rahmen der molekularen oder funktionellen Bildgebung werden allenfalls schon während der Intervention oder kurz danach eine Aussage über die Vollständigkeit der Tumorablation zulassen, wie dies momentan teilweise mittels PET-CT möglich ist.

Voraussetzung für eine erfolgreiche Zukunft der RFA ist jedoch eine enge interdisziplinäre Zusammenarbeit zur Etablierung klarer Indikationen anhand von randomisierten Studien.

**Tabelle 1. Akzeptierte Indikationen für perkutane RFA.**

Leber	HCC	inoperabel max. 3 Knoten bis 3,5 cm Durchmesser
	Metastasen	multifokal: max. 5 Metastasen; max. 3,5 cm Durchmesser unifokal: max. 5 cm Durchmesser
Nierenzellkarzinom		Patienten mit Einzelniere Prädisposition für multiple Nierenzellkarzinome max. 5 cm Durchmesser
Lunge	Bronchuskarzinom	inoperabel max. 5 cm Durchmesser
	Metastasen	multifokal: max. 3 Metastasen pro Lunge; max. 3,5 cm Durchmesser unifokal: max. 5 cm Durchmesser

## Literatur

- D'Arsonval M. Physiological effect of alternative currents. *CR Soc Biol.* 1891;43:283–6.
- Rossi S, Di Stasi M, Buscarini E, Cavanna L, Quaretti P, Squassante E, et al. Percutaneous radiofrequency interstitial thermal ablation in the treatment of small hepatocellular carcinoma. *Cancer J Sci Am.* 1995;1:73–81.
- Solbiati L, Goldberg SN, Ierace T, Livraghi T, Meloni F, Dellanoce M, et al. Hepatic metastases: percutaneous radiofrequency ablation with cooled-tip electrodes. *Radiology.* 1997;205:367–73.
- Mulier S, Ni Y, Jamart J, Ruers T, Marchal G, Michel L. Local recurrence after hepatic radiofrequency coagulation: multivariate meta-analysis and review of contributing factors. *Ann Surg.* 2005;242:158–71.
- Chen MS, Li JQ, Zheng Y, Guo RP, Liang HH, Zhang YQ, et al. A prospective randomized trial comparing percutaneous local ablative therapy and partial hepatectomy for small hepatocellular carcinoma. *Ann Surg.* 2006;243:321–8.
- Ruers TJ, Joosten JJ, Wiering B, Langenhoff BS, Dekker HM, Wobbes T, et al. Comparison between local ablative therapy and chemotherapy for non-resectable colorectal liver metastases: a prospective study. *Ann Surg Oncol.* 2007;14:1161–9.
- Pereira PL. Actual role of radiofrequency ablation of liver metastases. *Eur Radiol.* 2007;17:2062–70.
- Cindolo L, de la Taille A, Messina G, Romis L, Abbou CC, Altieri V, et al. A preoperative clinical prognostic model for non-metastatic renal cell carcinoma. *BJU Int.* 2003;92:901–5.
- Gervais DA, McGovern FJ, Arellano RS, McDougal WS, Mueller PR. Radiofrequency ablation of renal cell carcinoma: part 1, Indications, results, and role in patient management over a 6-year period and ablation of 100 tumors. *AJR Am J Roentgenol.* 2005; 185:64–71.
- Zagoria RJ, Traver MA, Werle DM, Perini M, Hayasaka S, Clark PE. Oncologic efficacy of CT-guided percutaneous radiofrequency ablation of renal cell carcinomas. *AJR Am J Roentgenol.* 2007;189:429–36.
- Dupuy DE, Zagoria RJ, Akerley W, Mayo-Smith WW, Kavanagh PV, Safran H. Percutaneous radiofrequency ablation of malignancies in the lung. *AJR Am J Roentgenol.* 2000; 174:57–59.
- Simon CJ, Dupuy DE, DiPetrillo TA, Safran HP, Grieco CA, Ng T, et al. Pulmonary radiofrequency ablation: long-term safety and efficacy in 153 patients. *Radiology.* 2007;243: 268–75.

Korrespondenz:  
Dr. med Lukas Hechelhammer  
Oberarzt  
Institut für Diagnostische  
Radiologie,  
Departement für Medizinische  
Radiologie  
Universitätsspital Zürich  
CH-8091 Zürich  
[lukas.hechelhammer@usz.ch](mailto:lukas.hechelhammer@usz.ch)