



# شبیه سازی فرسایش مایکروویو در بافت کبد انسان تحت شرایط LTNE



دکتر حبیب الله سایه وند۱، دکتر فرشاد کوثری ۲، محمدرضا فراشی \* ۳

۱- استادیار گروه مهندسی مکانیک دانشکده فنی مهندسی دانشگاه بوعلی سینا، همدان

۳- استاد تمام گروه مهندسی مکانیک دانشکده فنی مهندسی دانشگاه تهران، تهران

۲- دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی مکانیک دانشگاه بوعلی سینا، همدان

E-mail: m.farashi@eng.basu.ac.ir

## چکیده

## مقدمه

## پیشینه پژوهش

## بیان مسئله

## منابع

در سالهای اخیر رادیولوژی مداخله ای تحول شگرفی در درمان انواع تومورها به وجود آورده است. فرسایش مایکروویو به عنوان نوعی از رادیولوژی مداخله ای از گرمای حاصل از انرژی مایکروویو به منظور تخریب سلولهای سرطانی بدون آسیب رساندن به بافت اطراف تومور استفاده می کند. این تکنیک یک نوع گرمادرمانی به حساب می آید که در مدت زمانهای کوتاه انجام می شود. کارآمدی این روش بیشتر برای درمان سرطان کبد است و اثرگذاری آن بطور مشخص وابسته به دمایی است که در طی پروسه حاصل می شود. در طی انجام این فرآیند از یک آنتن MCA استفاده می شود که هدف اصلی آن اینست که در درون تومور دما را به بالای ۵۰ درجه سانتیگراد برساند چراکه سلولهای سرطانی در این دما شروع به از بین رفتن می کنند.

کلمات کلیدی: فرسایش مایکروویو-المان محدود-سرطان-گرمادرمانی-MCA

## فرمولاسیون

به منظور پیش بینی پروفایل SAR، پروفایل دما و پروفایل سرعت خون در کبد طی فرآیند MWA از یک مدل ریاضی کامل استفاده می شود که شامل فرمولهای زیر است:

Electric field ( $\vec{E}$ )

$$\vec{E} = e_r \frac{C}{r} e^{j(\omega t - kz)}$$

Magnetic field ( $\vec{H}$ )

$$\vec{H} = e_\phi \frac{C}{rZ} e^{j(\omega t - kz)}$$

معادله پخش موج الکترومغناطیس:

$$\nabla \times \left( \left( \epsilon_r - \frac{j\sigma}{\omega \epsilon_0} \right)^{-1} \nabla \times \vec{H}_\phi \right) - \mu_r k_0^2 \vec{H}_\phi = 0$$

Continuity equation

$$\frac{\partial u}{\partial r} + \frac{\partial w}{\partial z} = 0$$

Momentum equations

$$\frac{1}{\phi} \left( \frac{\partial u}{\partial t} \right) + \frac{1}{\phi^2} \left( u \frac{\partial u}{\partial r} + w \frac{\partial u}{\partial z} \right) = -\frac{1}{\rho_b} \left( \frac{\partial p}{\partial r} \right) + \frac{\nu}{\phi} \left( \frac{\partial^2 u}{\partial r^2} + \frac{\partial^2 u}{\partial z^2} \right) - \frac{uv}{\kappa}$$

$$\frac{1}{\phi} \left( \frac{\partial w}{\partial t} \right) + \frac{1}{\phi^2} \left( u \frac{\partial w}{\partial r} + w \frac{\partial w}{\partial z} \right) = -\frac{1}{\rho_b} \left( \frac{\partial p}{\partial z} \right) + \frac{\nu}{\phi} \left( \frac{\partial^2 w}{\partial r^2} + \frac{\partial^2 w}{\partial z^2} \right) - \frac{wv}{\kappa} + g\beta(T - T_\infty)$$

سرطان کبد یک مشکل عمومی در سراسر جهان است که سالانه بیش از یک میلیون نفر بر اثر این سرطان جان خود را از دست می دهند. برخی از روشهای درمان سرطان عبارتند از: جراحی، شیمی درمانی سوپرسلکتیو، کموآمبولیزاسیون، گرمادرمانی، RFA، رادیوتراپی و گرمادرمانی. تکنیکهای گرمادرمانی و از جمله آنها فرسایش مایکروویو برای بیماران قابل تحمل تر بوده و عوارض کمتری دارند. آنتن های هم محور اسلات پرکاربردترین آنتن ها در این روش است.

در این پژوهش از یک آنتن تک اسلات استفاده می گردد. همچنین به منظور پیش بینی توان مایکروویو جذب شده در بافت کبد تعیین توزیع دما در درون کبد از یک مدل ریاضی کامل شامل دو معادله انرژی برای خون و بافت، معادله پخش موج الکترومغناطیس و معادلات حرکت سیال استفاده می کند و این معادلات بایکدیگر کوپل می شوند و تحت شرایط Symmetry در نرم افزار حل عددی حل می شوند.

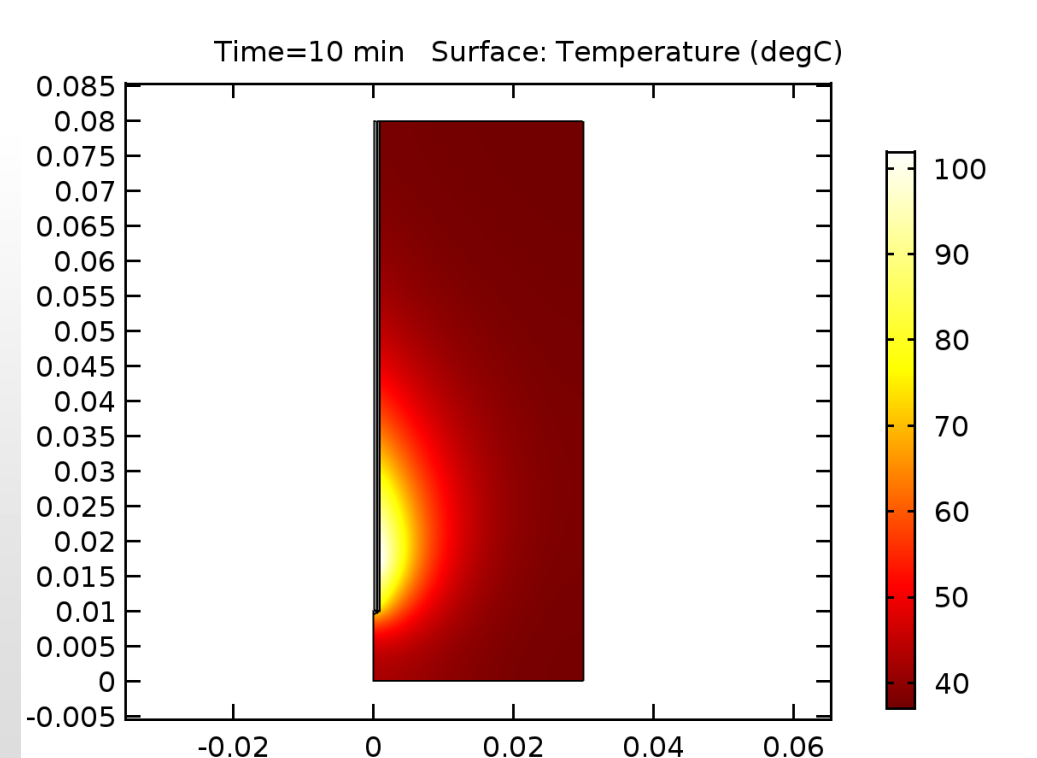
ناکایاما و کوواهارا در سال [2008] بر پایه تئوری محیط های متخلخل یک مدل کلی از انتقال حرارت بیو رامعرفی کردند. آنها در این کار با کمک تئوری متوسط گیری حجمی در میدان اشباع شده محیط متخلخل یک دسته کلی و عمومی از معادلات انتقال حرارت زیستی برای جریان خون و بافت زیستی اطرافش به دست آوردند.

در مقاله Carraffiello و همکاران در مورد اصول، کاربردهای بالینی و تجربیات اولیه فرسایش مایکروویو بحث شده است. روشهای مختلفی از جمله فرسایش سرد، فرسایش اتانول، فرسایش با کمک لیزر و رادیوفرکوتنسی باهم مقایسه شده اند و به این نتیجه حاصل شده است که فرسایش مایکروویو نتایج بهتری به دست می دهد. محجوب و وفایی نیز در سال [2009] خواص انتقال حرارت در داخل محیط های بیولوژیکی مرتبط با درمان به کمک گرما را به صورت تحلیلی مورد مطالعه قرار دادند و در پایان یک حل ساده شده بر اساس فرض تعادل حرارتی بین بافت و خون را ارائه دادند.

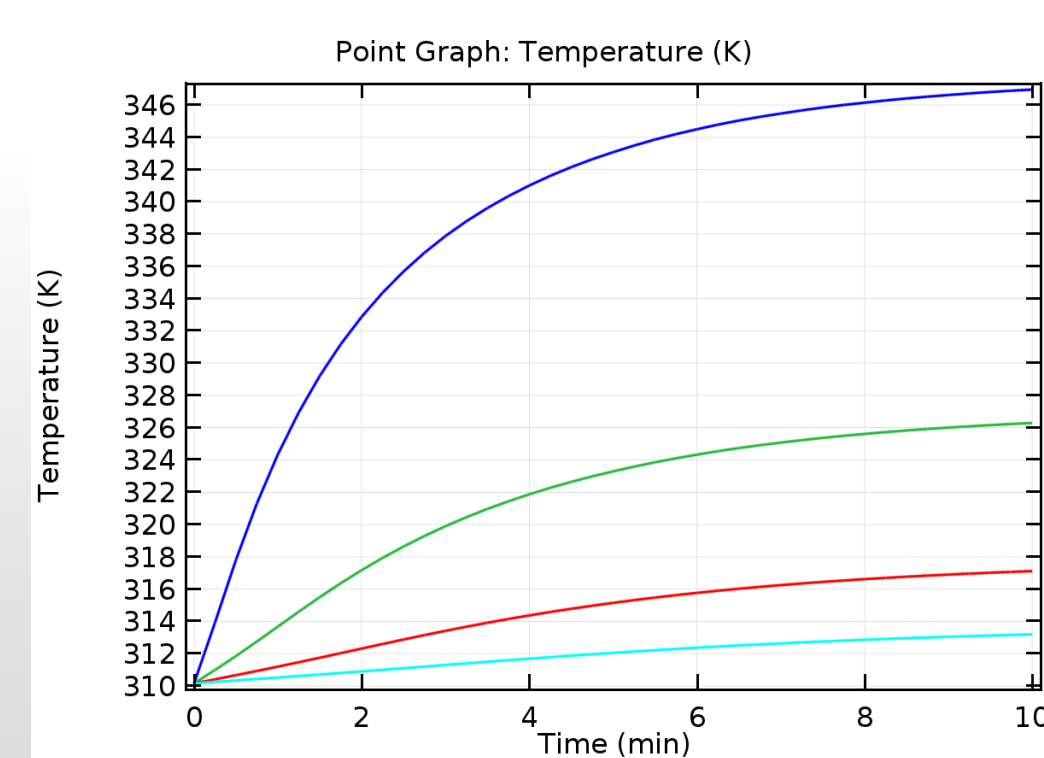
همانگونه که بیان شد، این پژوهش از یک آنتن تک اسلات MCA به منظور انتقال توان مایکروویو به داخل کبد استفاده می کند. این آنتن قطری معادل ۱.۷۹ میلیمتر دارد. یک شکاف به پهنای ۱ میلیمتر در فاصله ۵.۵ میلیمتری از نوک آنتن تعبیه شده است (شکل-۱).

بافت کبد به عنوان یک هندسه استوانه ای مدل می شود که شعاع ۳۰ میلیمتر و ارتفاع ۸۰ میلیمتر را داراست. یک مدل تقارن محوری در نظر گرفته شده است که باعث کاهش محاسبات و به دست آوردن رزولوشن بیشتر می شود. همچنین از مختصات استوانه ای استفاده می شود. در فرآیند موش بندی نیز از المانهای مثلثی استفاده میکنیم و موش ها را در نزدیکی آنتن ریزتر در نظر میگیریم (شکل-۲).

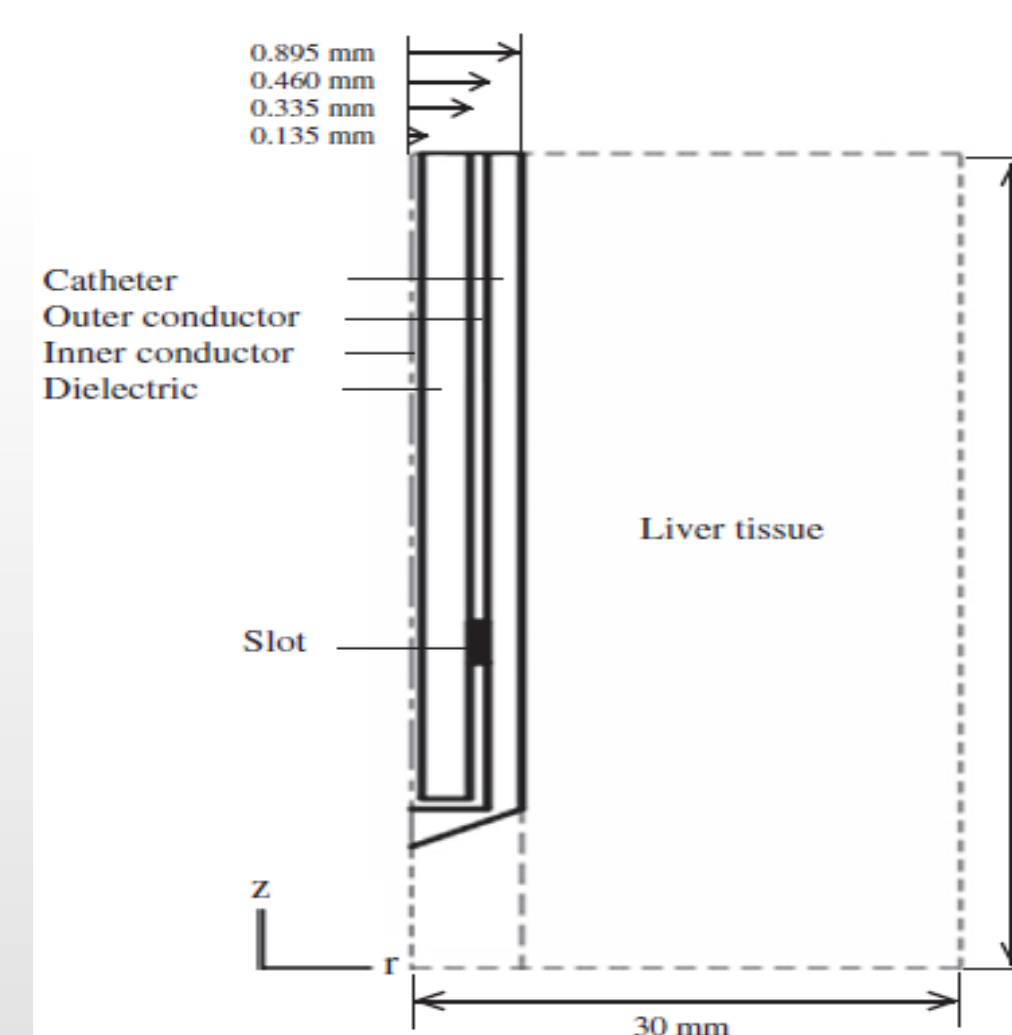
در شکل های شماره (۳) و (۴) دو نمونه از نتایج شبیه سازی ارائه شده اند که شکل- (۳) مربوط به پروفیل دوبعدی دما و شکل- (۴) مربوط است به میزان رایز دما در چهار نقطه هم ارتفاع در نزدیک آنتن.



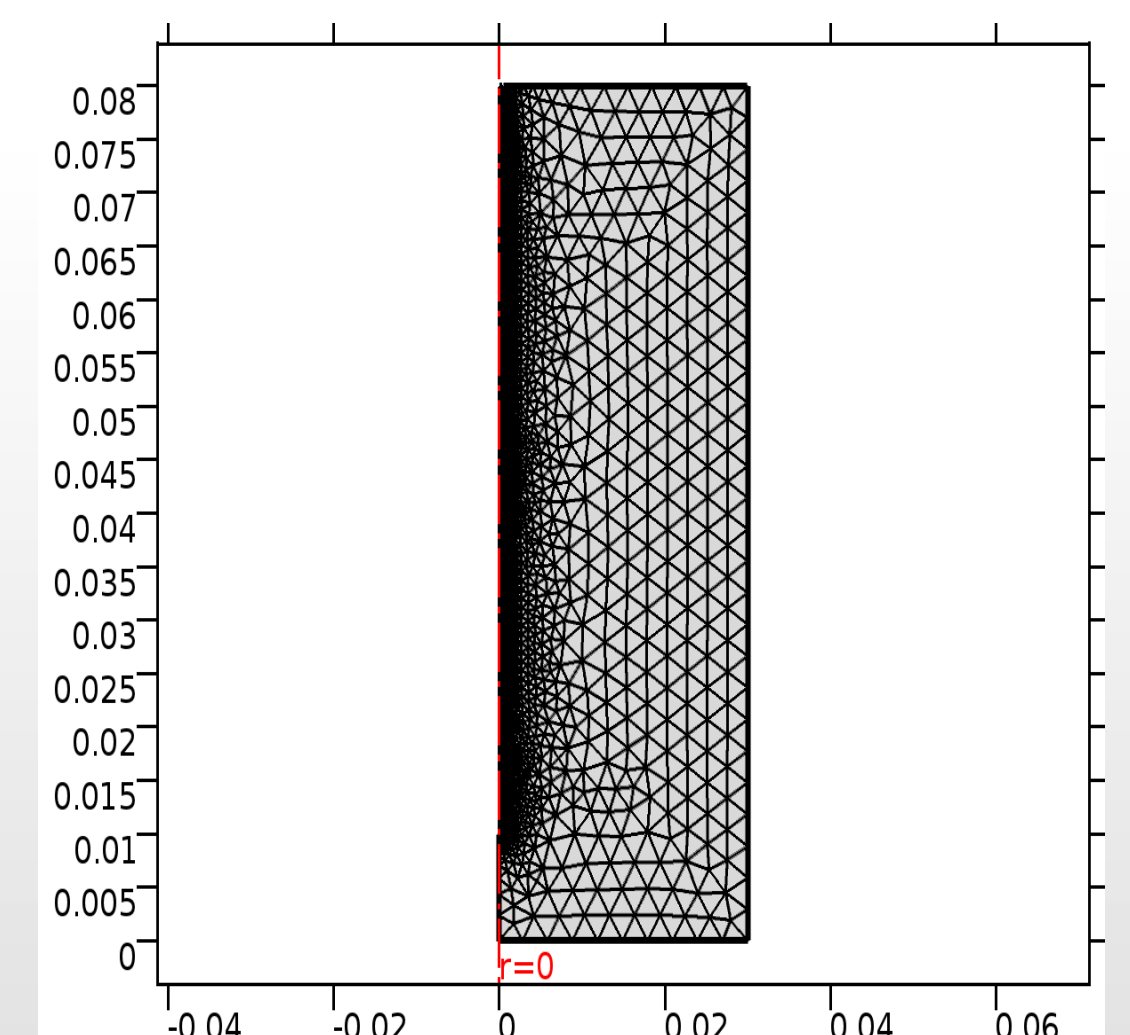
شکل-۳



شکل-۴



شکل-۱



شکل-۲

- [1] J.P. McGahan, J.M. Brock, H. Tesluk, W.Z. Gu, P. Schneider, P.D. Browning, Hepatic ablation with use of radio-frequency electrocautery in the animal model, J. Vasc. Intervent. Radiol. JVIR 3 (2) (1992) 291-297.
- [2] S. Garrean, J. Hering, A. Saied, P.J. Hoopes, W.S. Helton, T.P. Ryan, N.J. Espat, Ultrasound monitoring of a novel microwave ablation (MWA) device in porcine liver: lessons learned and phenomena observed on ablative effects near major intrahepatic vessels, J. Gastrointest. Surg. 13 (2) (2009) 334-340.
- [3] T. Seki, M. Wakabayashi, T. Nakagawa, M. Imamura, T. Tamai, A. Nishimura, N. Yamashiki, et al., Percutaneous microwave coagulation therapy for patients with small hepatocellular carcinoma: comparison with percutaneous ethanol injection therapy, Cancer 85 (8) (1999) 1694-1702.
- [4] L. Solbiati, T. Livraghi, S.N. Goldberg, T. Ierace, F. Meloni, M. Dellanoce, L. Cova, et al., Percutaneous radio-frequency ablation of hepatic metastases from colorectal cancer: long-term results in 117 patients, Radiology 221 (1) (2001) 159-166.