

بررسی مدل‌های مختلف غیر خطی انتقال حرارت در درمان هایپرترمیای سرطان پانکراس

سیف الله سعدالدین^۱، محمد جواد نوروزی^۲

^۱دانشیار دانشکده مهندسی مکانیک، دانشگاه سمنان، s_sadodin@iust.ac.ir
^۲دانشجوی دکتری مهندسی مکانیک، دانشگاه سمنان، mo.j.noroozi@students.semnan.ac.ir

چکیده

انتقال حرارت درون بخشی از یک بافت پانکراس تحت تأثیر شار ثابت لیزری مورد مطالعه قرار گرفته است. از مدل‌های مختلف انتقال حرارت برای بدست آوردن مدل مناسب استفاده شد. در حالت متغیر در نظر گرفتن خواص، معادلات غیر خطی حاصل شدند. یک روش عددی اختلاف محدود برای حل معادلات غیر خطی بکار گرفته شد. اثر تغییرات زمان آسایش حرارتی و همچنین اثر متغیر در نظر گرفتن خواص بررسی شدند و نتیجه گرفته شد که این عوامل تأثیر زیادی بر توزیع دمای بافت پانکراس می‌گذارند.

واژه‌های کلیدی

سرطان پانکراس، مدل غیر فوریه‌ای، درمان لیزری، معادلات غیر خطی، زمان آسایش.

مقدمه

در سال‌های اخیر کاربرد لیزر در علم پزشکی جایگاه خود را به شایستگی تثبیت نموده است. به ویژه هایپرترمی^۱ یا حرارت درمانی و جراحی به صورت گسترده‌ای از لیزر بهره‌جسته‌اند. اما از آنجا که لیزر یک منبع حرارتی متمرکز است، بهره‌گیری از آن در ارتباط با بافت‌های زنده خالی از خطر نیست. حساسیت بافت‌های زنده به حرارت باعث شده تا دانشمندان علوم حرارتی توجه ویژه‌ای به بررسی انتقال حرارت درون این بافت‌ها در طی اعمال گرمایش لیزری داشته باشند و بدین وسیله کمک شایانی به پزشکان استفاده‌کننده از این امکانات نوین نمایند تا با اعتماد و اطمینان بیشتری از آنها بهره‌گیرند.

سرطان پانکراس^۲ یا لوزالمعده پنجمین سرطان کشنده در ایران می‌باشد. این سرطان ۶ درصد از کل مرگ و میرهای ناشی از سرطان در جهان را به خود اختصاص می‌دهد. یکی از راه‌های درمان سرطان، هایپرترمی^۱ می‌باشد که در طی آن، دمای بافت آسیب‌دیده را برای از بین بردن سلول‌های سرطانی بالا می‌برند. این روش به طور معمول با یک کمک اشعه‌ی لیزر صورت می‌گیرد [۱] و یا به کمک امواج الکترومغناطیسی [۲].

باید به این نکته توجه داشت که افزایش دما در بافت‌های زنده باید کنترل شده و محدود باشد زیرا در غیر این صورت آسیب زیادی

را متوجه سلول‌ها می‌کند. بنابراین برای افزایش کارایی درمان، به‌دست‌آوردن توزیع دقیق دما ضروری است. یکی از معتبرترین مدل‌های مورد استفاده برای تحلیل انتقال حرارت زیستی در بافت‌های زنده دارای سیستم خون‌رسانی، مدلی است که در سال ۱۹۴۸ توسط پنس^۳ [۳] ارائه گردیده و به وفور مورد استفاده‌ی محققان این زمینه واقع شده است. اگرچه بیشتر این محققان از ترکیب معادله‌ی پنس (به عنوان معادله‌ی انرژی) با معادله‌ی فوریه استفاده نموده‌اند. این در حالی است که به دلیل ساختار داخلی غیر همگن بافت‌های زنده، مدل فوریه مدل مناسبی جهت تحلیل انتقال حرارت درون این بافت‌ها نیست [۴، ۵].

بنابراین بایستی از مدل‌های غیر فوریه‌ی مناسب برای تحلیل انتقال حرارت درون بافت‌های زنده استفاده نمود. برخی کارهای انجام شده به کمک مدل‌های غیر فوریه در سال‌های اخیر در مراجع [۶-۱۴] آمده‌اند.

در این تحقیق، به کمک یک روش عددی تغییرات دمایی یک بافت پانکراس که تحت تأثیر اشعه‌ی لیزر در یک مدت زمان معین قرار گرفته، مورد مطالعه واقع شده است. مدل‌های مختلف انتقال حرارت بررسی شده و بهترین مدل انتخاب گردیده است. سپس اثر غیر خطی در نظر گرفتن معادلات (به دلیل خواص متغیر) و همچنین اثر مقادیر مختلف زمان آسایش شار حرارتی بررسی شده است. وجه تمایز این مقاله با کارهای مشابه در این است که در اینجا برخلاف سایر کارها که به بافت خاصی اشاره نمی‌شود، بافت پانکراس به صورت خاص مورد مطالعه واقع شده است. از سوی دیگر سایر مقالات خواص را ثابت در نظر می‌گیرند ولی در این مقاله خواص متغیر که منجر به غیر خطی شدن معادلات می‌شود، مورد استفاده قرار گرفته است.

مدل‌سازی ریاضیاتی

برای مدل‌سازی مورد مطالعاتی خود از الگوی ارائه شده توسط آیانی و توران پشته [۱۵] پیروی می‌کنیم. مطابق شکل ۱ برای مدل‌سازی مسئله‌ی مورد نظر، جزئی از بافت پانکراس به طول ۵ سانتیمتر را در نظر می‌گیریم که شار حرارتی ثابت لیزری بر روی مرز انتهایی آن اعمال می‌شود.

معادله‌ی انرژی را بر اساس مدل پنس [۳] که برای بافت‌های زنده ارائه شده است، بیان می‌کنیم:

¹ Hyperthermia

² Pancreas

³ Pennes