

„Analiza numeryczna nagrzewania tkanki z wykorzystaniem połączonych modeli przepływu ciepła i dystrybucji tlenu”

STRESZCZENIE

Celem rozprawy doktorskiej była analiza połączonych modeli przepływu biociepła oraz dystrybucji tlenu w tkance poddanej zewnętrznemu oddziaływaniu termicznemu.

Dla części związanej z polem temperatury wykorzystano równanie Pennesa oraz model uszkodzenia termicznego tkanki oparty na schemacie Arrheniusa. Dodatkowo uwzględniono zmienność parametrów termofizycznych tkanki od temperatury i współczynnika perfuzji od uszkodzenia termicznego tkanki. Jako model dystrybucji tlenu wykorzystano walec Krogha opisany równaniami różniczkowymi dla ciśnienia parcjalnego tlenu oraz saturacji hemoglobiny, przy czym dla obszaru kapilary równania te były połączone przy pomocy odpowiedniej krzywej dysocjacji oksyhemoglobiny. Połączenie modeli zostało przeprowadzone w oparciu o zależność pomiędzy zmiennym współczynnikiem perfuzji dla zadania przepływu biociepła oraz prędkość krwi w kapilarze, która jest parametrem modelu dystrybucji tlenu. Uwzględniono również połączenie modeli wynikające z efektu Bohra. Dla modelu dystrybucji tlenu przeprowadzono analizę wrażliwości z wykorzystaniem metody bezpośredniej oraz zbadano wpływ mioglobiny oraz zjawiska grupowania mitochondriów na występowanie hipoksji.

Rozważano również model reakcji fotochemicznych zachodzących podczas terapii fotodynamicznej, który opisuje proces generowania cytotoksycznej formy tlenu, w wyniku oddziaływania światła. Analizy dokonano również dla modelu reakcji w jego połączeniu z modelem przepływu biociepła, dodatkowo prezentując koncepcję modelowania obszaru nowotworu, wynikającą z nieregularnego układu naczyniowego w jego obrębie. Wykorzystano również walec Krogha, do określenia początkowego stężenia tlenu trypletowego w tkance. Ponieważ zarówno równanie przepływu biociepła, jak i model reakcji fotochemicznych wymagają znajomości dystrybucji światła w tkance, wykorzystano równanie dyfuzji optycznej, w jednym z wariantów również uwzględniającym zmienność efektywnego współczynnika rozpraszania od termicznego uszkodzenia tkanki.

Na etapie realizacji numerycznej wykorzystano metodę różnic skończonych, metodę strzałów oraz pierwszy schemat metody elementów brzegowych. Opracowano autorskie algorytmy i kody obliczeniowe w środowisku MATLAB.

W ostatnim rozdziale pracy przedstawiono wnioski oraz kierunki dalszych badań.

mgr inż. Maria Zadoń