

Modelowanie matematyczne zjawiska sztucznej hipertermii oraz stopnia zniszczenia tkanki biologicznej

Marek Paruch

Instytut Mechaniki i Inżynierii Obliczeniowej, Wydział Mechaniczny Technologiczny,
Politechnika Śląska, Gliwice

Streszczenie:

Hipertermia, oprócz radioterapii i chemioterapii, odgrywa ważną i znaczącą rolę we współczesnej onkologii. Istota tej metody leczenia skupia się na wrażliwości termicznej żywych komórek. W określonym przedziale temperatur, pomiędzy 40 a 43°C, komórki zdrowe pozostają nienaruszone, podczas, gdy komórki patologiczne ulegają zniszczeniu (wyjątek stanowi termoablacja, podczas której temperatury sięgają 100 stopni Celsjusza). Jednakże przekroczenie temperatury 45°C może powodować nieodwracalne zmiany zarówno w tkankach zdrowych, jak i nowotworowych. W związku z tym, bardzo ważnym problemem podczas leczenia hipertermią jest przewidzenie i dokładne kontrolowanie temperatury w obszarze docelowym, oraz czasu zabiegu, w celu zminimalizowania możliwości przegrzania i uszkodzenia zdrowych tkanek.

Metody modelowania matematycznego, wspomagane przez narzędzia numeryczne (autorskie programy komputerowe oparte na metodzie elementów brzegowych oraz oprogramowanie komercyjne bazujące na metodzie elementów skończonych), uwzględniające zewnętrzne oddziaływanie źródeł ciepła pozwalają na symulacje komputerowe zjawisk związanych z procesem sztucznej hipertermii, wykorzystywanych podczas niszczenia tkanek nowotworowych. W modelu matematycznym opisującym pole temperatury konieczne jest uwzględnienie dodatkowej funkcji źródła wynikającej z zewnętrznego oddziaływania źródeł ciepła. Niezbędne jest wobec tego określenie odpowiednich interakcji oraz rozwiązanie zadania sprzężonego. Z punktu widzenia możliwości wspierania technik termoterapeutycznych istotne jest zbadanie wpływu poszczególnych parametrów występujących w modelu matematycznym na rozkład pola temperatury oraz, a właściwie przede wszystkim, oszacowania stopnia destrukcji tkanki nowotworowej, co jest szczególnie ważne z racji minimalizacji zniszczenia tkanki zdrowej, otaczającej guz nowotworowy.

Zastosowany model matematyczny opisujący zjawisko sztucznej hipertermii, oszacowanie wpływu parametrów występujących w tym modelu na otrzymywane rozwiązania, oraz określenie stopnia zniszczenia tkanki mogą zostać wykorzystane do wspomagania procesu modelowania przepływu ciepła w tkankach biologicznych oraz planowania termoterapii, szczególnie przy zastosowaniu oddziaływania pola elektrycznego, ale również innych metod stosowanych podczas termoablacji.