

Projekt dotyczy modelowania ściany brzucha w medycznym kontekście problemu przepuklin brzusznych. Proponowane w nim interdyscyplinarne badania będą prowadzone przez konsorcjum Politechniki Gdańskiej i Gdańskiego Uniwersytetu Medycznego. Medycyna obliczeniowa jest szybko rozwijającą się dziedziną łączącą nauki techniczne i medycynę, a modele obliczeniowe są obecnie szeroko stosowane w rozwoju metod leczenia wielu chorób. Modele o możliwościach predykcyjnych mogą być wykorzystywane do zrozumienia a także symulacji zachowania układów biomechanicznych w celu personalizacji procedur medycznych oraz projektowania i optymalizacji wyrobów medycznych.

Operacje przepuklin brzusznych są powszechne, ale stosowane metody leczenia wymagają udoskonalenia aby zmniejszyć liczbę nawrotów choroby oraz pooperacyjnego bólu i dyskomfortu u pacjenta. Obliczeniowe podejście do tego problemu oparte na mechanice wymaga wiarygodnego modelu ściany brzucha z wszczepioną siatką chirurgiczną. Modele mają za zadanie odzwierciedlać rzeczywistość, ale rzeczywistością nie są. W modelowaniu musimy radzić sobie z niepewnościami związanymi z niedokładnościami modelu i danych oraz niedostatkami wiedzy m.in. o funkcjonowaniu ludzkiego organizmu. W przypadku naturalnych materiałów takich, jak tkanki biologiczne, szczególne znaczenie mają niepewności związane z dużą naturalną różnorodnością właściwości i kształtu. Różnorodność geometrii ściany brzucha jest również względnie wysoka. Budowa modelu ściany brzucha z realistyczną geometrią na podstawie obrazów medycznych jest pracochłonnym zadaniem jednakże badania numeryczne dotyczące przepuklin brzusznych bazujące tylko na jednej konkretnej geometrii ściany brzucha mogą mieć ograniczoną stosowalność. Celem proponowanego projektu jest uwzględnienie różnorodności kształtu ściany brzucha w modelowaniu matematycznym i zbadanie jej wpływu na zachowanie mechaniczne układu ściany brzucha z wszczepionym implantem. W projekcie zostanie zaproponowana metodologia łącząca statystyczne modelowanie kształtu, kwantyfikację niepewności i analizę wrażliwości w celu zbudowania modelu ściany brzucha o szerszym niż dotychczasowe zastosowaniu w leczeniu przepuklin brzusznych ze względu na uwzględnione różnorodności.

Na podstawie skanów z tomografii komputerowej zostaną zrekonstruowane trójwymiarowe geometrie ścian brzucha. Aby uchwycić różnorodność kształtu, na podstawie tych geometrii zostanie zbudowany statystyczny model kształtu ściany brzucha człowieka. Do wyznaczenia średniego kształtu oraz głównych postaci wariancji kształtu zostanie zastosowana analiza głównych składowych (PCA). Statystyczny model kształtu brzucha zostanie użyty do wygenerowania geometrycznych danych wejściowych do modeli numerycznych ściany brzucha opartych na Metodzie Elementów Skończonych (MES). Nieliniowe modele MES będą symulować mechaniczne zachowanie ściany brzucha w wariancie zdrowym i z wszczepioną siatką chirurgiczną. Do propagacji różnorodności kształtu razem z niepewnościami innego źródła (np. niepewności właściwości mechanicznych) zastosowane zostaną metody probabilistyczne. Użycie metamodeli pozwoli na zmniejszenie kosztu obliczeniowego kwantyfikacji niepewności. Globalna analiza wrażliwości zostanie użyta do określenia wpływu zmienności kształtu i innych niepewności na wyniki uzyskane w modelowaniu MES ważne z punktu widzenia dalszej optymalizacji leczenia przepuklin brzusznych. Pozwoli to na uszeregowanie parametrów modelu pod względem ich istotności.

Głównymi wynikami projektu będą:

- model statystyczny kształtu ściany brzucha. Model ten może być użyteczny nie tylko w kontekście przepuklin brzusznych, ale i innych medycznych zagadnień np. problemów zamykania powłok jamy brzusznej;
- określenie wpływu różnorodności kształtu na zachowanie ściany brzucha z siatką chirurgiczną w porównaniu do wpływu innych niepewności np. właściwości materiałowych;
- wyłonienie efektywnej metodologii łączącej statystyczne modelowanie kształtu i kwantyfikacje niepewności z analizą wrażliwości w kontekście budowy wiarygodnych modeli.

Uzyskane z badań wyniki mogą być użyteczne w praktyce chirurgicznej i prowadzić w kierunku personalizacji leczenia przepuklin..