

Kość jest tkanką, która posiada zdolność do ciągłej przebudowy pod wpływem działania dynamicznych obciążeń mechanicznych, podlega procesowi adaptacji funkcjonalnej. Kość długo niepoddawana obciążeniom mechanicznym zaczyna zanikać. Hipotezę na ten temat przedstawił Julius Wolff, który doszedł do wniosku, że ułożenie struktury bełczkowa tej kości jest zgodne z kierunkiem naprężeń głównych. Proces odbudowy kości odgrywa szczególnie ważną rolę w kontekście implantów i protez w niej umieszczonych. Kości ulegają ciągłej przebudowie w trakcie życia osobnika, dostosowując się do aktualnych warunków zewnętrznych. Mają zdolność adaptacji gęstości, kształtu i struktury wewnętrznej do panującego stanu obciążeń. Poprzez procesy mechaniczne, skutkujące wzbudzeniem aktywności odpowiednich komórek kostnych - osteoklastów, osteoblastów i osteocytów, kość przebudowuje swoją strukturę. Możliwość przewidzenia skutków wszczepienia implantu na proces przebudowy kości ma bardzo duże znaczenie dla projektantów implantów, jak i dla lekarzy przeprowadzających zabieg, ponieważ wykonanie badań na żywej kości jest w praktyce bardzo trudne, a nawet w większości przypadków niemożliwe. Jeśli implant zostanie nieprawidłowo wstawiony lub jego kształt nie jest optymalnie dobrany może dojść do zaniku tkanki kostnej w rejonie implantacji. Może to prowadzić do obłuzowania implantu, a w konsekwencji do konieczności jego usunięcia. Zmiany, jakie zachodzą w konstrukcjach protez i implantów inspirowane są wynikami analiz numerycznych, dzięki którym możliwe jest oszacowanie długoterminowych reakcji tkanki na ich obecność. Z tego też powodu ważne jest opracowanie modelu przebudowy tkanki kostnej pod wpływem obciążeń.

Projekt dotyczy opracowania modelu przebudowy tkanki kostnej pod wpływem działających obciążeń. Proponowany model jest anizotropowy i uwzględnia antagonistyczną działalność komórek kościotwórczych i kościogubnych, a także, co stanowi o jego unikalności, mechanizm adaptacji kości związany z obrotem bazy właściwości materiałowych bez zmiany gęstości. Jego koncepcja opiera się na założeniu, że dowolny stan tkanki o zadanej gęstości można traktować jako kompozyt dwóch stanów reprezentujących kość zbita oraz kość gąbczastą o minimalnej gęstości. W każdym z tych stanów znane są tensory stałych elastycznych i każdy stan cechuje się inną anizotropią. W wyniku mieszania tych stanów można otrzymać własności kości o dowolnej gęstości zawierającej się pomiędzy znanymi stanami. Dane wejściowe modelu będą pochodziły z pomiarów tomograficznych kości udowej. Model będzie uwzględniał zarówno niejednorodność gęstości w głowę kości jak i orientację własności ortotropowych.

Model zostanie zaaplikowany do środowiska obliczeniowego ABAQUS opartego na metodzie elementów skończonych a następnie wykorzystany do przewidywania zmian gęstości w kości udowej. W celu przeprowadzenia realistycznej symulacji planowane jest zbudowanie pełnego modelu ludzkiej kończyny dolnej wraz z modelem układu mięśniowego. Model składał się będzie ze wszystkich kości kończyny oraz głównych mięśni, zapewniających jej stabilność. Dodatkową unikalną zaletą takiego podejścia jest możliwość zadawania obciążeń dynamicznych symulujących typowe stany obciążeń związane z różnorodnym ułożeniem kończyny czy jej ruchem. W tym celu zostaną także przeprowadzone symulacje z wykorzystaniem pakietu OpenSim, który umożliwi zbudowanie oraz analizę i symulację modeli szkieletowo-kostnych podczas obciążeń dynamicznych.

Po wstępnej weryfikacji modelu zostanie on zaaplikowany do symulacji kończyny. W tym etapie testowane będzie wpływ niejednorodności własności fizycznych takich jak gęstość oraz orientacja własności ortotropowych w głowie kości na otrzymane wyniki. Celem jest uzyskanie wyników zgodnych z hipotezą trajektorii naprężeń głównych Wolfa oraz obserwacjami klinicznymi i danymi eksperymentalnymi. Wyniki modelu posłużą do przewidywania zmian własności kości i zostaną porównane z danymi eksperymentalnymi.