

Mathematical Modelling and Examination of Interactions between Bone Substitute, Mandibular Living Tissue and Tooth Implant

Yunuhén Hernández Rodríguez

Streszczenie

Praca składa się z dwóch części. Rozdział 2, przedstawia dotychczasowe wyniki badawcze publikowane w czasopismach naukowych. Rozdziały 3 - 6 są oryginalnym wkładem autora obejmującym prace doświadczalne na próbkach kości wołowych. Ponadto autor proponuje nowy model matematyczny przebudowy kości i przedstawia wyniki symulacji numerycznych przeprowadzonych z wykonaniem tego modelu.

W Rozdziale 2 podano teoretyczny przegląd informacji potrzebnych do prześledzenia pozostałej części pracy doktorskiej. W sekcji 2.1 podano szczegółowy przegląd cech anatomicznych i klasyfikacji kości. Jako kość gąbczasta jest materiałem porowatym, podano również podrozdział dotyczący właściwości mechanicznych materiałów porowatych. W sekcji 2.2 przedstawiono przegląd właściwości mechanicznych kości. W tej części dokonano przeglądu wartości eksperymentalnych podanych w literaturze dla właściwości mechanicznych zastosowanych w naszym modelu. Sekcja 2.3 przedstawia przegląd metod obrazowania kości, a ponieważ we własnych badaniach zastosowano metodę μ CT, omówiono jej podstawowe funkcje i możliwości. Ponieważ do badania mechaniki żuchwy zastosowano metodę elementów skończonych, w sekcji 2.4 podano podstawowy przegląd aplikacji i funkcjonalności tej metody. Rozdział kończy się sekcją 2.5 gdzie podano przegląd poprzednich modeli matematycznych kości i ich klasyfikację.

W Rozdziale 3 podano szczegóły pracy eksperymentalnej wykonanej przez autora, a także omówiono przeprowadzone eksperymenty matematyczne. Prace opisane w rozdziałach 3 - 3.2 zostały wykonane przez autora w Queen's Mary, University of London pod opieką prof. Liz Tanner. Na tych próbkach badano właściwości mechaniczne kości gąbczastej. Badania mechaniczne wykonano na cylindrach wykonanych z kości wołowej części gąbczastej. Po kompresji próbki zostały zeskanowane na μ CT w celu zbadania szczegółów strukturalnych.

Rozdział 4 pokazuje wyniki testu ściskania. Analizę przeprowadzono głównie w Queen's Mary na Uniwersytecie Londyńskim pod opieką prof. Liz Tanner. Przedstawiono

analizę strukturalną niszczenia kości wołowej, oraz przedstawiono zmiany w strukturze kości gąbczastej wraz z etapami kompresji. Próbę ściskania powtórzono na Politechnice Warszawskiej, gdzie próbki po ściśnięciu poddano analizie pod mikroskopem cyfrowym w poszukiwaniu wzorów uszkodzeń strukturalnych. Ta część badania jak i pozostałe prace omówione w następnych rozdziałach została wykonana pod opieką prof. Tomasza Lekszyckiego, na Politechnice Warszawskiej.

W rozdziale 5 przedstawiono nowy model matematyczny przebudowy kości. Nowy model odbiega od modeli opartych na naprężeniu, dodając kilka nowych funkcji, takich jak efekt pamięci, odróżnianie sygnalizacji od bodźca oraz nowe matematyczne sformułowanie problemu. W sekcji 5.1 nowy model jest zastosowany w analizie normalnej żuchwy i prowadzona jest rejestracja zmiany gęstości kości. W sekcji 5.2 model został przetestowany w przypadku wszczepienia implantu zamiast normalnego zęba.

Rozdział 6 zajmuje się matematycznymi wynikami otrzymanymi z wykonaniem nowego modelu zaproponowanego do przebudowy kości. W sekcji 6.1 przeprowadzono symulacje komputerowe i po osiągnięciu stanu równowagi zarejestrowano rozkład gęstości tkanki w żuchwie. W celu walidacji wyniki matematyczne porównano z fotografiami wykonanymi w promieniach X z przypadków klinicznych o podobnej konfiguracji zębów. Można było zaobserwować niezwykle podobieństwa w zakresie gęstości kości między wynikami symulacji matematycznych a rzeczywistym przypadkiem. W sekcji 6.2 model został przetestowany w przypadku implantu zębowego osadzonego w materiale zastępczym kości. Model przewidział całkowite zastąpienie materiału zastępczego osadzonego kości przez normalną tkankę kostną.

Słowa kluczowe Kość gąbczasta, przebudowa kości, implant zębowy, model matematyczny, symulacja komputerowa