

Celem projektu jest opracowanie opisu matematycznego procesu zwyrodnienia chrząstki stawowej - osteoartrozy i towarzyszącego mu wzrostu wyrośli kostnych, podczas zmian zwyrodnieniowych stawu.

Naukowcy i lekarze są zgodni, że główną przyczyną choroby zwyrodnieniowej stawów są nadmierne, bądź niefizjologiczne obciążenia mechaniczne. Przeciążone mechanicznie komórki chrzęstne zaczynają umierać i w konsekwencji chrząstka traci swoje właściwości amortyzacyjne i obniża się jej wytrzymałość na ściskanie. Ponadto, chrząstka stawowa nie jest w stanie równomiernie rozprzewodzić obciążeń, w następstwie czego, większe koncentracje naprężeń przenoszone są do kości. Obciążenia te są wyczuwane przez pewien rodzaj komórek kostnych, pełniących funkcję sensorów, które w celu usztywnienia obszaru kości podchrzęstnej wysyłają sygnały o potrzebie wzrostu w kierunku źródła obciążenia. Wspomniane obciążenia mechaniczne mogą również powodować śmierć komórek chrzęstnych, jeśli wielkość tych obciążeń jest większa niż mogą wytrzymać. Przeciążone komórki wysyłają sygnały bio-chemiczne pod postacią białek, o zapotrzebowaniu na produkty odżywcze. W odpowiedzi na te sygnały naczynia krwionośne, dostarczające produkty odżywcze, zaczynają rosnąć w kierunku źródła sygnału. Równocześnie z przeciążaniem komórek pojawiają się mikro-pęknięcia w części podchrzęstnej, chrząstce zwapniałej lub samej chrząstce. Wspomniane mikro-pęknięcia dodatkowo ułatwiają przepływ informacji, tym samym przyspieszając wzrost sieci naczyniowej. Opisany proces sprzyja wzrostowi wyrośli kostnych, które rozwijają się i wrastają w tkankę chrzęstną wraz z naczyniami. Proces ten jest bolesny i utrudnia swobodne poruszanie się.

Osteoartroza jest jedną z najczęstszych chorób cywilizacyjnych i dotyczy nie tylko osób starszych, ale także sportowców i osób otyłych. Mimo, że problem zwyrodnienia stawów obejmuje dużą część społeczeństwa, to wciąż nie zostały całkowicie zbadane i zrozumiałe przyczyny choroby, a także nie ma pewności, czy jest to choroba tkanki chrzęstnej czy kostnej. Prawidłowe sformułowanie modelu matematycznego, uwzględnienie wszystkich istotnych parametrów biologicznych, chemicznych i mechanicznych oraz komunikacji międzykomórkowej pozwoli zrozumieć złożoność zagadnienia. Poprawnie opisany model może posłużyć, jako narzędzie dla lekarzy do badania wpływu wybranych środków na przeciwdziałanie chorobie lub do sprawdzania oddziaływania różnych efektów na szybkość bądź kierunek rozwoju wyrośli kostnych. Model charakteryzujący się minimalną ale wystarczającą ilością zmiennych, którego wyniki symulacji numerycznej będą porównywalne z wynikami uzyskanymi z badań medycznych może pomóc w znalezieniu czynników hamujących rozwój choroby.

We wstępnym modelu matematycznym uwzględniono wpływ mikrostruktury, wzrost naczyń krwionośnych i obciążenia mechaniczne niezmiennie w czasie. Ze względu na dynamiczną i złożoną naturę opisywanego zjawiska sformułowany układ równań jest zależny od wielu zmiennych i parametrów. Z powyższym związane jest czas i ilość przeprowadzanych obliczeń.

Identyfikacja parametrów występujących w strukturze rozszerzonego modelu, którego opracowanie planowane jest w tym projekcie, uwzględnia nowe efekty mechaniczne, umożliwi znalezienie właściwych wartości tych parametrów. Po przeprowadzeniu serii eksperymentów numerycznych dla wybranych warunków początkowo-brzegowych i różnych schematów obciążeń mechanicznych, wyniki będą porównane z wynikami doświadczalnymi dostępnymi w literaturze oraz z wynikami badań na hodowlach komórkowych. Badania na hodowlach będą przeprowadzone we współpracy z Zakładem Fizjologii i Patofizjologii Eksperymentalnej na Wydziale Lekarskim i Dentystycznym Warszawskiego Uniwersytetu Medycznego na chipach zaprojektowanych i wytworzonych na Wydziale Inżynierii Produkcji Politechniki Warszawskiej. Na podstawie tych wyników model zostanie zweryfikowany. Poprawiony model ponownie zostanie poddany analizie numerycznej, a wyniki ponownie zweryfikowane. Czynności te będą powtarzane, aż do osiągnięcia satysfakcjonujących wyników.