

Opracowanie modeli MES do analizy biomechanicznej stopy ze zniekształceniem koślawym palucha (hallux valgus) podczas chodu

Ludzka stopa jest skomplikowaną strukturą składającą się z 28 kości i licznych mięśni, więzadeł oraz innych elementów tkanek łącznych. W związku z trudnościami i ograniczeniami związanymi ze stosowaniem konwencjonalnych metod eksperymentalnych, obecnie ocena funkcjonalnej roli anatomicznych struktur stopy w zakresie przenoszenia obciążeń opiera się wyłącznie na ogólnej ocenie nacisku podszwy stopy, podczas gdy niedostateczna uwaga poświęcana jest charakterystyce wewnętrznych naprężeń poszczególnych elementów. Metoda elementów skończonych (MES, ang. Finite Element Method, FEM) umożliwia modelowanie struktur o nieregularnym kształcie i złożonych właściwościach materiałowych, a także zmiennych warunkach brzegowych i obciążeniach. Uwzględnienie powszechnie występujących deformacji struktur stopy dodatkowo utrudnia proces modelowania, ze względu na co w literaturze znaleźć można jedynie kilka nielicznych prac poświęconych modelom MES zdeformowanej stopy.

Zniekształcenie koślawe palucha (hallux valgus, HV) jest jednym z najpowszechniejszych zmian budowy stopy występującym u 23% dorosłej populacji i aż 35.7% osób w starszym wieku. Zmiany powodowane zniekształceniem koślawym palucha w dużej liczbie przypadków skutkują zwiększającym się z czasem dyskomfortem i dokuczliwościami. Ponadto, coraz większa liczba osób starszych skarży się na zachwiania równowagi i ryzyko upadku podczas chodzenia. Pierwszym celem niniejszego projektu jest wykorzystanie metody elementów skończonych do opracowania modeli stopy, tj. modelu normalnej, zdrowej stopy, który służyć będzie za model kontrolny, modelu stopy z łagodnym zniekształceniem i modelu ze znacznym zniekształceniem koślawym palucha w celu zgleźbienia znaczących zmian w biomechanicznym zachowaniu stopy z HV podczas chodu. Drugim celem jest badanie wpływu stopnia zniekształcenia na biomechanikę stopy podczas chodu.

Dla każdego z wariantów budowy stopy (stopa normalna, lekkie HV, znaczne HV) zostanie opracowany trójwymiarowy model MES składający się z 28. segmentów kostnych, 103. więzadeł, rozciągnięta podszwowe, głównych grup mięśniowych oraz tkanek miękkich. Geometria kości oraz tkanek miękkich zostanie zrekonstruowana z obrazów medycznych w programie MIMICS 17.0. Na wszystkie ciała stałe, tj. kości, więzadła, tkanki chrzęstne oraz płytę, zostanie nałożona siatka złożona z elementów typu heksagonalnego (o kształcie sześciokąta). Do symulacji fazy podporu w każdym z modeli MES wykorzystane zostaną nachylenie kości piszczelowej oraz profile obciążeń pochodzące z analizy chodu. Eksperymenty będą przeprowadzone z wykorzystaniem systemu śledzenia ruchu oraz platformy dynamometrycznej. Analizy MES zostaną przeprowadzone z wykorzystaniem pakietu ANSYS 17.0. Wśród szukanych/symulowanych charakterystyk znajdują się parametry takie jak wewnętrzna dystrybucja naprężeń w kościach, przemieszczenie kątowe i ciśnienie kontaktowe w stawie poprzecznym stępu oraz w stawach śródstopno-paliczkowych (MTP), przenoszenie sił między tyło-, śród- i przodostopiem, a także przemieszczenie pierwszej kości śródstopia.

Istotną rolę odgrywać będzie poznanie biomechanicznego zachowania stopy ze zniekształceniem koślawym palucha, które staje się coraz powszechniejszą formą deformacji stopy, szczególnie u starszej populacji. Zastosowanie metody elementów skończonych w celu opracowania modeli numerycznych zdeformowanej stopy jest ważnym krokiem w badaniu biomechaniki stopy podczas jej przemieszczania się. Niniejszy projekt stworzy ulepszoną metodę pozwalającą na przewidywanie ryzyka wystąpienia urazu oraz ocenę biomechanicznej sprawności stopy z HV. Ponadto rezultaty projektu przyczynią się do zwiększenia zrozumienia mechanizmów leżących u podstaw problemów mechanicznych oraz nieprawidłowego wzorca chodu stóp ze zniekształceniem koślawym palucha.