



Analiza wytrzymałościowa kości obojętkowej człowieka

Projekt na zajęcia z modelowania i symulacji

zagadnień biomedycznych

Patryk Jankowski

Anna Rybarczyk

Inżynieria biomedyczna,

Modelowania i symulacja zagadnień biomedycznych

dr hab. Tomasz STRĘK

Semestr VI, rok 2017

Spis treści

1. Cel projektu	3
2. Budowa kości	3
3. Opis kości obojczykowej człowieka	4
4. Metoda elementów skończonych (MES)	6
5. Analiza wytrzymałościowa	7
5.1 Przygotowanie modelu	7
5.2 Symulacja pierwsza – zginanie kości dla jednego punktu przytwierdzenia.	8
5.2.1 Utwierdzenie kości i przyłożenie siły	8
5.2.2 Wyniki pierwszej symulacji	9
5.3 Symulacja druga – zginanie kości z dwoma utwierdzeniami oraz siłą występującą po środku powierzchni bocznej	11
5.3.1 Utwierdzenie kości i przyłożenie siły	11
5.3.2 Wyniki drugiej symulacji	12
6. Wnioski	14
7. Literatura	15

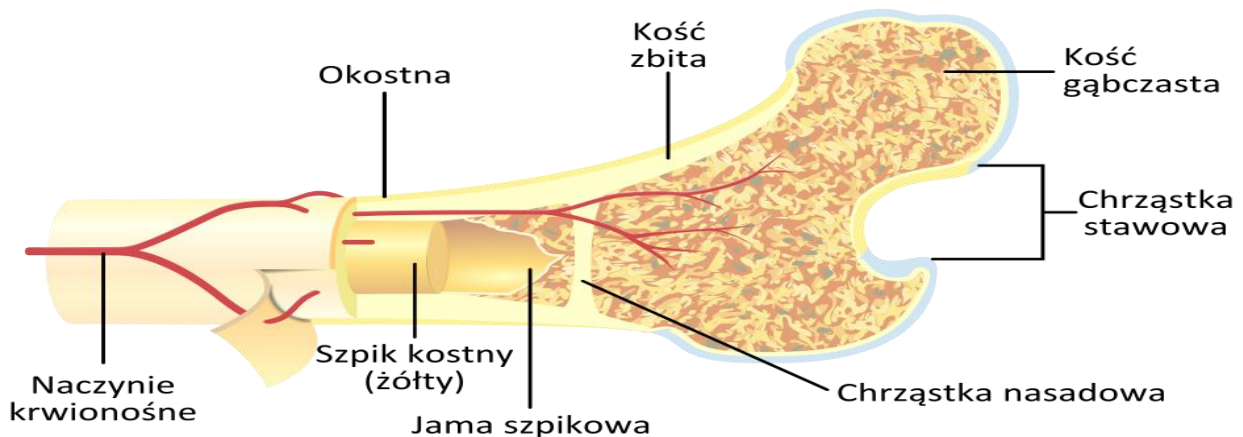
1. Cel projektu

Celem projektu jest wykonanie analizy wytrzymałościowej modelu kości obojczykowej człowieka. Analiza ta odbędzie się przy pomocy programu FUSION 360 do którego wprowadzono parametry fizyczne dostępnego modelu, oraz określono warunki w których zostanie przeprowadzona symulacja. Jej wyniki posłużą nam ocenie jak zachowuje się ta kość pod zadaniem obciążeniem i gdzie występują największe naprężenia.

2. Budowa kości

Kość- narząd złożony z wielu różnych tkanek: głównie z tkanki kostnej, ale też tkanki tłuszczowej, krwiotwórczej, chrzęstnej. Kość pokryta jest okostną, a trzon kości stanowi istota zbita – wytrzymała, o regularnym układzie włókien kolagenowych, natomiast nasadę kości tworzy istota gąbczasta - mniej wytrzymała, o nieregularnym układzie włókien, otaczająca naczynia krwionośne, nerwy, mięśnie.

Kość powstaje w procesie kostnienia, który trwa około 20 lat (od życia płodowego do ok. 20 roku życia). Wraz z wiekiem zdolności regeneracyjne kości zmniejszają się. [3]



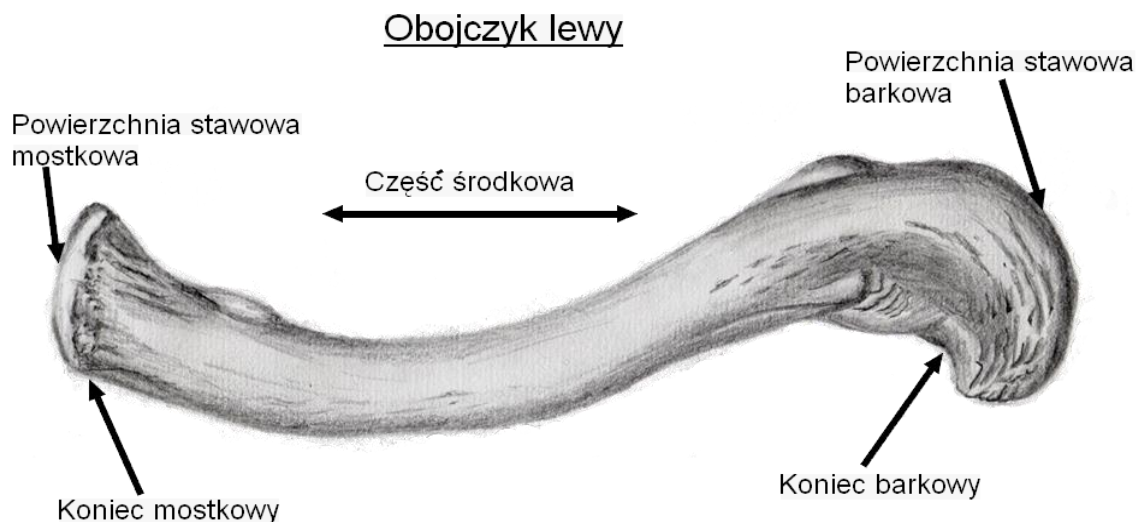
Zdjęcie: https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/e/e4/Bone_cross-section-pl.svg

3. Opis kości obojczykowej człowieka

Obojczyk jest to łatwo wyczuwalna kość długa łącząca łopatkę i mostek. Stanowi połączenie szkieletu kończyn górnych ze szkieletem osiowym. Ma podłużny kształt wygięty lekko w kształcie litery S. Nie posiada jamy szpikowej jak inne kości długie lub ma ją bardzo niewielką.

Podczas wzrostu część środkowa rozwija się na podłożu łącznotkankowym, końce na podłożu chrzęstnym, co ma znaczenie dla wytrzymałości poszczególnych odcinków kości, gdy jest ona poddawana różnym naprężeniom.

Kość obojczykowa (jak i inne kości) pełni wiele funkcji, m.in. chroni narządy głębiej leżące, magazynuje jony wapniowe i fosforowe w ustroju i bierze udział w homeostazie, pośrednio pełni funkcję krwiotwórczą (szpik kostny w kościach) oraz stanowi bierny narząd ruchu, czyli wsparcie dla mięśni kończyn i obręczy barkowej. [3]



Zdjęcie: <http://www.masazysci.org.pl/anatomia-w-masazu.html>

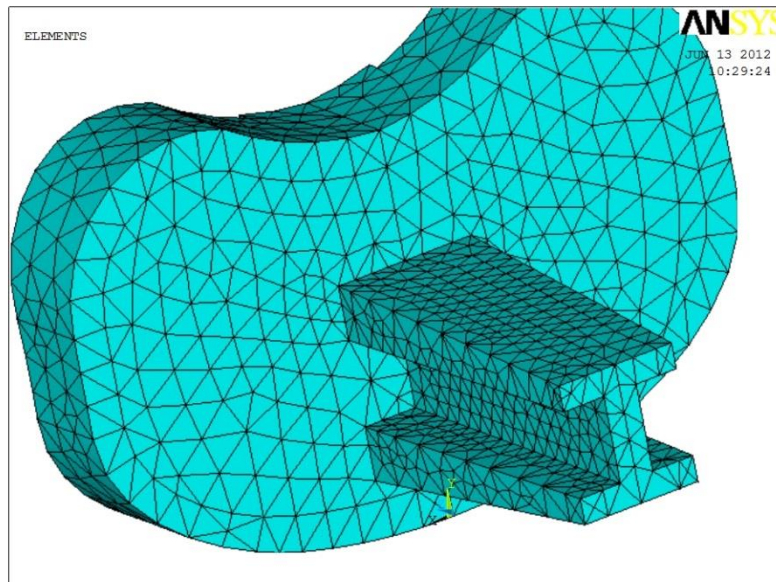
4. Metoda elementów skończonych (MES)

Metoda Elementów Skończonych MES (ang. finite element method - FEM) jest to typ zaawansowanej metody rozwiązywania układów równań różniczkowych, podstawą jej wyznaczenia jest podział dziedziny (tzw. dyskretyzacja) na skończone elementy, w przypadku których rozwiązanie jest przybliżone przez dane funkcje.

Istotą metody elementów skończonych jest sposób aproksymacji równania całkowego polegający na podziale obszaru obliczeniowego na małe podobszary o prostych kształtach, zwane elementami skończonymi oraz specjalny sposób konstruowania funkcji aproksymujących opierających się na funkcjach zdefiniowanych w elementach skończonych. MES jako jedna z niewielu metod potrafi modelować zjawiska w skomplikowanych obszarach obliczeniowych, co stanowi jedną z jej podstawowych zalet w zastosowaniach praktycznych. [1]

W elementach skończonych definiuje się proste funkcje, najczęściej funkcje liniowe lub wielomiany niskiego stopnia, zwane funkcjami kształtu. Elementem sformułowania MES jest określenie w jaki sposób z funkcji kształtu konstruuje się funkcje aproksymujące rozwiązanie.

Wynik końcowy jest silnie uzależniony od mocy obliczeniowej komputera na którym wykonywane są te obliczenia co jest sporą wadą tej metody.

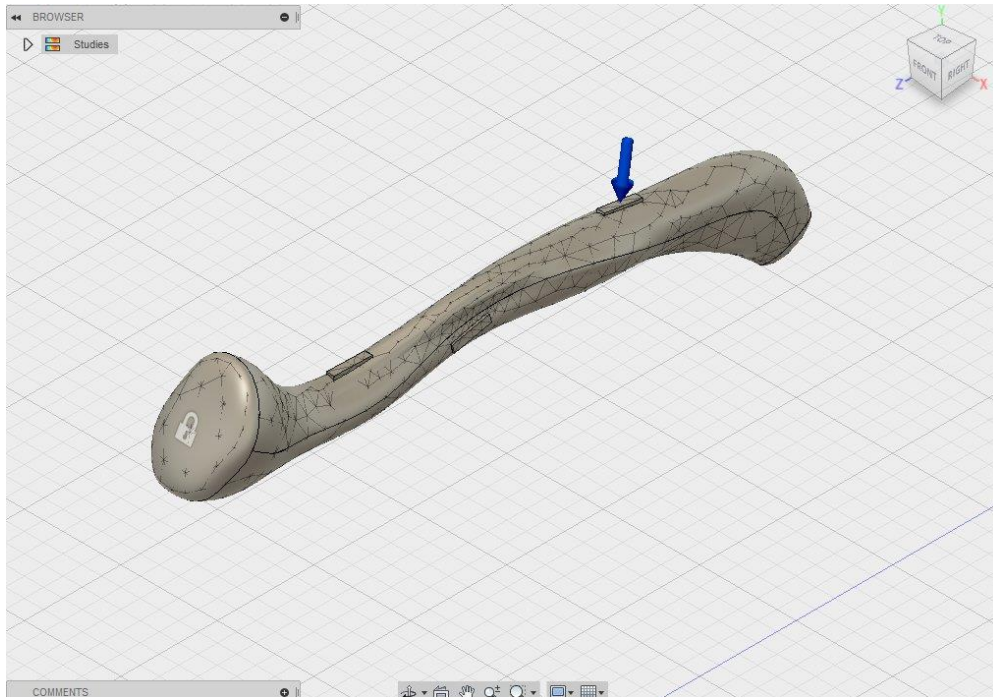


Siatka obiektu po zastosowaniu metody elementów skończonych [5]

5. Analiza wytrzymałościowa

5.1 Przygotowanie modelu

Z pomocą programu FUSION 360 wygenerowaliśmy siatkę modelu używając funkcji „Mesh”



Siatka modelu kości obojczykowej

Następnie należało nadać naszemu modelowi parametry zbliżone do rzeczywistych kości obojczykowej dorosłego człowieka. Do tego posłużyła nam opcja „Study parameters” gdzie nadaliśmy kości niezbędne właściwości do przeprowadzenia analizy wytrzymałościowej. [2]

Density	1.908E-06 kg / mm ³
Young's Modulus	2210 MPa
Poisson's Ratio	0.39
Yield Strength	148 MPa
Ultimate Tensile Strength	172 MPa

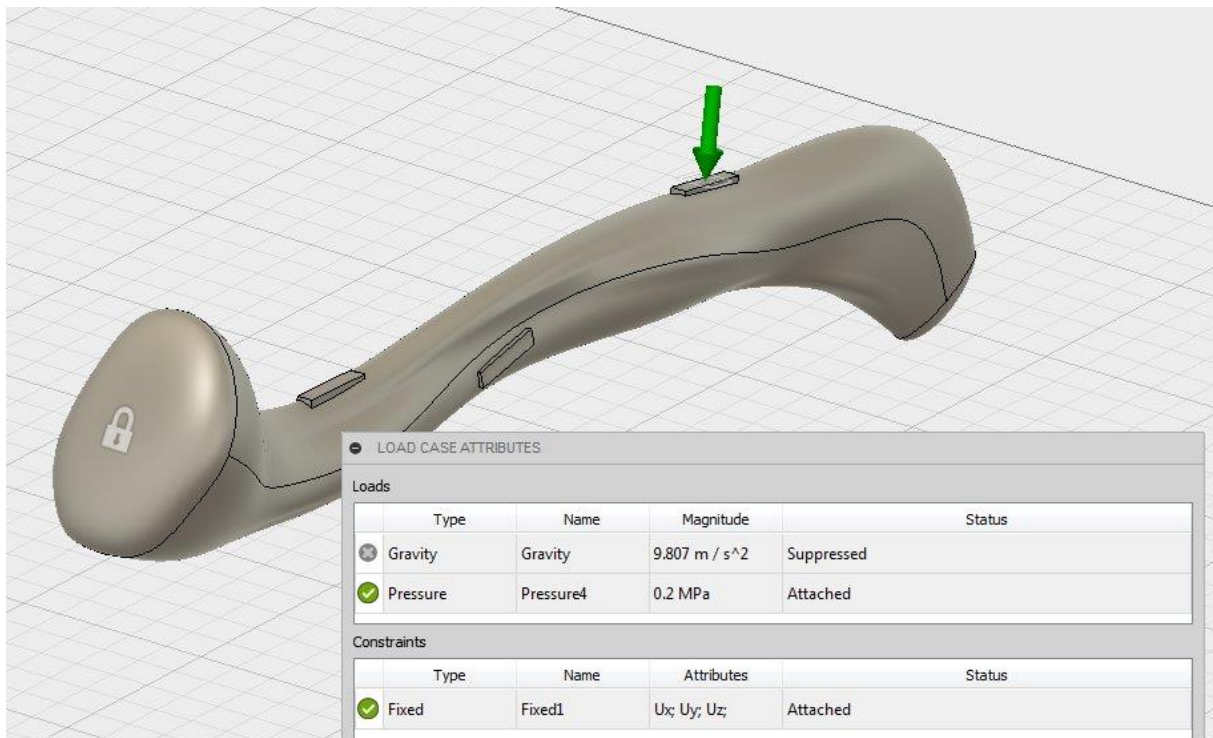
Zrzut ekranu z zakładki „Study parameters” dla naszego modelu

5.2 Symulacja pierwsza – zginanie kości dla jednego punktu przytwierdzenia.

5.2.1 Utwierdzenie kości i przyłożenie siły

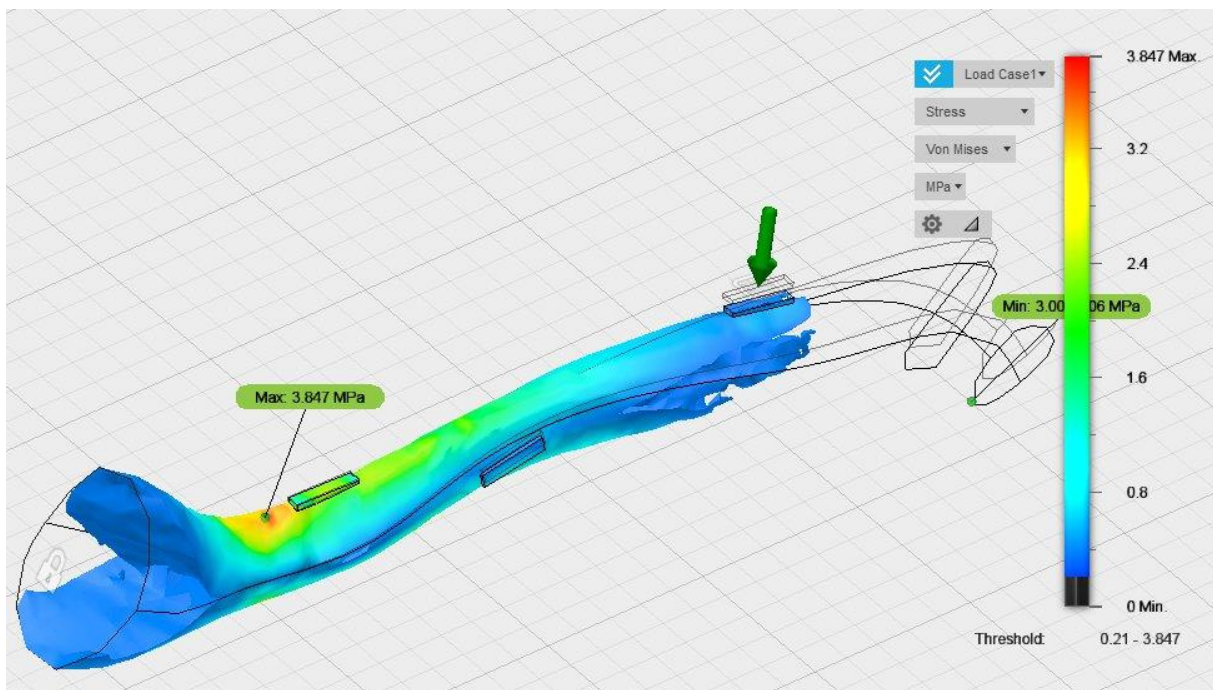
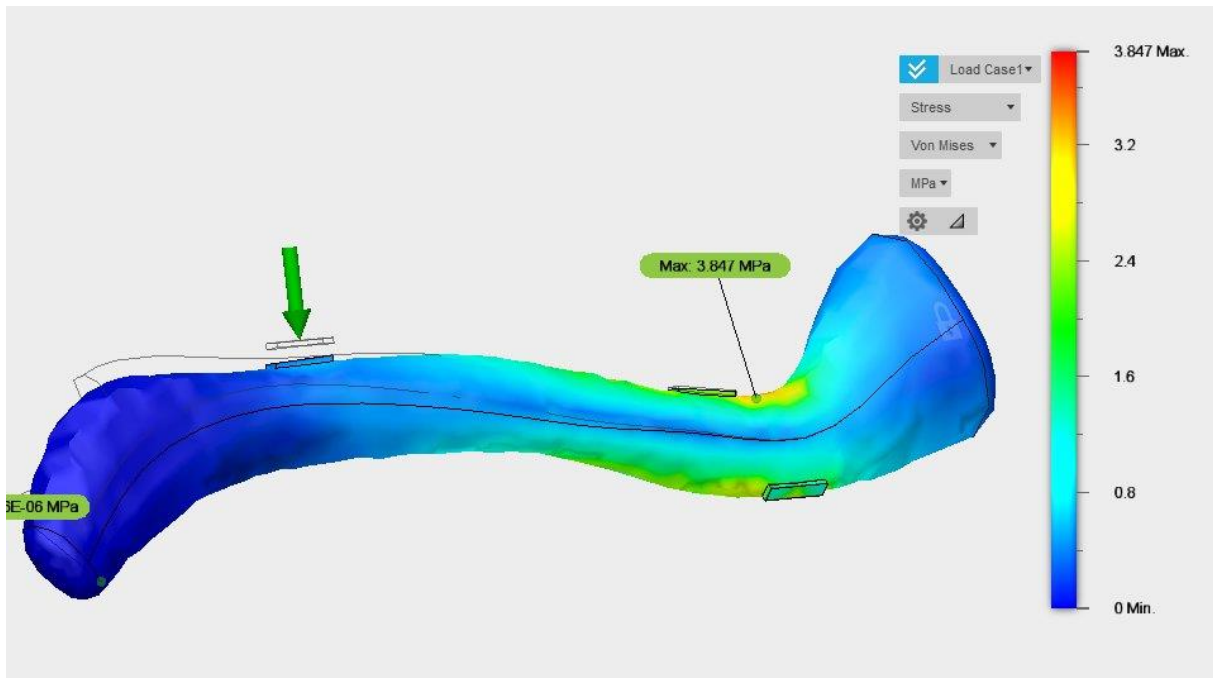
Używając zakładki „Constraint” utworzyliśmy utwierdzenie modelu w miejscu oznaczonym na zdjęciu symbolem kłódki. Model przytwierdziliśmy tak, aby miejsce utwierdzenia nie przemieszczało się w kierunku jakiegokolwiek osi.

Z pomocą funkcji „Load” obciążyliśmy nasz model. Wybraliśmy powierzchnie przy której znajduje się strzałka pokazująca kierunek działania. Jest to powierzchnia 20mm². Wybraliśmy typ obciążenia „pressure” i podaliśmy wartość 0,2 MPa.

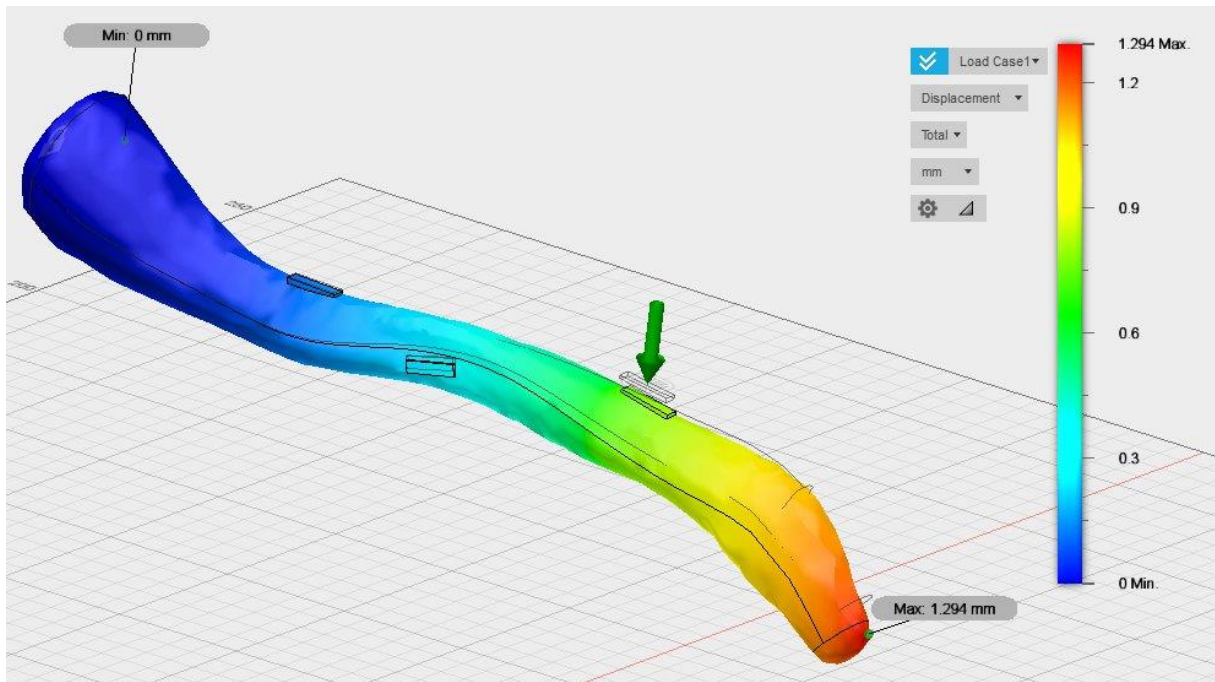


Warunki przeprowadzenia symulacji pierwszej

5.2.2 Wyniki pierwszej symulacji



Zdjęcia 1 i 2 – Przedstawienie naprężeń występujących w kości obojczykowej podczas badania.



Zdjęcie 3 – Przedstawienie przemieszczenia kości.

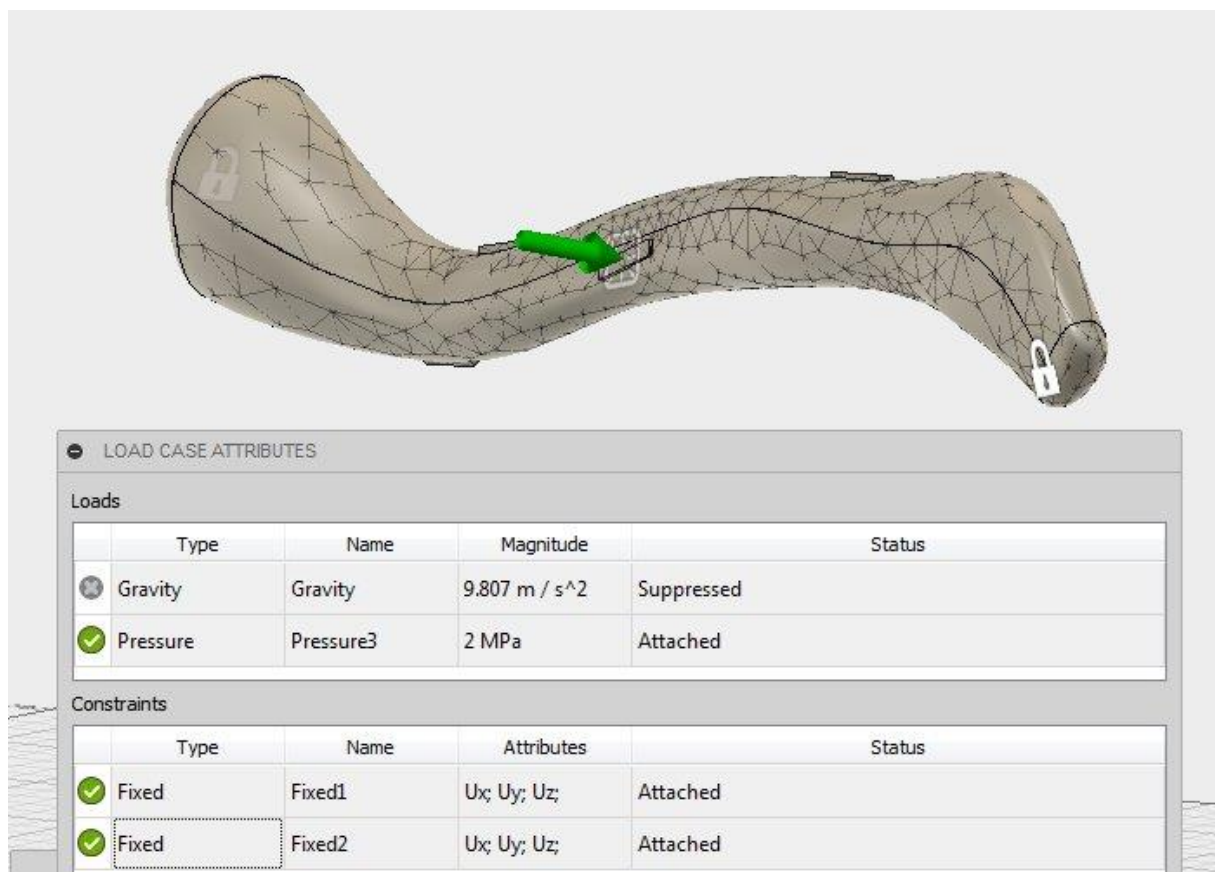
Do pokazania wyników posłużono się obrazem „Adjusted x0.5” aby widoczny był charakter odkształcenia kości.

5.3 Symulacja druga – zginanie kości z dwoma utwierdzeniami oraz siłą występującą po środku powierzchni bocznej

5.3.1 Utwierdzenie kości i przyłożenie siły

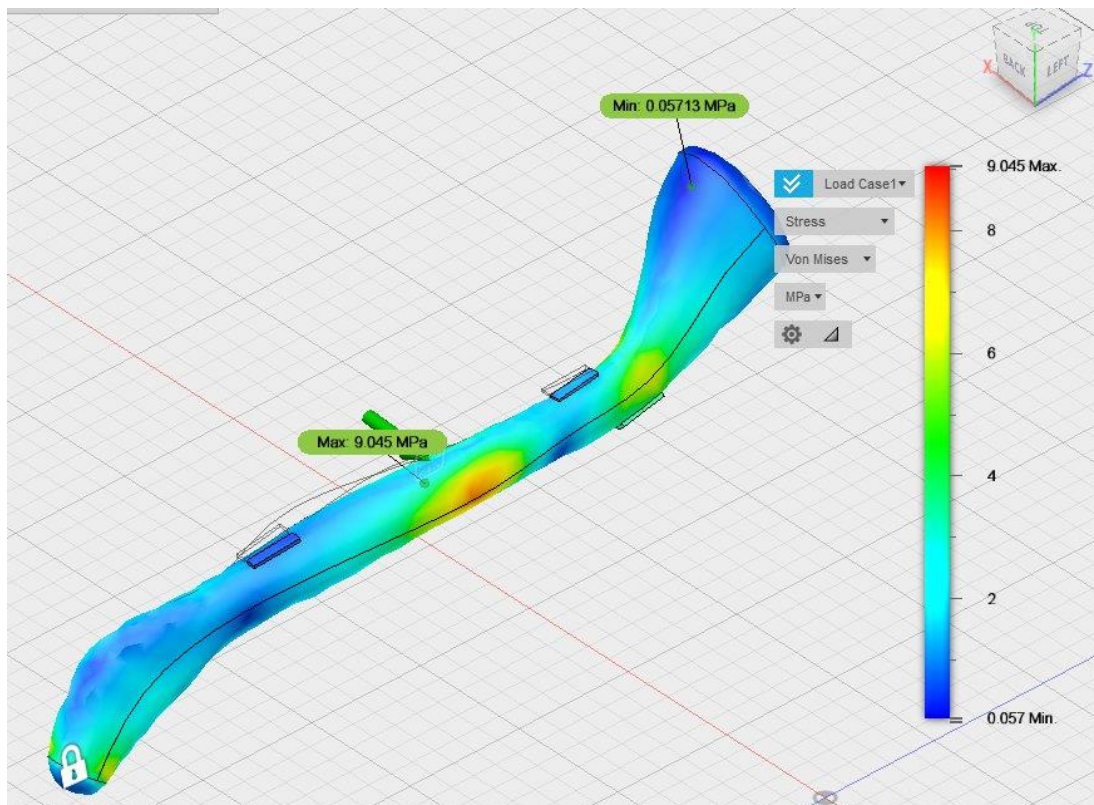
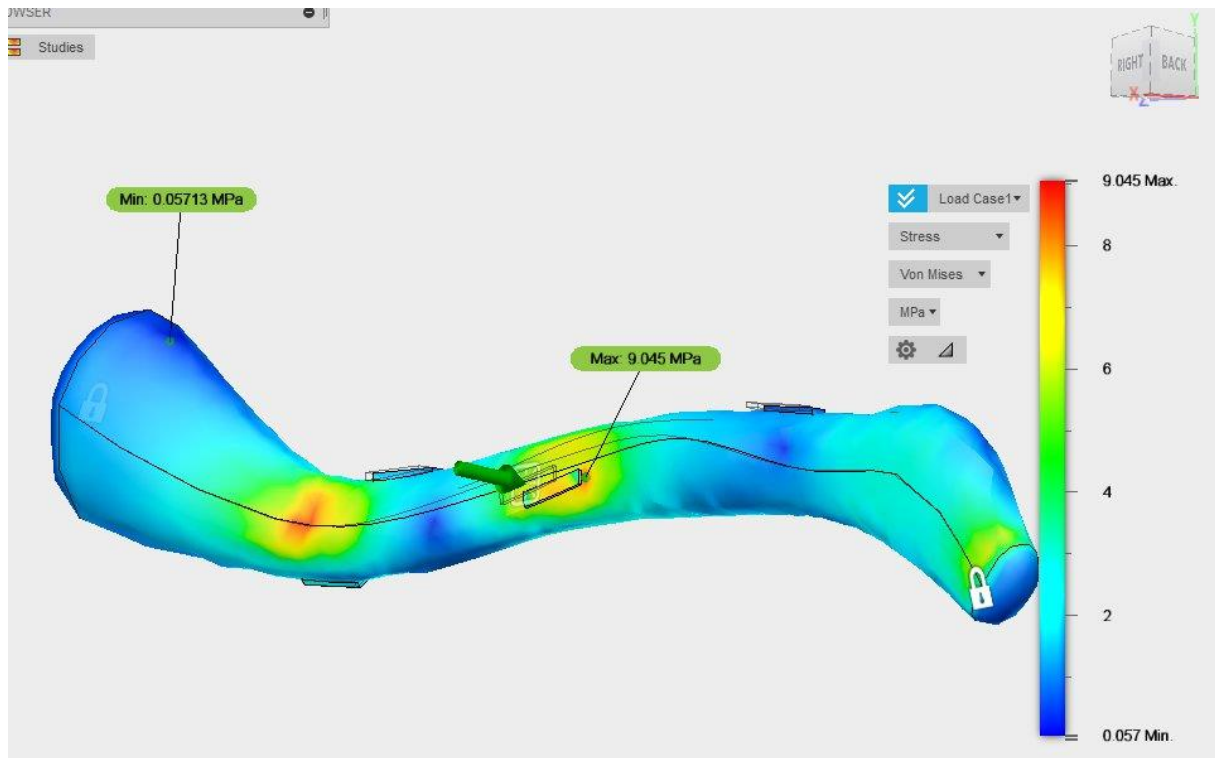
Do poprzedniego utwierdzenia dodaliśmy ponownie za pomocą funkcji „Constraint” drugie utwierdzenie po drugiej stronie kości oznaczone na obrazku kłódką. Ono także zostało przytwierdzone tak, by nie przemieszczało się względem którejkolwiek osi.

Usunęliśmy stare obciążenie i dodaliśmy nowe z pomocą funkcji „Load”. Wybraliśmy powierzchnie przy której znajduje się strzałka pokazująca kierunek jej działania. Jest to powierzchnia 20mm². Wybraliśmy tryb „pressure” i wpisaliśmy wartość 2 MPa.

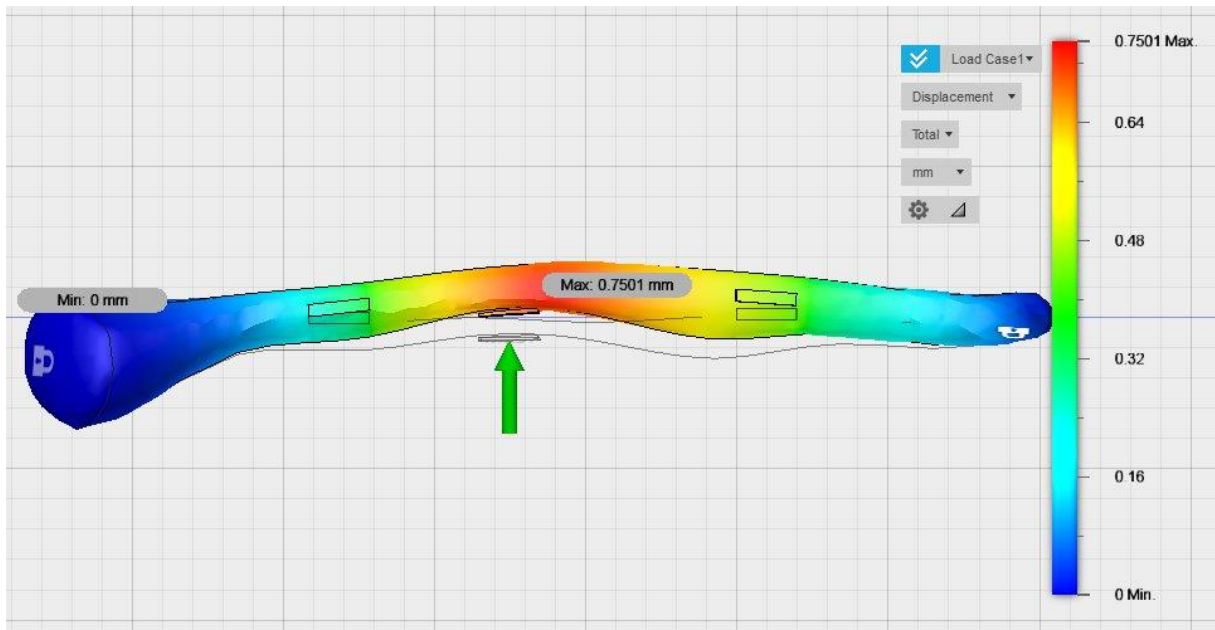


Warunki przeprowadzenia symulacji drugiej. Siła w części środkowej kości obojczyka.

5.3.2 Wyniki drugiej symulacji



Zdjęcia 4 i 5 – Przedstawienie naprężeń występujących w kości obojczykowej podczas badania.



Zdjęcie 6 – Przedstawienie przemieszczenia kości.

Do pokazania wyników posłużono się obrazem „Adjusted x1” aby widoczny był charakter odkształcenia kości.

6. Wnioski

Podczas pierwszej symulacji po unieruchomieniu powierzchni stawowej mostkowej i obciążeniu końca barkowego kości obojczykowej widzimy wyraźnie na zdjęciu 2 miejsce w którym wystąpiły największe naprężenia. Sięgają one wartości maksymalnej 3,847 MPa i wraz z oddalaniem się od tego punktu szybko spadają. Nie zaobserwowaliśmy występowania jakichkolwiek naprężeń w końcu barkowym.

Część barkowa przemieściła się najbardziej i jego wartość wyniosła 1,294 mm. Wskaźnik współczynnika bezpieczeństwa pokazuje, że kość poddana takiemu obciążeniu nie uległaby złamaniu.

W drugiej symulacji po przemieszczeniu powierzchni obciążenia kości oraz dodaniu kolejnego punktu utwierdzenia obserwujemy występowanie największych obciążeń w części środkowej kości obojczykowej. Zastosowane obciążenie było 10 krotnie większe, a maksymalne naprężenia w kości wyniosły 9,045 MPa.

Największa wartość przemieszczenia kości była do zaobserwowania w części środkowej kości obojczykowej i wyniosła ona 0,7501 mm. Ponownie wskaźnik bezpieczeństwa mówi nam, że kość w przypadku takiego obciążenia nie uległaby złamaniu.

7. Literatura

[1] - Banaś K., Wprowadzenie do MES, 2012

[2] - S. Pal - Design of Artificial Human Joints & Organs, 2014 – Springer, Chapter 2 “Mechanical properties of biological materials”

[3] - <https://pl.wikipedia.org/wiki/Ko%C5%9B%C4%87> – dostęp czerwiec 2017r.

[4] - [https://pl.wikipedia.org/wiki/Obojczyk_\(anatomia\)](https://pl.wikipedia.org/wiki/Obojczyk_(anatomia)) – dostęp czerwiec 2017r.

[5] - <http://techtutor.pl/wp-content/uploads/2013/01/siatka.jpg> - dostęp czerwiec 2017r.