



**Spis treści** Katedra Automatyki i Biomechaniki  
Politechniki Łódzkiej

1. Wstęp..... s. 4  
2. Cel pracy..... s. 5



**Część teoretyczna**

3. Wprowadzenie..... s. 6  
3.1 Histologia..... s. 6  
3.1.1 Tkanka chrząstka..... s. 6  
3.1.2 Tkanka kostna..... s. 7  
3.2 Anatomia..... s. 11  
3.2.1 Budowa..... s. 11  
3.2.2 Połączenia..... s. 12  
3.2.3 Właściwości mechaniczne klatki piersiowej..... s. 13  
3.2.4 Ruchomość klatki piersiowej..... s. 13  
3.2.5 Zakres ruchów..... s. 14  
3.2.6 Ruchy klatki piersiowej jako całości..... s. 14

**Praca  
Dyplomowa**

**„Metaliczne implanty  
stosowane w operacji  
lejkowatej klatki piersiowej”**

3.3 Układ oddechowy..... s. 15  
3.3.1 Układ oddechowy..... s. 16  
3.3.2 Układ oddechowy..... s. 16  
3.4 Metody badania..... s. 19  
3.4.1 Metoda badania..... s. 19  
3.4.2 Metoda badania..... s. 19  
3.4.3 Metoda badania..... s. 19  
3.4.4 Metoda badania..... s. 19  
3.4.5 Metoda badania..... s. 20  
3.5 Implanty klatki piersiowej..... s. 21  
4. Metoda badania – metoda elementów skończonych..... s. 23

**Część badawcza**

**Bartosz Łuczak**

5. Przygotowanie modelu klatki piersiowej..... s. 29  
6. Przygotowanie modelu implantu..... s. 31  
7. Wytwarzanie..... s. 32  
7.1 Własności..... s. 33  
7.1.1 Własności..... s. 34  
7.1.2 Własności..... s. 34  
7.1.3 Własności..... s. 34  
7.2 Badania klatki piersiowej..... s. 35  
7.3 Badania implantu..... s. 37  
7.3.1 Analiza naprężeń..... s. 37  
7.3.2 Analiza..... s. 39  
7.3.3 Analiza..... s. 41  
8. Konstrukcja nowego typu implantu..... s. 43

Nr albumu: 94438  
Wydział: Mechaniczny  
Kierunek: Mechanika i budowa maszyn  
Specjalność: Aparatura i sprzęt medyczny

**Promotor:**

**Prof. dr hab. inż. Jan Awrejcewicz**



## Spis treści:

1. Wstęp.....	s. 4
2. Cel pracy.....	s. 5

Część teoretyczna

3. Wprowadzenie.....	s. 6
3.1 Histologia.....	s. 6
3.1.1 Tkanka chrzęstna.....	s. 6
3.1.2 Tkanka kostna.....	s. 7
3.2 Anatomia.....	s. 11
3.2.1 Budowa klatki piersiowej.....	s. 11
3.2.2 Połączenia żeber i mostka.....	s. 12
3.2.3 Właściwości mechaniczne klatki piersiowej.....	s. 13
3.2.4 Ruchomość klatki piersiowej.....	s. 13
3.2.5 Zakres ruchów.....	s. 14
3.2.6 Ruchy klatki piersiowej jako całości.....	s. 14
3.3 Lejkowata klatka piersiowa.....	s. 15
3.3.1 Układ krążenia.....	s. 16
3.3.2 Układ oddechowy.....	s. 16
3.4 Metody korekcji lejkowatej klatki piersiowej.....	s. 16
3.4.1 Metoda Ravitcha z metalowym stabilizatorem....	s. 16
3.4.2 Metoda Ravitcha bez stabilizatora.....	s. 19
3.4.3 Metoda odwrócenia mostka „turnover”.....	s. 19
3.4.4 Metoda Nussa.....	s. 19
3.4.5 Metoda rekonstrukcji z implantem silikonowym. s.	20
3.5 Implanty klatki piersiowej.....	s. 21
4. Metoda badania – metoda elementów skończonych.....	s. 23

Część badawcza

5. Przygotowanie modelu klatki piersiowej.....	s. 29
6. Przygotowanie modelu implantu.....	s. 31
7. Wytrzymałościowe badania numeryczne MES.....	s. 32
7.1 Własności materiałowe.....	s. 33
7.1.1 Tkanka kostna.....	s. 34
7.1.2 Tkanka chrzęstna.....	s. 35
7.1.3 Stal medyczna 316L.....	s. 35
7.2 Badania klatki piersiowej.....	s. 35
7.3 Badania implantu.....	s. 37
7.3.1 Analiza naprężeń.....	s. 37
7.3.2 Analiza przemieszczeń.....	s. 39
7.3.3 Analiza zmęczeniowa.....	s. 41
7.4 Analiza i dyskusja otrzymanych wyników.....	s. 42
8. Konstrukcja nowego typu implantu.....	s. 43



9. Wnioski do dalszej analizy.....	s. 44
10. Wnioski końcowe.....	s. 46
11. Literatura.....	s. 47
12. Załączniki.....	s. 50
12.1 Analiza wpływu geometrii implantu na sztywność.....	s. 50
12.2 Rysunki techniczne opracowanego stabilizatora.....	s. 56
12.3 Zdjęcia z operacji lejkowatej klatki piersiowej.....	s. 57
12.4 Film z operacji lejkowatej klatki piersiowej.....	cd-rom
12.5 Animacja ruchu klatki piersiowej.....	cd-rom

Zniekształcenie pierwszego typu polega na wysunięciu do przodu mostka i wzniesieniu przedniego – tylnego klatki piersiowej. U chorych z klatką piersiową kurzą nie obserwuje się zaburzeń krążeniowo-oddechowych, lub są one nieznaczne. Korekcje tej wady przeprowadza się ze względów kosmetycznych.

Zniekształcenie drugiego typu, czyli lejkowata klatka piersiowa jest wadą, która występuje znacznie częściej (u około 85% chorych) [5, 13] dotykając w większości mężczyzn płci męskiej (70%). Widzimy w tych przypadkach lejkowate zagłębienie w dolnej części mostka. W zależności od stopnia zniekształcenia u chorych dzieci może wystąpić się niewydolność krążeniowa i oddechowa [13, 27], a także znaczny deficyt psychiczny oraz obniżona samoocena ze względu na wadliwy kształt klatki piersiowej [5, 11, 13, 16]

W większości metod operacyjnych do stabilizowania skorygowanego kształtu klatki piersiowej stosuje się metalowe implanty. Implant przebywa w organizmie człowieka przez czas od 6 do 24 miesięcy. Czas ten warunkowany jest przebiegiem kostnienia tkanek odbudowy wyciętych operacyjnie tkanek. Przez tak długi okres czasu metalowy stabilizator poddawany jest cyklicznym obciążeniom wynikającym z samego procesu oddechu (ok. 9 milionów cykli rocznie). W wyniku tych mikroruchów może dojść do pęknięć zmęczeniowych lub przemieszczeń implantu [6, 11, 12, 26]. Pęknięcie lub w najgorszym wypadku pęknięcie implantu niesie ze sobą ryzyko zranienia płucnej powodując bezpośrednie zagrożenie życia pacjenta [6, 12, 26]. Zwiększenie wytrzymałości mechanicznej i zmęczeniowej implantów pozwoliłoby uniknąć tego rodzaju niebezpieczeństw.