



POLSKA AKADEMIA NAUK  
INSTYTUT BIOCYBERNETYKI I INŻYNIERII BIOMEDYCZNEJ

## **Praca doktorska**

Proces gojenia ścięgna Achillesa oceniany przez fuzję danych z  
wykorzystaniem głębokich sieci neuronowych

Autor: mgr inż. Norbert Kapiński

Kierujący pracą: dr hab. inż. Antoni Grzanka

Promotor pomocniczy: dr Jakub Zieliński

Warszawa, wrzesień 2018



## **Streszczenie**

The abstract will go here....

W tym miejscu można umieścić abstrakt pracy. W przeciwnym wypadku należy usunąć/zakomentować niniejszy fragment kodu.



# Spis treści

<b>1</b>	<b>Wstęp</b>	<b>1</b>
<b>2</b>	<b>Cel i przebieg pracy</b>	<b>2</b>
<b>3</b>	<b>Monitorowanie procesu gojenia ścięgna Achillesa</b>	<b>3</b>
3.1	Ścięgno Achillesa . . . . .	3
3.1.1	Anatomia . . . . .	4
3.1.2	Biomechanika . . . . .	4
3.1.3	Urazy i czynniki im sprzyjające . . . . .	5
3.1.4	Leczenie, fazy gojenia i rehabilitacja . . . . .	5
3.2	Zastosowanie rezonansu magnetycznego . . . . .	5
3.3	Zastosowanie ultrasonografii . . . . .	5
3.4	Zastosowanie badań biomechanicznych . . . . .	5
3.5	Inne metody . . . . .	5
<b>4</b>	<b>Konwolucyjne sieci neuronowe</b>	<b>6</b>
4.1	Zarys historyczny . . . . .	6
4.2	Przykłady współczesnych topologii . . . . .	6
4.2.1	AlexNet . . . . .	6
4.2.2	GoogleNet . . . . .	6
4.2.3	ResNet . . . . .	6

4.2.4	Złożenia . . . . .	6
4.3	Zastosowania w medycynie . . . . .	6
4.4	Problem nadmiernego dopasowania . . . . .	6
4.5	Problem redukcji wymiarowości . . . . .	6
<b>5</b>	<b>Nowa metoda oceny procesu gojenia ścięgna Achillesa</b>	<b>7</b>
5.1	Metodyka . . . . .	7
5.2	Rozróżnienie ścięgna zdrowego i po zerwaniu . . . . .	7
5.3	Obliczanie krzywych gojenia . . . . .	7
5.3.1	Topologia sieci . . . . .	7
5.3.2	Redukcja wymiarowości . . . . .	7
5.3.3	Miara wygojenia . . . . .	7
<b>6</b>	<b>Wyniki i walidacja</b>	<b>8</b>
6.1	Ocena procesu gojenia z użyciem nowej metody . . . . .	8
6.2	Porównanie z wynikami z rezonansu magnetycznego . . . . .	8
6.3	Porównanie z wynikami ultrasonografii . . . . .	8
6.4	Porównanie z wynikami badań biomechanicznych . . . . .	8
<b>7</b>	<b>Podsumowanie</b>	<b>9</b>
	<b>Bibliografia</b>	<b>10</b>
<b>A</b>	<b>AchillesDL: System komputerowego wspomaganie oceny gojenia ścię-</b>	
	<b>gien i więzadeł</b>	<b>11</b>

# Spis rysunków

3.1	Lokalizacja mięśnia trójgłowego łydki wraz ze ścięgnem Achillesa. . . .	3
-----	---	---

# Spis tabel



# Rozdział 1

## Wstęp

## Rozdział 2

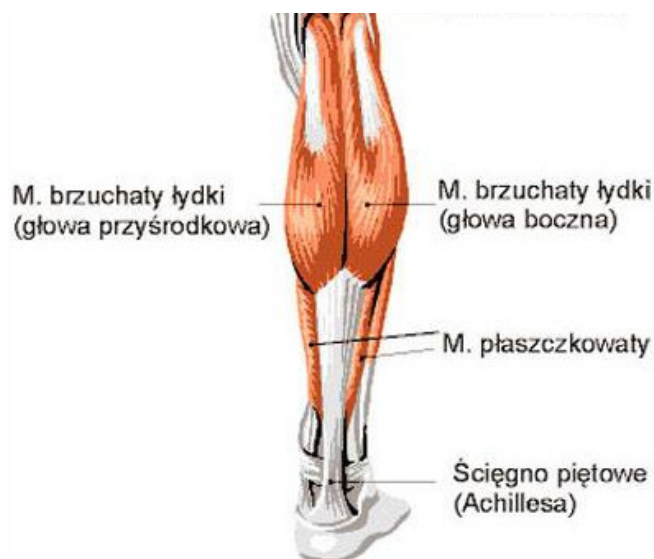
### Cel i przebieg pracy

## Rozdział 3

# Monitorowanie procesu gojenia ścięgna Achillesa

### 3.1 Ścięgno Achillesa

Ścięgno Achillesa, nazywane również ścięgnem piętowym, jest największym i najsilniejszym ścięgnem występującym w ciele ludzkim. Stanowi wspólne zakończenie mięśnia trójgłowego łydki, w którego skład wchodzić dwie głowy mięśnia brzuchatego i mięsień płaszczkowaty. Całość struktury zlokalizowana jest w tylnym, powierzchownym przedziale łydki, co zostało przedstawione na Rysunku 3.1. Z obu głów (brzuśców)



Rysunek 3.1: Lokalizacja mięśnia trójgłowego łydki wraz ze ścięgnem Achillesa.

mięśnia brzuchatego łydki wyrasta jedno szerokie, płaskie ścięgno, które jest początkiem części brzuchatej ścięgna Achillesa. Następnie ścięgno to łączy się z włóknami pochodzącymi od mięśnia płaszczkowatego, które układają się stycznie do wcześniej powstałej struktury. Wówczas kształt ulega stopniowemu zwężeniu i zaokrągleniu, aż do punktu o minimalnej szerokości (około 4 cm nad przyczepem dolnym [1]). W rejonie samego przyczepu dolnego znajdującego się na tylnej powierzchni kości piętowej, ścięgno ponownie jest płaskie i szerokie.

W kolejnych podsekcjach szczegółowo omówiona została anatomia ścięgna Achillesa, jego biomechanika, potencjalne urazy wraz z czynnikami im sprzyjającymi oraz proces gojenia i możliwości jego wspomagania. Wszystkie te aspekty są istotne z uwagi na możliwości monitorowania procesów fizjologicznych występujących w ścięgnie.

### 3.1.1 Anatomia

Średnia długość ścięgna Achillesa to 15 cm (11 - 26 cm). Średnia szerokość w rejonie początku wynosi 6.8 cm (4,5 - 8, 6 cm). Następnie, stopniowo ścięgno ulega zwężeniu do punktu o minimalnej szerokości 1.8 cm (1,2 - 2,6 cm). W rejonie samego przyczepu struktura ponownie się rozszerza i jej szerokość wynosi średnio 3.4 cm (2,0 - 4,8 cm) [2-3]. Zewnętrzną część ścięgna Achillesa stanowi ościęgno utworzone z tkanki łącznej włóknistej. Achil -Histologia -Unaczynienie (krew, nerwy)

### 3.1.2 Biomechanika

Zadaniem ścięgien jest transfer siły mięśniowej do układu szkieletowego.

**3.1.3 Urazy i czynniki im sprzyjające**

**3.1.4 Leczenie, fazy gojenia i rehabilitacja**

**3.2 Zastosowanie rezonansu magnetycznego**

**3.3 Zastosowanie ultrasonografii**

**3.4 Zastosowanie badań biomechanicznych**

**3.5 Inne metody**

# Rozdział 4

## Konwolucyjne sieci neuronowe

Konwolucyjne sieci neuronowe (ang. Convolutional Neural Networks)

### 4.1 Zarys historyczny

### 4.2 Przykłady współczesnych topologii

#### 4.2.1 AlexNet

#### 4.2.2 GoogleNet

#### 4.2.3 ResNet

#### 4.2.4 Złożenia

### 4.3 Zastosowania w medycynie

### 4.4 Problem nadmiernego dopasowania

### 4.5 Problem redukcji wymiarowości

## Rozdział 5

# Nowa metoda oceny procesu gojenia ścięgna Achillesa

### 5.1 Metodyka

### 5.2 Rozróżnienie ścięgna zdrowego i po zerwaniu

### 5.3 Obliczanie krzywych gojenia

#### 5.3.1 Topologia sieci

#### 5.3.2 Redukcja wymiarowości

#### 5.3.3 Miara wygojenia

## Rozdział 6

### Wyniki i walidacja

- 6.1 Ocena procesu gojenia z użyciem nowej metody
- 6.2 Porównanie z wynikami z rezonansu magnetycznego
- 6.3 Porównanie z wynikami ultrasonografii
- 6.4 Porównanie z wynikami badań biomechanicznych



## Rozdział 7

### Podsumowanie

# Bibliografia

- [1] Witold Pokorski and Graham G. Ross. Flat directions, string compactification and three generation models. 1998.

## Dodatek A

**AchillesDL: System komputerowego  
wspomagania oceny gojenia ścięgien  
i więzadeł**