

**Cezary Rzymkowski**

Politechnika Warszawska, Wydział Mechaniczny Energetyki i Lotnictwa

## **WPROWADZENIE DO BIOMECHANIKI**

### **T5. Sterowanie układem mięśniowym**

Wykład współfinansowany ze środków Unii Europejskiej  
w ramach Europejskiego Funduszu Społecznego,  
udostępniany nieodpłatnie



**KAPITAŁ LUDZKI**  
NARODOWA STRATEGIA SPÓJNOŚCI

**UNIA EUROPEJSKA**  
EUROPEJSKI  
FUNDUSZ SPOŁECZNY



## **UKŁAD NERWOWY**

### **Układ nerwowy**

- ❖ Narządy zmysłów
- ❖ Ośrodkowy układ nerwowy
- ❖ Autonomiczny układ nerwowy



**KAPITAŁ LUDZKI**  
NARODOWA STRATEGIA SPÓJNOŚCI

#### **WPROWADZENIE DO BIOMECHANIKI**

Wykład współfinansowany ze środków Unii Europejskiej  
w ramach Europejskiego Funduszu Społecznego,  
udostępniany nieodpłatnie

**UNIA EUROPEJSKA**  
EUROPEJSKI  
FUNDUSZ SPOŁECZNY



## UKŁAD NERWOWY

### Narządy zmysłów

- ❖ Odbieranie bodźców ze świata zewnętrznego i wnętrza ustroju
- ❖ Przekazywanie impulsów przez nerwy zmysłowe do mózgowia
- ❖ Rodzaje narządów zmysłów:
  - narząd wzroku (receptory bodźców świetlnych),
  - narząd słuchu (receptory fal dźwiękowych – słuchowe),
  - narząd smaku i powonienia (chemoreceptory – kubki smakowe),
  - narząd równowagi (narządy otolitowe – wykrywanie przyspieszenia liniowego),
  - narządy czucia powierzchniowego i głębokiego (mechanoreceptory).



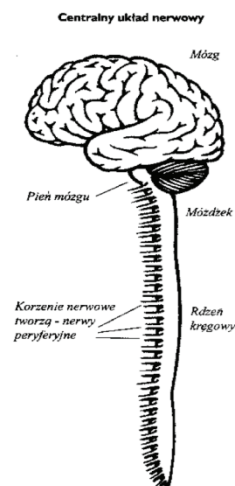
**WPROWADZENIE DO BIOMECHANIKI**  
Wykład współfinansowany ze środków Unii Europejskiej  
w ramach Europejskiego Funduszu Społecznego,  
udostępniany nieodpłatnie



## UKŁAD NERWOWY

### Ośrodkowy układ nerwowy

- ❖ Umożliwia odbieranie i analizę bodźców ze świata zewnętrznego oraz z wnętrza ciała.
- ❖ Zapewnia prawidłowe reakcje organizmu na bodźce (np. ruch mięśni).
- ❖ Składa się z mózgowia (mózg, pień mózgu oraz mózdzek) oraz rdzenia kręgowego.



<http://www.eioba.pl>



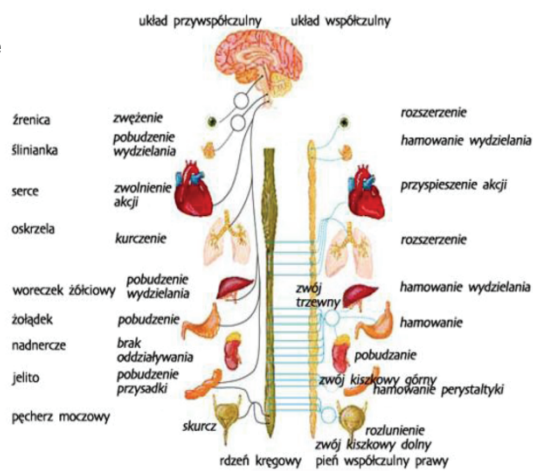
**WPROWADZENIE DO BIOMECHANIKI**  
Wykład współfinansowany ze środków Unii Europejskiej  
w ramach Europejskiego Funduszu Społecznego,  
udostępniany nieodpłatnie



## UKŁAD NERWOWY

### Autonomiczny (wegetatywny) układ nerwowy

- ❖ Działa niezależnie od siły woli i odpowiada m.in. za unerwienie narządów wewnętrznych (ruch jelit, wydzielanie soku żołądkowego).
- ❖ Reguluje temperaturę ciała.
- ❖ Reguluje tętno.
- ❖ Reguluje ciśnienie krwi.



<http://encyklopedia.pwn.pl>



KAPITAŁ LUDZKI  
NARODOWA STRATEGIA SPÓJNOŚCI

#### WPROWADZENIE DO BIOMECHANIKI

Wykład współfinansowany ze środków Unii Europejskiej  
w ramach Europejskiego Funduszu Społecznego,  
udostępniany nieodpłatnie



UNIA EUROPEJSKA  
EUROPEJSKI  
FUNDUSZ SPOŁECZNY

## UKŁAD NERWOWY

### Podstawowe funkcje układu nerwowego

- ❖ Pobudliwość → siatkówka oka jest pobudzana przez światło, ucho wewnętrzne jest pobudzane przez fale dźwiękowe.
- ❖ Przewodzenie → impuls przepływa przez błonę nerwową do ośrodkowego układu nerwowego lub z ośrodkowego układu nerwowego do poszczególnych organów (np. do mięśni).
- ❖ Integracja i regulacja → w ośrodkowym układzie nerwowym impulsy są zbierane, analizowane i przetwarzane w odpowiednią reakcję (np. ruch ręki).



KAPITAŁ LUDZKI  
NARODOWA STRATEGIA SPÓJNOŚCI

#### WPROWADZENIE DO BIOMECHANIKI

Wykład współfinansowany ze środków Unii Europejskiej  
w ramach Europejskiego Funduszu Społecznego,  
udostępniany nieodpłatnie



UNIA EUROPEJSKA  
EUROPEJSKI  
FUNDUSZ SPOŁECZNY

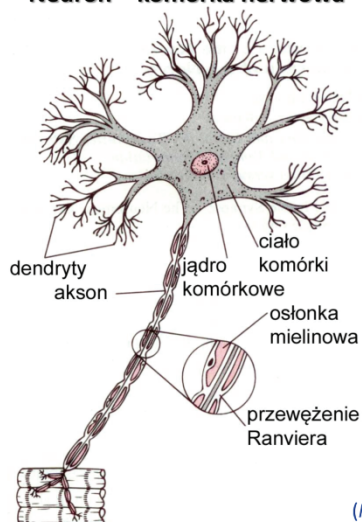
## UKŁAD NERWOWY

### Neuron – komórka nerwowa

- ❖ Elektrycznie pobudliwa komórka zdolna do przetwarzania i przewodzenia impulsów elektrycznych
- ❖ Zbudowany jest z:
  - ciała komórki,
  - dendrytów – krótkich włókien nerwowych,
  - aksonu – dłuższego włókna nerwowego.
- ❖ W dużych włóknach nerwowych (unerwiających w głównej mierze mięśnie szkieletowe) akson jest otoczony otoczką mielinową, która jest:
  - zbudowana z tłuszczów oraz białek (wytwarzana przez komórki glejowe),
  - nie jest ciągła → przerwy noszą nazwę przewężeń Ranviera.

## UKŁAD NERWOWY

### Neuron – komórka nerwowa



(Na podstawie: Fox E. et al., 1993)

## UKŁAD NERWOWY – STEROWANIE UKŁADEM MIĘŚNIOWYM

### Impuls nerwowy (potencjał czynnościowy)

- ❖ Przejściowa zmiana potencjału błonowego komórki
- ❖ Depolaryzacja i repolaryzacja impulsu nerwowego jest krótkotrwała i trwa mniej niż 1ms.
- ❖ Wartość potencjału czynnościowego błony:
  - poziom potencjału spoczynkowego: ok. -70mV
  - poziom potencjału krytycznego (progowego): ok. -50mV
  - maksymalna wartość potencjału: ok. 30mV



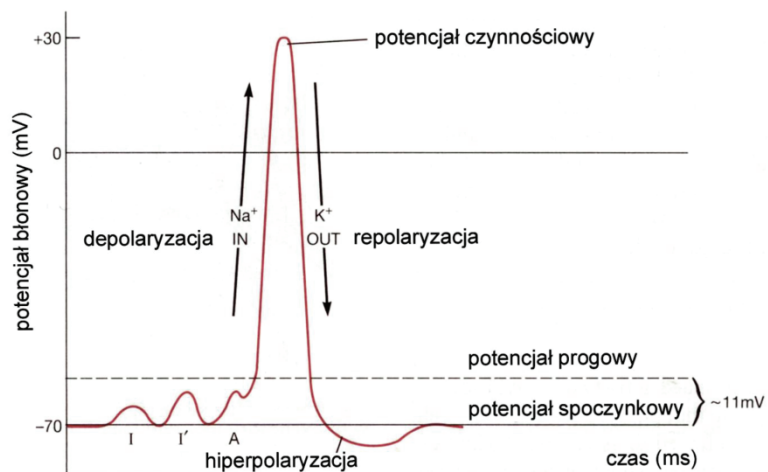
#### WPROWADZENIE DO BIOMECHANIKI

Wykład współfinansowany ze środków Unii Europejskiej  
w ramach Europejskiego Funduszu Społecznego,  
udostępniany nieodpłatnie



## UKŁAD NERWOWY – STEROWANIE UKŁADEM MIĘŚNIOWYM

### Impuls nerwowy (potencjał czynnościowy)



(Na podstawie: Fox E. et al., 1993)



#### WPROWADZENIE DO BIOMECHANIKI

Wykład współfinansowany ze środków Unii Europejskiej  
w ramach Europejskiego Funduszu Społecznego,  
udostępniany nieodpłatnie



## UKŁAD NERWOWY – STEROWANIE UKŁADEM MIĘŚNIOWYM

### łuk odruchowy

- ❖ Droga impulsu nerwowego od receptora bodźca do efektor
- ❖ Składa się z:
  - receptora,
  - nerwu czuciowego – dośrodkowej drogi doprowadzającej (aferejentnej),
  - ośrodka nerwowego,
  - drogi odprowadzającej (eferentnej),
  - efektor.
- ❖ Umożliwia szybką reakcję obronną – reakcję automatyczną (odruch bezwarunkowy).
- ❖ Proces odbywa się na poziomie rdzenia kręgowego.



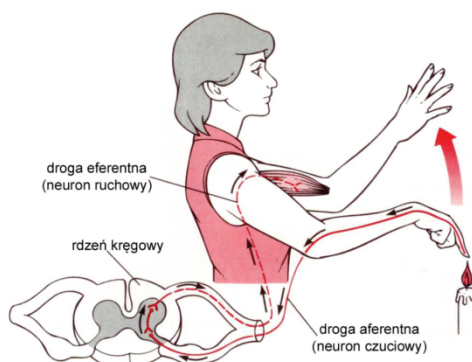
#### WPROWADZENIE DO BIOMECHANIKI

Wykład współfinansowany ze środków Unii Europejskiej  
w ramach Europejskiego Funduszu Społecznego,  
udostępniany nieodpłatnie



## UKŁAD NERWOWY – STEROWANIE UKŁADEM MIĘŚNIOWYM

### łuk odruchowy



(Na podstawie: Fox E. et al., 1993)



#### WPROWADZENIE DO BIOMECHANIKI

Wykład współfinansowany ze środków Unii Europejskiej  
w ramach Europejskiego Funduszu Społecznego,  
udostępniany nieodpłatnie



## UKŁAD NERWOWY – STEROWANIE UKŁADEM MIĘŚNIOWYM

### Synapsa

- ❖ Miejsce komunikacji (połączenia) błony aksonu jednej komórki z błoną komórkową drugiej komórki.
- ❖ Przeniesienie impulsu nerwowego następuje przy udziale substancji o charakterze neuroprzekaźnika:
  - mediatora synaptycznego (synapsy chemiczne),
  - impulsu elektrycznego (synapsy elektryczne).
- ❖ Połączenia synaptyczne:
  - nerwowo – nerwowe (między dwoma komórkami nerwowymi),
  - nerwowo – mięśniowe (między komórką nerwowa a komórką mięśniową),
  - nerwowo – gruczołowe (między komórką nerwową a gruczołem).



KAPITAŁ LUDZKI  
NARODOWA STRATEGIA SPÓŁNOŚCI

#### WPROWADZENIE DO BIOMECHANIKI

Wykład współfinansowany ze środków Unii Europejskiej  
w ramach Europejskiego Funduszu Społecznego,  
udostępniany nieodpłatnie



UNIA EUROPEJSKA  
EUROPEJSKI  
FUNDUSZ SPOŁECZNY

## UKŁAD NERWOWY – STEROWANIE UKŁADEM MIĘŚNIOWYM

### Synapsa nerwowo - mięśniowa

- ❖ Akson komórki nerwowej w pobliżu komórki mięśniowej traci osłonkę mielinową.
- ❖ Końcówka rozgałęzia się (błona presynaptyczna) łączy się z błoną komórki mięśniowej (błona postsynaptyczna).
- ❖ Przestrzeń między błonami to przestrzeń synaptyczna.
- ❖ Na błonie presynaptycznej znajdują się pęcherzyki z acetylocholiną (lub np. serotoniną lub dopaminą), która jest uwalniana do przestrzeni synaptycznej.
- ❖ Przepływ impulsu



Źródło: [http://static.opracowania.pl/images/187396/synapsa\\_chemiczna.jpg](http://static.opracowania.pl/images/187396/synapsa_chemiczna.jpg)



KAPITAŁ LUDZKI  
NARODOWA STRATEGIA SPÓŁNOŚCI

#### WPROWADZENIE DO BIOMECHANIKI

Wykład współfinansowany ze środków Unii Europejskiej  
w ramach Europejskiego Funduszu Społecznego,  
udostępniany nieodpłatnie



UNIA EUROPEJSKA  
EUROPEJSKI  
FUNDUSZ SPOŁECZNY

## UKŁAD NERWOWY – STEROWANIE UKŁADEM MIĘŚNIOWYM

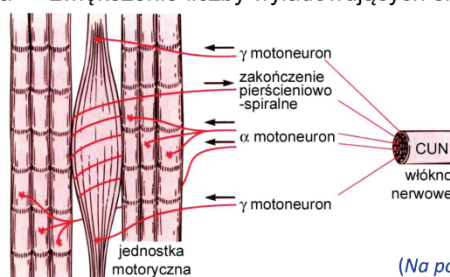
### Proprioreceptory

- ❖ Wrażliwe na siły mechaniczne
- ❖ Znajdują się w narządach ruchu
- ❖ Odpowiadają za czucie głębokie i równowagę ciała
- ❖ Ich pobudzenie wytwarza ruchy regulujące napięcie mięśniowe
  
- ❖ Proprioreceptory:
  - Wrzecionko nerwowo – mięśniowe
  - Narządy ścięgniste Golgiego
  - Wolne zakończenia nerwowe w stawach (receptory stawowe)

## UKŁAD NERWOWY – STEROWANIE UKŁADEM MIĘŚNIOWYM

### Wrzecionko nerwowo - mięśniowe

- ❖ Zbudowane są z 2-10 miocytów (cienkich komórek mięśniowych).
- ❖ Miocyty te są podzielone na dwie grupy różniące się ułożeniem jąder (woreczkowe, łańcuskowe), długością oraz średnicą.
- ❖ Stałe obciążenie → stała częstotliwość wyładowań
- ❖ Wzrost rozciągnięcia → zwiększenie częstotliwości wyładowań
- ❖ Wzrost obciążenia → zwiększenie liczby wyładowujących się receptorów



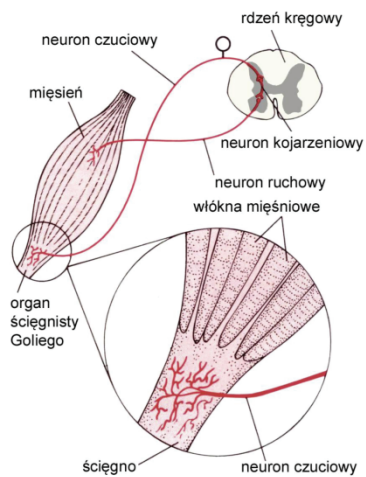
(Na podstawie: Fox E. et al., 1993)



## UKŁAD NERWOWY – STEROWANIE UKŁADEM MIĘŚNIOWYM

### Narządy ścięgniste Golgiego

- ❖ Receptory miotatyczne znajdujące się w ścięgnie w pobliżu przejścia w tkankę mięśniową.
- ❖ Są niewrażliwe na rozciąganie.
- ❖ Skurcz powodowany przez sąsiednie komórki mięśniowe.
- ❖ Zapobiegają m.in. oderwaniu się mięśnia w miejscu przyczepu.



(Na podstawie: Fox E. et al., 1993)



**WPROWADZENIE DO BIOMECHANIKI**  
Wykład współfinansowany ze środków Unii Europejskiej  
w ramach Europejskiego Funduszu Społecznego,  
udostępniany nieodpłatnie



## UKŁAD NERWOWY – STEROWANIE UKŁADEM MIĘŚNIOWYM

### Wolne zakończenia nerwowe w stawach

- ❖ Można je znaleźć w:
  - ścięgnach,
  - więzadłach,
  - okostnej,
  - mięśniach,
  - torebkach stawowych.
- ❖ Wysyłają informacje do ośrodkowego układu nerwowego, np. o kącie zgięcia stawu lub zmianie jego położenia
- ❖ Przykładowe receptory:
  - ciało Krausego,
  - ciało Paciniego ,
  - ciało Ruffiego.



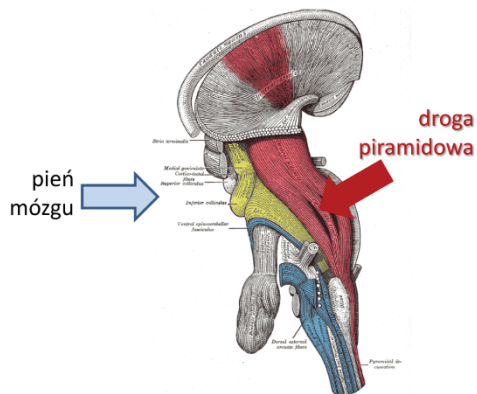
**WPROWADZENIE DO BIOMECHANIKI**  
Wykład współfinansowany ze środków Unii Europejskiej  
w ramach Europejskiego Funduszu Społecznego,  
udostępniany nieodpłatnie



## UKŁAD NERWOWY – STEROWANIE UKŁADEM MIĘŚNIOWYM

### Układ piramidowy

- ❖ Część układu nerwowego odpowiedzialna za kontrolę ruchów i postawę ciała
- ❖ Droga korowo - jądrowa unerwia:
  - mięśnie twarzoczaszki,
  - mięśnie szyi,
  - mięsień czworoboczny.
- ❖ Droga korowo – rdzeniowa:
  - unerwia resztę mięśni organizmu.
- ❖ Układ piramidowy zajmuje się czynnościami wymagającymi skupienia.



([https://pl.wikipedia.org/wiki/Uk%C5%82ad\\_piramidowy#/media/File:Gray684.png](https://pl.wikipedia.org/wiki/Uk%C5%82ad_piramidowy#/media/File:Gray684.png))



**WPROWADZENIE DO BIOMECHANIKI**  
Wykład współfinansowany ze środków Unii Europejskiej  
w ramach Europejskiego Funduszu Społecznego,  
udostępniany nieodpłatnie



## UKŁAD NERWOWY – STEROWANIE UKŁADEM MIĘŚNIOWYM

### Układ pozapiramidowy (podkorowy)

- ❖ Wraz z układem piramidowym bierze udział w czynnościach ruchowych organizmu.
- ❖ Automatyzuje czynności będące wcześniej pod kontrolą układu piramidowego.
- ❖ Odciąża układ piramidowy.

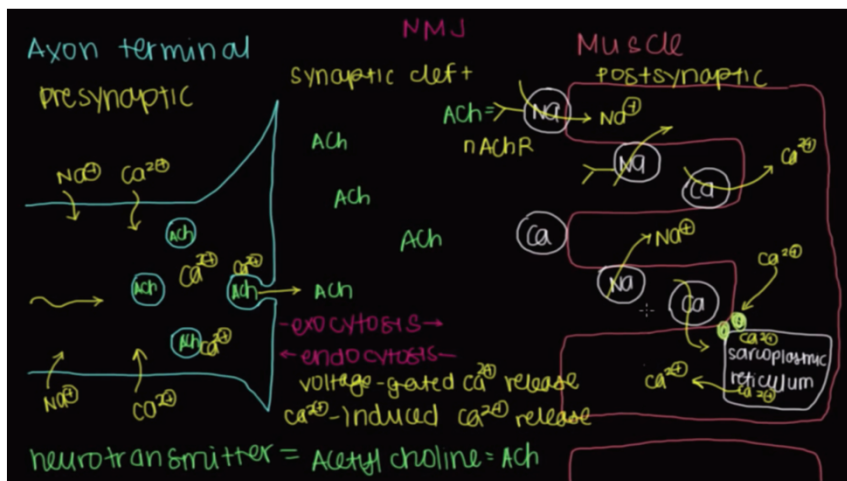


**WPROWADZENIE DO BIOMECHANIKI**  
Wykład współfinansowany ze środków Unii Europejskiej  
w ramach Europejskiego Funduszu Społecznego,  
udostępniany nieodpłatnie



### Sterowanie układem mięśniowym

<https://www.youtube.com/watch?v=IRJd56BCidg>

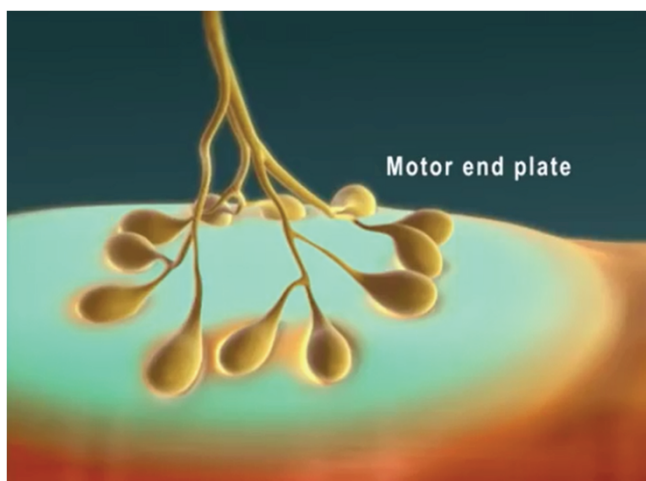


**WPROWADZENIE DO BIOMECHANIKI**  
 Wykład współfinansowany ze środków Unii Europejskiej  
 w ramach Europejskiego Funduszu Społecznego,  
 udostępniany nieodpłatnie



### Sterowanie układem mięśniowym

<https://www.youtube.com/watch?v=CLS84OoHJnQ>



**WPROWADZENIE DO BIOMECHANIKI**  
 Wykład współfinansowany ze środków Unii Europejskiej  
 w ramach Europejskiego Funduszu Społecznego,  
 udostępniany nieodpłatnie



## Uwagi końcowe, źródła, piśmiennictwo

- ❖ Podstawowe źródło wykorzystanych informacji i części ilustracji:  
Fox E., Bowers R., Foss M.: *The Physiological Basis for Exercise and Sport*, 5<sup>th</sup> ed., WCB Brown & Benchmark Publ., Madison, WI, 1993.
- ❖ Źródłem części ilustracji były ogólnodostępne zasoby internetu.
- ❖ Warto zapoznać się:
  - rozdziałem 6. wymienionej wyżej książki,
  - z materiałami filmowymi udostępnianymi w serwisie *YOUTUBE*, np.:  
<https://www.youtube.com/watch?v=IRJd56BCidg>  
<https://www.youtube.com/watch?v=CLS84OoHJnQ>



KAPITAŁ LUDZKI  
NARODOWA STRATEGIA SPÓJNOŚCI

### WPROWADZENIE DO BIOMECHANIKI

Wykład współfinansowany ze środków Unii Europejskiej  
w ramach Europejskiego Funduszu Społecznego,  
udostępniany nieodpłatnie



UNIA EUROPEJSKA  
EUROPEJSKI  
FUNDUSZ SPOŁECZNY

## Dziękuję za uwagę



Wykład współfinansowany ze środków Unii Europejskiej  
w ramach Europejskiego Funduszu Społecznego,  
udostępniany nieodpłatnie



KAPITAŁ LUDZKI  
NARODOWA STRATEGIA SPÓJNOŚCI

UNIA EUROPEJSKA  
EUROPEJSKI  
FUNDUSZ SPOŁECZNY

