

## Cezary Rzymkowski

Politechnika Warszawska, Wydział Mechaniczny Energetyki i Lotnictwa

### WPROWADZENIE DO BIOMECHANIKI

#### T6. Biomechanika tkanki kostnej, adaptacja funkcjonalna kości

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



**KAPITAŁ LUDZKI**  
NARODOWA STRATEGIA SPÓJNOŚCI

**UNIA EUROPEJSKA**  
EUROPEJSKI  
FUNDUSZ SPOŁECZNY



### BUDOWA TKANKI KOSTNEJ

- ❖ Tkanka kostna składa się zarówno z substancji **organicznych** jak i **nieorganicznych**.
- ❖ Części organiczne kości (35%) – odpowiadają (głównie kolagen) za oporność na łamanie pod wpływem naprężeń:
  - żywe komórki – osteoblasty (odpowiadają za budowę tkanki kostnej) i osteoklasty (odpowiadają za usuwanie i wchłanianie tkanki kostnej) – pozwalają na wzrost, leczenie oraz przystosowanie do zmieniających się warunków,
  - substancja międzykomórkowa – glikoproteiny (białka modyfikowane cukrami), proteoglikany (cukry modyfikowane aminokwasami),
  - kolagen.
- ❖ Części nieorganiczne kości (65%) – odpowiadają za twardość:
  - sole nieorganiczne (głównie fosforan wapnia).



**KAPITAŁ LUDZKI**  
NARODOWA STRATEGIA SPÓJNOŚCI

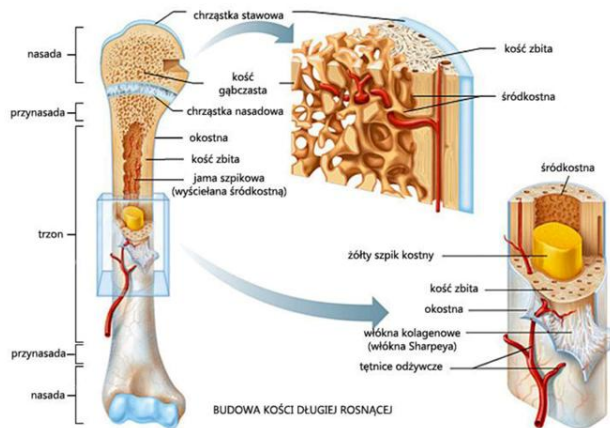
**WPROWADZENIE DO BIOMECHANIKI**  
Wykład współfinansowany ze środków Unii Europejskiej  
w ramach Europejskiego Funduszu Społecznego,  
udostępniany nieodpłatnie

**UNIA EUROPEJSKA**  
EUROPEJSKI  
FUNDUSZ SPOŁECZNY



## BUDOWA WEWNĘTRZNA KOŚCI

Kość na pierwszy rzut oka, wydaje się mieć jednolitą strukturę, jednakże żywa kość to skomplikowana sieć kanałów i elementów stałych o różnych własnościach.



<http://www.swiatczarnogoteriera.republika.pl/images/zdjecia/anatomia/c.jpg>



KAPITAŁ LUDZKI  
NARODOWA STRATEGIA SPÓJNOŚCI

### WPROWADZENIE DO BIOMECHANIKI

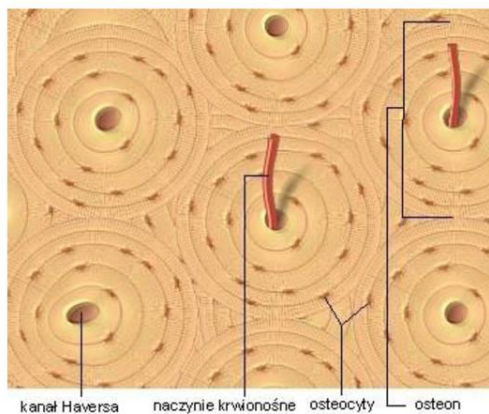
Wykład współfinansowany ze środków Unii Europejskiej  
w ramach Europejskiego Funduszu Społecznego,  
udostępniany nieodpłatnie

UNIA EUROPEJSKA  
EUROPEJSKI  
FUNDUSZ SPOŁECZNY



## BUDOWA WEWNĘTRZNA KOŚCI

Kość na pierwszy rzut oka, wydaje się mieć jednolitą strukturę, jednakże żywa kość to skomplikowana sieć kanałów i elementów stałych o różnych własnościach.



<http://www.edukator.pl/pix/users/Image/6plus/rys12895.jpg>



KAPITAŁ LUDZKI  
NARODOWA STRATEGIA SPÓJNOŚCI

### WPROWADZENIE DO BIOMECHANIKI

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

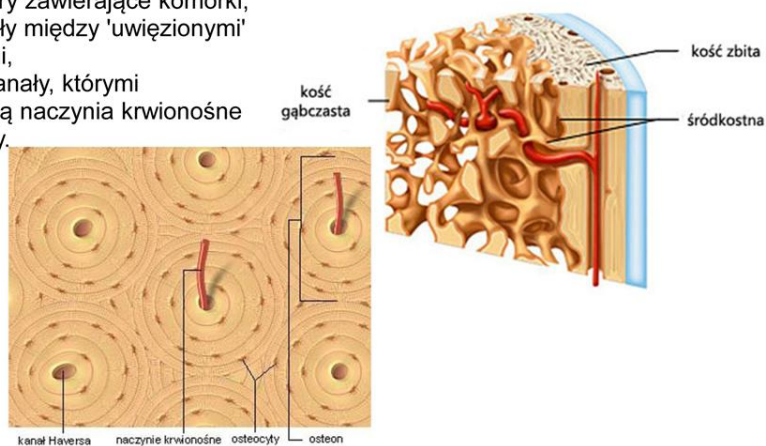
UNIA EUROPEJSKA  
EUROPEJSKI  
FUNDUSZ SPOŁECZNY



## BUDOWA WEWNĘTRZNA KOŚCI

Kości to bardzo stabilne struktury, ale nie są całkowicie jednorodne; w kościach występują między innymi:

- małe otwory zawierające komórki,
- małe kanały między 'uwięzionymi' komórkami,
- większe kanały, którymi przebiegają naczynia krwionośne oraz nerwy.



### WPROWADZENIE DO BIOMECHANIKI

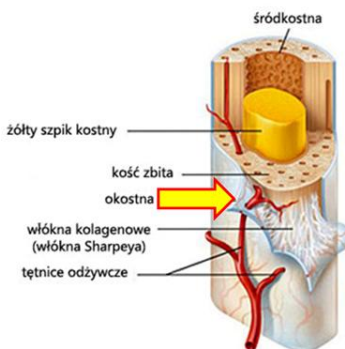
Wykład współfinansowany ze środków Unii Europejskiej  
w ramach Europejskiego Funduszu Społecznego,  
udostępniany nieodpłatnie



## BUDOWA WEWNĘTRZNA KOŚCI

### Okostna

- ❖ Podwójna, błoniasta membrana otaczająca zewnętrzną powierzchnię kości.
- ❖ Twarda, włóknista warstwa zewnętrzna służy jako powłoka ochronna; warstwa wewnętrzna (warstwa kościotwórcza) odpowiada na wzrost oraz przekształcenia kości; składa się, w znacznym stopniu, z osteoblastów oraz osteoklastów.



### WPROWADZENIE DO BIOMECHANIKI

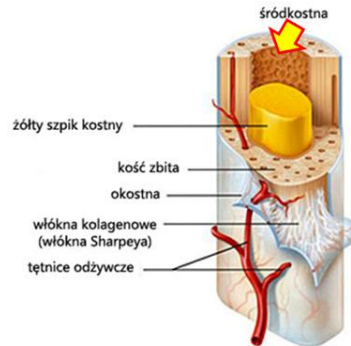
Wykład współfinansowany ze środków Unii Europejskiej  
w ramach Europejskiego Funduszu Społecznego,  
udostępniany nieodpłatnie



## BUDOWA WEWNĘTRZNA KOŚCI

### Śródkostna

- ❖ Membrana pokrywająca znajdującą się w kościach długich jamę szpikową oraz inne kanały przebiegające w kościach.
- ❖ Podobnie jak okostna, śródkostna również składa się, w znacznym stopniu z osteoblastów i osteoklastów, co umożliwia wzrost kości również od wewnątrz.



## TKANKA KOSTNA

### Komórki kości

- ❖ **Komórki osteogenne (prekursorowe):**
  - znajdują się w okostnej i śródkostnej,
  - pozostają w stanie spoczynku aż do zadziałania bodźca,
  - pod wpływem bodźców zmieniają się, przekształcając się w osteoblasty.
- ❖ **Komórki kościotwórcze (osteoblasty):**
  - tworzą kości,
  - nie podlegają mitozie, co oznacza, że nie mają zdolności reprodukcyjnych,
  - powstają z komórek osteogennych w procesie zwanym „różnicowaniem”,
  - są odpowiedzialne za syntezę i mineralizację tkanki kostnej.

## TKANKA KOSTNA

### Komórki kości

#### ❖ Osteocyty:

- dojrzałe komórki kostne powstające z osteoblastów w wyniku ich mineralizacji,
- znajdują się w tzw. jamkach kostnych,
- podstawowym zadaniem jest wymiana substancji odżywczych i metabolitów (pomoc przy usuwaniu zbędnych produktów z kości) w kości,
- kontaktują się z sąsiednimi osteoblastami oraz osteoklastami poprzez wypustki cytoplazmatyczne.

#### ❖ Komórki kościogubne (osteoklasty):

- ich zadaniem jest niszczenie i usuwanie tkanki kostnej,
- posiadają kilka jąder komórkowych,
- powstają z komórek macierzystych szpiku kostnego.



KAPITAŁ LUDZKI  
NARODOWA STRATEGIA SPÓJNOŚCI

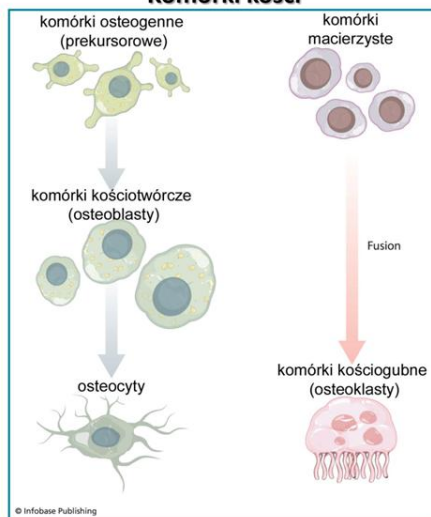
**WPROWADZENIE DO BIOMECHANIKI**  
Wykład współfinansowany ze środków Unii Europejskiej  
w ramach Europejskiego Funduszu Społecznego,  
udostępniany nieodpłatnie



UNIA EUROPEJSKA  
EUROPEJSKI  
FUNDUSZ SPOŁECZNY

## TKANKA KOSTNA

### Komórki kości



Na podstawie:  
Stewart, Gregory J.: *The Skeletal and Muscular Systems*, Infobase Publishing, New York 2009.



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

## TKANKA KOSTNA

### Szpik kostny

#### ❖ Szpik czerwony:

- jest miejscem produkcji i odnowy komórek krwi (erytrocytów, leukocytów, trombocytów),
- u osób dorosłych czerwony szpik kostny występuje jedynie w kościach płaskich oraz w nasadach kości długich (w wieku dziecięcym wypełnia wszystkie kości).

#### ❖ Szpik żółty:

- powstaje na skutek stłuszczenia się czerwonego szpiku kostnego,
- nie ma właściwości krwiotwórczych,
- w sytuacji zagrożenia ma zdolność przekształcania się ponownie w czerwony szpik kostny.



KAPITAŁ LUDZKI  
NARODOWA STRATEGIA SPÓJNOŚCI

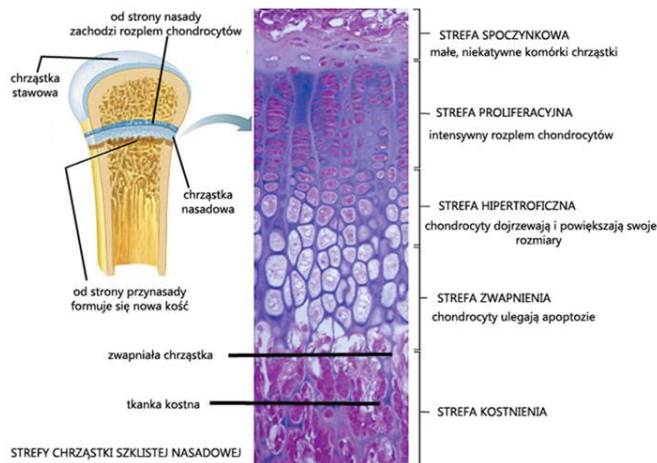
**WPROWADZENIE DO BIOMECHANIKI**  
Wykład współfinansowany ze środków Unii Europejskiej  
w ramach Europejskiego Funduszu Społecznego,  
udostępniany nieodpłatnie



UNIA EUROPEJSKA  
EUROPEJSKI  
FUNDUSZ SPOŁECZNY

## TKANKA KOSTNA

### Osteogeneza (kostnienie – zastępowanie tkanki chrzęstnej tkanką kostną)



<http://www.swiatczarnogoteriera.republika.pl/images/zdjecia/anatomia/f.jpg>



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

## TKANKA KOSTNA

### Naprawa kości (gojenie złamań)

1. Złamanie/pęknięcie
2. Powstanie krwiaka w miejscu złamania (powstają nowe naczynia krwionośne)
3. Wokół krwiaka formuje się miękka kostnina
4. Osteoblasty tworzą twardą kostninę, aby wzmocnić kostninę miękką
5. Osteoklasty usuwają nadmiar tkanki kostnej oraz kostniny – kość zostaje ostatecznie przebudowana

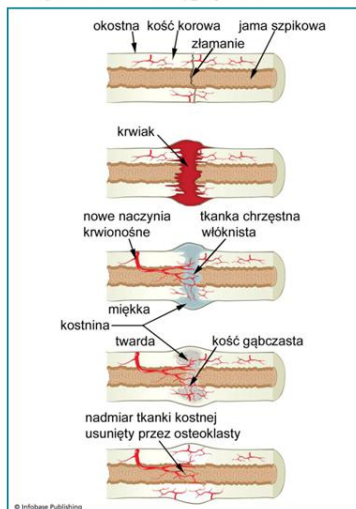


**WPROWADZENIE DO BIOMECHANIKI**  
Wykład współfinansowany ze środków Unii Europejskiej  
w ramach Europejskiego Funduszu Społecznego,  
udostępniany nieodpłatnie



## TKANKA KOSTNA

### Naprawa kości (gojenie złamań)



Na podstawie:  
Stewart, Gregory J.: *The Skeletal and Muscular Systems*, Infobase Publishing, New York 2009.



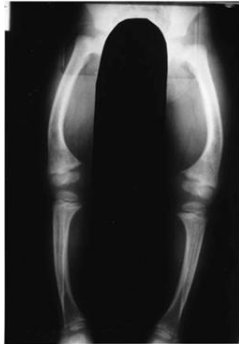
**WPROWADZENIE DO BIOMECHANIKI**  
Wykład współfinansowany ze środków Unii Europejskiej  
w ramach Europejskiego Funduszu Społecznego,  
udostępniany nieodpłatnie



## TKANKA KOSTNA

### Przykładowe choroby powodujące zmiany w kościach:

**Krzywica** – choroba występująca u dzieci, związana z zaburzeniami gospodarki wapniowo-fosforowej, często spowodowana niedoborem witaminy D. Powoduje zmiany w układzie kostnym i zaburzenia rozwojowe.



[http://www.wgabinecie.pl/others/image/medcyclopaedia\\_com.jpg](http://www.wgabinecie.pl/others/image/medcyclopaedia_com.jpg)



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



## TKANKA KOSTNA

### Przykładowe choroby powodujące zmiany w kościach:

**Wrodzona fاملiwość kości** – grupa chorób uwarunkowanych genetycznie, polegających na zaburzeniach w prawidłowej budowie kolagenu. Objawia się nadmierną kruchością kości.



<http://portal.abczdrowia.pl>



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





## TKANKA KOSTNA

### Przykładowe choroby powodujące zmiany w kościach:

**Osteoporoza** – stan chorobowy charakteryzujący się postępującym ubytkiem masy kostnej oraz zwiększoną podatnością na złamania.



<http://www.farmacjapraktyczna.pl>



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



## TKANKA KOSTNA

### Przykładowe choroby powodujące zmiany w kościach:

**Choroba Pageta** – schorzenie kości, w przebiegu którego dochodzi do zaburzenia procesu tworzenia tkanki kostnej. Co powoduje, że kości stają się słabe, a co za tym idzie, bardzo podatne na zniekształcenia i złamania.



<http://kosci24.pl>



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



## TKANKA KOSTNA

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



### WPROWADZENIE DO BIOMECHANIKI

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



## TKANKA KOSTNA

<https://www.youtube.com/watch?v=5gpysdG1HoE>



### WPROWADZENIE DO BIOMECHANIKI

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



## TKANKA KOSTNA

<https://www.youtube.com/watch?v=0dV1Bwe2v6c>



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



## Uwagi końcowe, źródła, piśmiennictwo

- ❖ Podstawowe źródło wykorzystanych informacji oraz ilustracji ze slajdu 10 i 14:  
Stewart, Gregory J.: *The Skeletal and Muscular Systems*, Infobase Publishing, New York 2009.
- ❖ Źródłem pozostałych ilustracji były dostępne zasoby internetu.
- ❖ Warto zapoznać się  
z materiałami filmowymi udostępnianymi w serwisie *YOUTUBE*:

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

<https://www.youtube.com/watch?v=5gpysdG1HoE>

<https://www.youtube.com/watch?v=0dV1Bwe2v6c>

— adresy ostatnio sprawdzane: 2015-10-09



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



**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

