

Cezary Rzymkowski

Politechnika Warszawska, Wydział Mechaniczny Energetyki i Lotnictwa

WPROWADZENIE DO BIOMECHANIKI

T3. Analiza biomechaniczna układu ruchu człowieka — anatomia stawów

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



KAPITAŁ LUDZKI
NARODOWA STRATEGIA SPÓJNOŚCI

UNIA EUROPEJSKA
EUROPEJSKI
FUNDUSZ SPOŁECZNY



POŁĄCZENIA W UKŁADZIE SZKIELETOWYM — STAWY

- ❖ Układ szkieletowy składa się z kości, które mogą być ze sobą połączone: ściśle, półściśle oraz ruchomo (stawy).
- ❖ Gdy dwie powierzchnie stykają się w czasie ruchu, to część energii jest przekształcana w tarcie, które działa w kierunku przeciwnym do ruchu.
- ❖ Tarcie może być zmniejszone poprzez odpowiednie smarowanie. Stawy ciała posiadają własne smarowanie, często realizowane dzięki tkankom miękkim, które odgrywają ważną rolę w ochronie stawów i poprawie ich efektywności.
- ❖ Nauka o stawach i ich funkcjach to artrologia.



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



POŁĄCZENIA W UKŁADZIE SZKIELETOWYM — STAWY

Rodzaje

- ❖ Istnieje wiele możliwości podziału stawów.
- ❖ Jednym z nich jest podział ze względu na liczbę stopni swobody w stawie.
- ❖ Stawy takie jak łokieć czy bark, posiadające wiele stopni swobody to połączenia wolne/stawy (*diarthrosis*).
- ❖ Stawy w palcach lub między kręgami, które mają bardziej ograniczony zakres ruchu to połączenia półściśle (*amphiarthrosis*).
- ❖ Stawy mające bardzo ograniczony zakres ruchu (lub nie mające go w ogóle), takie jak szwy między kośćmi czaszki czy między zrosniętymi kręgami krzyżowymi to połączenia ściśle (*synarthrosis*) – więzozrosty, chrząstkozrosty, kościorzrosty.



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

POŁĄCZENIA W UKŁADZIE SZKIELETOWYM — STAWY

Rodzaje

- ❖ Podział stawów ze względu na połączenie kości.
- ❖ Stawy można podzielić również zależnie od rodzaju połączenia danych kości; podział ten obejmuje cztery kategorie:
 - stawy włókniste,
 - połączenia chrzęstne,
 - stawy kostne,
 - stawy „prawdziwe” (połączenia wolne).



KAPITAŁ LUDZKI
NARODOWA STRATEGIA SPÓJNOŚCI

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

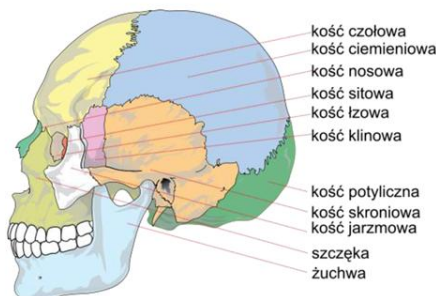


UNIA EUROPEJSKA
EUROPEJSKI
FUNDUSZ SPOŁECZNY

POŁĄCZENIA W UKŁADZIE SZKIELETOWYM — STAWY

Stawy włókniste

- ❖ W stawach włóknistych, włókna kolagenowe łączą dwie kości. Są trzy podstawowe typy stawów włóknistych: szwy, wklonowanie oraz więzozrosty.
- ❖ Szwy występują tylko w czaszce. Dzięki temu połączeniu kości czaszki przylegają do siebie bardzo ściśle i uniemożliwiają przemieszczanie się kości względem siebie.



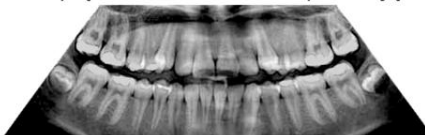
WPROWADZENIE DO BIOMECHANIKI
Wykład współfinansowany ze środków Unii Europejskiej
w ramach Europejskiego Funduszu Społecznego,
udostępniany nieodpłatnie



POŁĄCZENIA W UKŁADZIE SZKIELETOWYM — STAWY

Stawy włókniste

- ❖ Połączenia utrzymujące zęby w zębodołach są to wklonowania. W tym przypadku silne pasma włókien kolagenowych (więzadła przyzębne) utrzymują zęby w miejscu, jednak pozwalają na minimalny ruch, dzięki któremu ząb może wytrzymać naprężenia mechaniczne powstające podczas żucia.



- ❖ Ostatnia grupa stawów włóknistych to więzozrosty, najbardziej elastyczne stawy włókniste. Są to stawy łączące dwie kości więzadłem. Przykładem jest połączenie kości promieniowej z kością łokciową oraz kości piszczelowej z kością strzałkową.



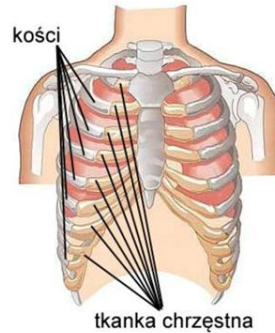
WPROWADZENIE DO BIOMECHANIKI
Wykład współfinansowany ze środków Unii Europejskiej
w ramach Europejskiego Funduszu Społecznego,
udostępniany nieodpłatnie



POŁĄCZENIA W UKŁADZIE SZKIELETOWYM — STAWY

Stawy chrzęstne

- ❖ Stawy (połączenia) chrzęstne możemy podzielić na: chrząstkozrosty, które łączą kości za pomocą tkanki chrzęstnej szklistej oraz spojenia, które łączą kości chrząstką włóknistą.
- ❖ Połączenie dwóch kości tkanką chrzęstną nazywamy stawem chrzęstnym:
 - przykładem chrząstkozrostu jest połączenie między żebrami i mostkiem,



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



POŁĄCZENIA W UKŁADZIE SZKIELETOWYM — STAWY

Stawy chrzęstne

- przykładem spojenia jest połączenie kręgów; w tym przypadku każdy krąg pokryty jest tkanką chrzęstną szklistą a pasma włókien kolagenowych łączą poszczególne kręgi ze sobą (każde takie połączenie ma ograniczony zakres ruchu, jednak powstałe w ten sposób krążki międzykręgowe powodują, że całość jest elastyczna).



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



POŁĄCZENIA W UKŁADZIE SZKIELETOWYM — STAWY

Stawy kostne (kościrozrosty)

- ❖ Stawy kostne lub kościrozrosty to skutek naturalnego procesu polegającego na zrastaniu się dwóch kości będących wcześniej niezależnymi.
- ❖ Proces ten polega na stopniowym gromadzeniu się wapnia w tkance chrzęstnej lub włóknistej w trakcie procesu kostnienia. Jest to naturalny proces tworzenia się kości.
- ❖ Kościrozrosty występują m.in. w szczęce, kości łonowej, miednicy.



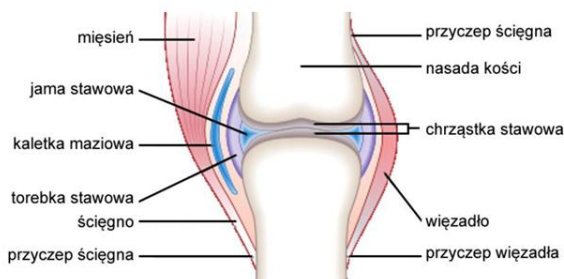
WPROWADZENIE DO BIOMECHANIKI
Wykład współfinansowany ze środków Unii Europejskiej
w ramach Europejskiego Funduszu Społecznego,
udostępniany nieodpłatnie



POŁĄCZENIA W UKŁADZIE SZKIELETOWYM — STAWY

Stawy wolne („prawdziwe”)

- ❖ Połączenie wolne (staw „prawdziwy”) występuje wtedy, gdy dwie kości przemieszczają się swobodnie względem siebie. Ich powierzchnie styku są oddzielone tzw. płynem stawowym. Stawy prawdziwe to najczęściej stawy o dużym zakresie ruchu i obciążeniu – łokcie, kolana, biodra czy szczęka.
- ❖ W warunkach prawidłowych płyn stawowy pokrywa cienką warstwą ściany jamy stawowej i praktycznie eliminuje tarcie oraz działa jako amortyzator wstrząsów na powierzchni styku kości.
- ❖ Torebka stawowa łączy powierzchnie stawowe kości, tworząc jednocześnie osłonę stawu.



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



POŁĄCZENIA W UKŁADZIE SZKIELETOWYM — STAWY

Stawy wolne („prawdziwe”)

- ❖ Można rozróżnić kilka rodzajów stawów prawdziwych:
 - staw kulisty - pozwala na przemieszczanie kości w 3 różnych kierunkach,
 - staw zawiasowy, staw płaski (poślizgowy) oraz staw obrotowy – pozwalają na przemieszczanie się kości w jednym kierunku,
 - staw siodełkowy (siodełkowy) oraz staw eliipsoidalny – pozwalają na przemieszczanie się kości w dwóch kierunkach.



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



POŁĄCZENIA W UKŁADZIE SZKIELETOWYM — STAWY

Stawy wolne („prawdziwe”)

- ❖ Staw kulisty to rodzaj stawu, w którym jedna powierzchnia stawowa jest w formie wycinka kuli, druga jest jej negatywem – panewką; staw kulisty jest stawem wieloosiowym.
- ❖ W stawie kulistym wolnym (staw ramienny) głowa jest o wiele większa od panewki, co decyduje o bardzo dużej ruchomości.



- ❖ W stawie kulistym panewkowym (staw biodrowy) głęboka panewka obejmuje głowę aż poza jej równik powodując ograniczenie zakresów ruchu.



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



POŁĄCZENIA W UKŁADZIE SZKIELETOWYM — STAWY

Stawy wolne („prawdziwe”)

❖ Stawy dwuosiove (*biaxial*) pozwalają na ruch kości w dwóch płaszczyznach. Wyróżniamy dwa rodzaje takich stawów:

- Staw siodełkowy (siodełkowy) to rodzaj stawu, w którym obie powierzchnie stawowe są wklęsłe, w kształcie siodełek. Taki układ występuje tylko w stawie śródrečno-nadgarstkowym kciuka oraz w stawie mostkowo-obojczykowym



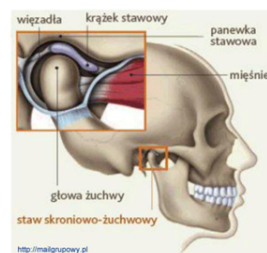
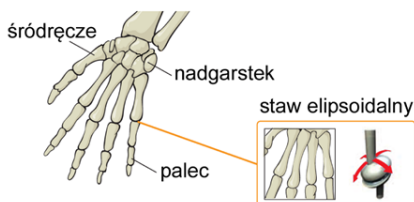
WPROWADZENIE DO BIOMECHANIKI
Wykład współfinansowany ze środków Unii Europejskiej
w ramach Europejskiego Funduszu Społecznego,
udostępniany nieodpłatnie



POŁĄCZENIA W UKŁADZIE SZKIELETOWYM — STAWY

Stawy wolne („prawdziwe”)

- ❖ Drugi typ dwuosiovego stawu to staw eliptyczny (kłyckiowy).
- ❖ Ten to rodzaj stawu, w którym na przekroju jedna powierzchnia ma kształt eliptyczny, wypukły w stosunku do swojej osi długiej i krótkiej, a druga powierzchnia jest wklęsła.
- ❖ Staw eliptyczny znajduje się np. u podstawy palców (styk paliczków i kości śródrečna). Stawem eliptycznym jest również staw skroniowo-żuchwowy.



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



POŁĄCZENIA W UKŁADZIE SZKIELETOWYM — STAWY

Stawy wolne („prawdziwe”)

- ❖ Trzeci rodzaj stawu „prawdziwego” to stawy jednoosiowe (*monoaxial*). Pozwalają na ruch kości tylko w jednym kierunku:
 - staw zawiasowy (np. stawy międzypaliczkowe), pozwalają na zginanie i prostowanie,
 - w stawie płaskim (poślizgowym) zakończenia kości „ślizgają” się po sobie, co pozwala na ich ograniczony ruch.



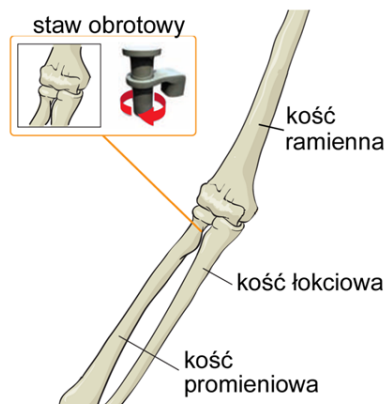
WPROWADZENIE DO BIOMECHANIKI
Wykład współfinansowany ze środków Unii Europejskiej
w ramach Europejskiego Funduszu Społecznego,
udostępniany nieodpłatnie



POŁĄCZENIA W UKŁADZIE SZKIELETOWYM — STAWY

Stawy wolne („prawdziwe”)

- ❖ Kolejny rodzaj stawu jednoosiowego to staw obrotowy.
- ❖ Jest to rodzaj stawu, w którym jedna powierzchnia stawowa w kształcie walca obraca się w stosunku do drugiej. Oś obrotu biegnie wzdłuż długiej osi kości.
- ❖ Przykładem stawu obrotowego jest staw promieniowo-łokciowy, który pozwala na unoszenie i opuszczanie dłoni.



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



POŁĄCZENIA W UKŁADZIE SZKIELETOWYM — STAWY

Tkanki miękkie

Istnieją trzy podstawowe typy tkanek miękkich występujących w układzie mięśniowo-szkieletowym:

- ❖ Elastyczne twory z tkanki włóknistej, wypełnione płynem stawowym działające podobnie jak amortyzatory, są to m.in.:
 - łąkotka (*meniscus*) – między kością udową i piszczelową,
 - kaletka maziowa (*bursa*) – między mięśniem a kością (zmniejszenie tarcia w czasie skurczów) lub wokół ścięgien (pochewka ścięgna).



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

POŁĄCZENIA W UKŁADZIE SZKIELETOWYM — STAWY

Tkanki miękkie

- ❖ Ścięgna:
 - mocne pasma włókien kolagenowych,
 - stanowią przedłużenia mięśnia aż do punktu jego przyczepu,
 - przenoszą siłę skurczu mięśniowego na elementy kostne szkieletu,
 - pod wpływem rozciągania wydłużają się maksymalnie o 4% swojej długości.
- ❖ Więzadła:
 - podobna budowa do budowy ścięgien,
 - łączą kości (ruchome połączenia między kośćmi) oraz podtrzymują niektóre narządy wewnętrzne (np. wątrobę).



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

POŁĄCZENIA W UKŁADZIE SZKIELETOWYM — STAWY

„Części zamienne”

- ❖ Stawy i kości wraz z wiekiem, w konsekwencji wypadku lub choroby mogą się zużyć lub uszkodzić (często nieodwracalnie).



- ❖ Zabiegi ortopedyczne pozwalają zastąpić uszkodzone tkanki i kości:
 - przeszczep zdrowej tkanki/kości od dawców organów
 - wszczepianie sztucznych stawów/kości wykonanych:
 - ze stali nierdzewnej,
 - z tworzyw sztucznych.



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



POŁĄCZENIA W UKŁADZIE SZKIELETOWYM — STAWY

Posumowanie

- ❖ Szkielet to nie tylko kości.
- ❖ Kości połączone są ze sobą w różny sposób, tak aby spełniały określone funkcje i pozwalały na określony ruch.
- ❖ Stawy mogą być podzielone ze względu na ich budowę oraz zakres ruchu (często jedno wynika z drugiego).
- ❖ Tkanki miękkie – torebki maziowe, ścięgna oraz więzadła – są niezbędne do prawidłowego funkcjonowania układu mięśniowo-szkieletowego.

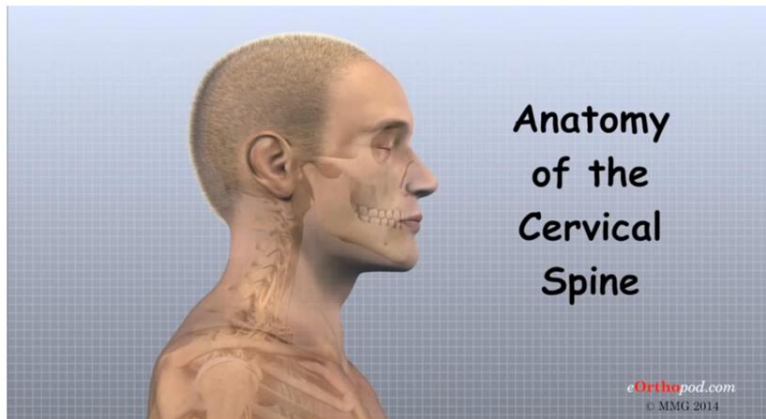


WPROWADZENIE DO BIOMECHANIKI
Wykład współfinansowany ze środków Unii Europejskiej
w ramach Europejskiego Funduszu Społecznego,
udostępniany nieodpłatnie



POŁĄCZENIA W UKŁADZIE SZKIELETOWYM — STAWY

http://www.youtube.com/watch?v=RNUpMNd_u1U



KAPITAŁ LUDZKI
NARODOWA STRATEGIA SPÓJNOŚCI

WPROWADZENIE DO BIOMECHANIKI

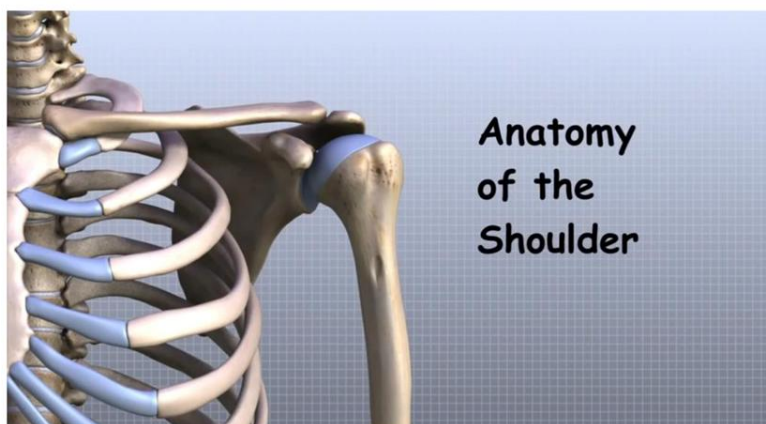
Wykład współfinansowany ze środków Unii Europejskiej
w ramach Europejskiego Funduszu Społecznego,
udostępniany nieodpłatnie

UNIA EUROPEJSKA
EUROPEJSKI
FUNDUSZ SPOŁECZNY



POŁĄCZENIA W UKŁADZIE SZKIELETOWYM — STAWY

<http://www.youtube.com/watch?v=D3GVKjeY1FM>



KAPITAŁ LUDZKI
NARODOWA STRATEGIA SPÓJNOŚCI

WPROWADZENIE DO BIOMECHANIKI

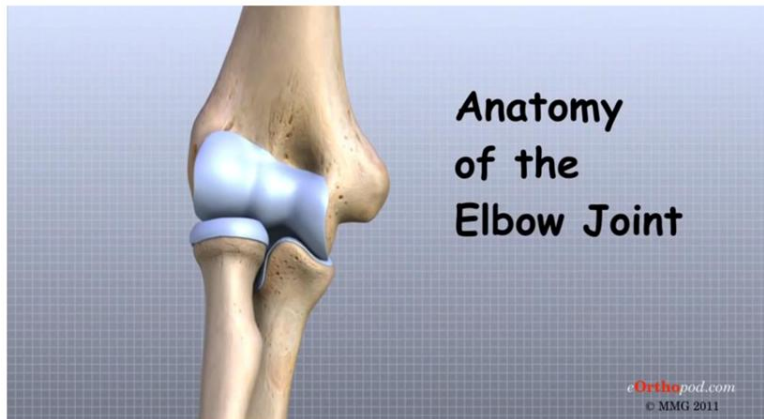
Wykład współfinansowany ze środków Unii Europejskiej
w ramach Europejskiego Funduszu Społecznego,
udostępniany nieodpłatnie

UNIA EUROPEJSKA
EUROPEJSKI
FUNDUSZ SPOŁECZNY



POŁĄCZENIA W UKŁADZIE SZKIELETOWYM — STAWY

<http://www.youtube.com/watch?v=3l3-5lj3lZ8>



KAPITAŁ LUDZKI
NARODOWA STRATEGIA SPÓJNOŚCI

WPROWADZENIE DO BIOMECHANIKI

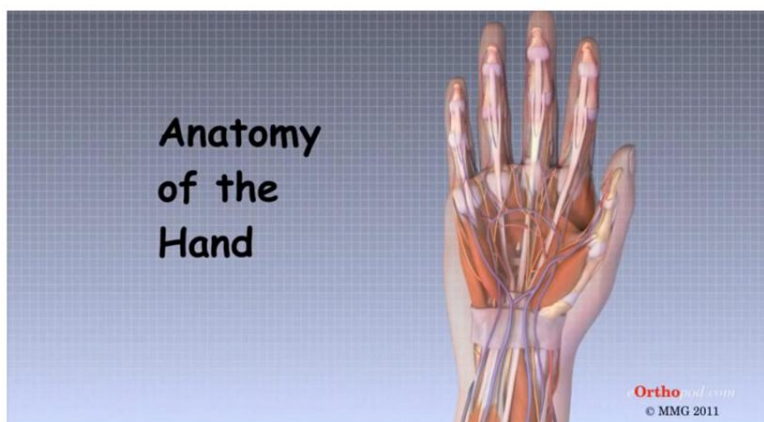
Wykład współfinansowany ze środków Unii Europejskiej
w ramach Europejskiego Funduszu Społecznego,
udostępniany nieodpłatnie

UNIA EUROPEJSKA
EUROPEJSKI
FUNDUSZ SPOŁECZNY



POŁĄCZENIA W UKŁADZIE SZKIELETOWYM — STAWY

<http://www.youtube.com/watch?v=zyl6eoU-3Rg>



KAPITAŁ LUDZKI
NARODOWA STRATEGIA SPÓJNOŚCI

WPROWADZENIE DO BIOMECHANIKI

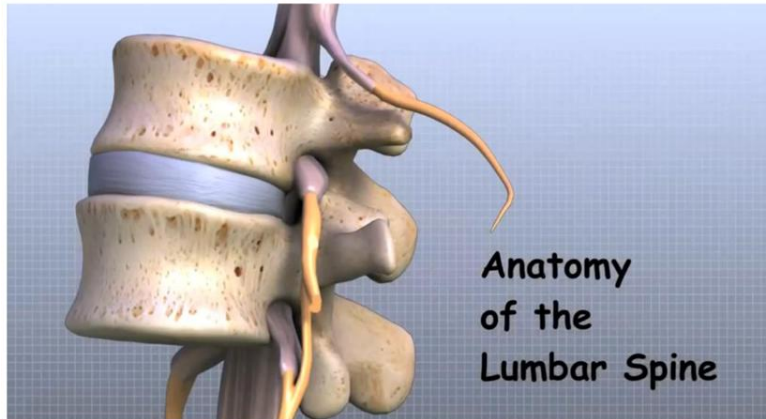
Wykład współfinansowany ze środków Unii Europejskiej
w ramach Europejskiego Funduszu Społecznego,
udostępniany nieodpłatnie

UNIA EUROPEJSKA
EUROPEJSKI
FUNDUSZ SPOŁECZNY



POŁĄCZENIA W UKŁADZIE SZKIELETOWYM — STAWY

<http://www.youtube.com/watch?v=0qR-Yfw9fOI>



KAPITAŁ LUDZKI
NARODOWA STRATEGIA SPÓJNOŚCI

WPROWADZENIE DO BIOMECHANIKI

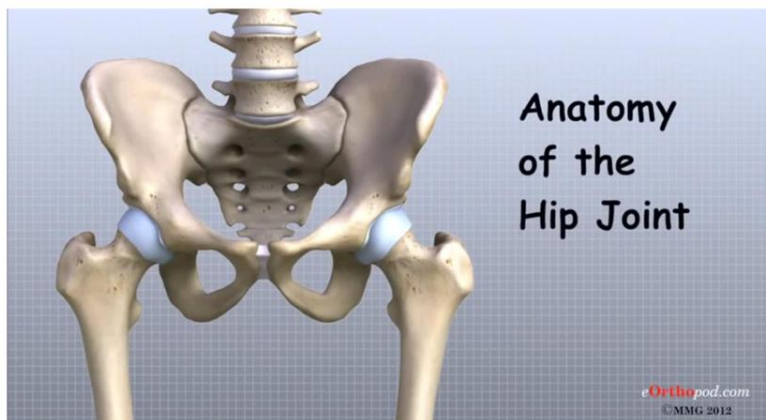
Wykład współfinansowany ze środków Unii Europejskiej
w ramach Europejskiego Funduszu Społecznego,
udostępniany nieodpłatnie



UNIA EUROPEJSKA
EUROPEJSKI
FUNDUSZ SPOŁECZNY

POŁĄCZENIA W UKŁADZIE SZKIELETOWYM — STAWY

<http://www.youtube.com/watch?v=qlCvKEOZtpo>



KAPITAŁ LUDZKI
NARODOWA STRATEGIA SPÓJNOŚCI

WPROWADZENIE DO BIOMECHANIKI

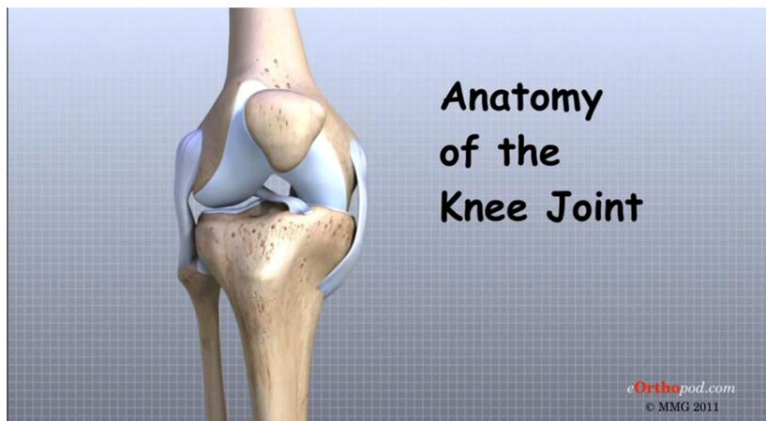
Wykład współfinansowany ze środków Unii Europejskiej
w ramach Europejskiego Funduszu Społecznego,
udostępniany nieodpłatnie



UNIA EUROPEJSKA
EUROPEJSKI
FUNDUSZ SPOŁECZNY

POŁĄCZENIA W UKŁADZIE SZKIELETOWYM — STAWY

http://www.youtube.com/watch?v=_q-Jxj5sT0g



KAPITAŁ LUDZKI
NARODOWA STRATEGIA SPÓJNOŚCI

WPROWADZENIE DO BIOMECHANIKI

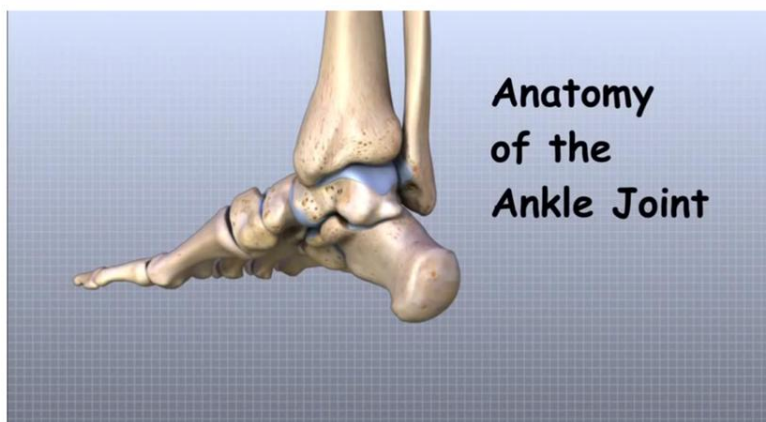
Wykład współfinansowany ze środków Unii Europejskiej
w ramach Europejskiego Funduszu Społecznego,
udostępniany nieodpłatnie

UNIA EUROPEJSKA
EUROPEJSKI
FUNDUSZ SPOŁECZNY



POŁĄCZENIA W UKŁADZIE SZKIELETOWYM — STAWY

http://www.youtube.com/watch?v=4hCS1O2LP_c



KAPITAŁ LUDZKI
NARODOWA STRATEGIA SPÓJNOŚCI

WPROWADZENIE DO BIOMECHANIKI

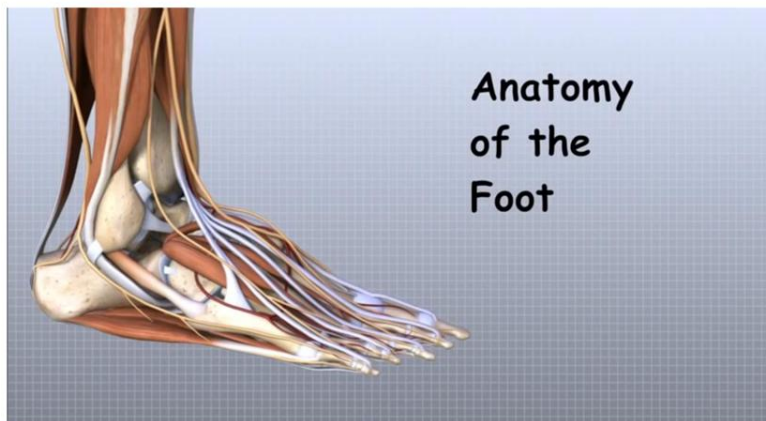
Wykład współfinansowany ze środków Unii Europejskiej
w ramach Europejskiego Funduszu Społecznego,
udostępniany nieodpłatnie

UNIA EUROPEJSKA
EUROPEJSKI
FUNDUSZ SPOŁECZNY



POŁĄCZENIA W UKŁADZIE SZKIELETOWYM — STAWY

<http://www.youtube.com/watch?v=ROd1Acma64o>



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 dotyczących różnych rodzajów stawów (na slajdach 12, 14-17):
Stewart, Gregory J.: *The Skeletal and Muscular Systems*, Infobase Publishing, New York 2009.
- ❖ Pozostałe ilustracje pochodzą ze źródeł internetowych, w tym z portalu <http://www.szkolnictwo.pl>
- ❖ Warto zapoznać się
z materiałami filmowymi udostępnianymi w serwisie *YOUTUBE*

— adresy (ostatnio sprawdzane: 2015-10-09) do filmów, które stanowią bardzo dobrą ilustrację przedstawionego w ramach tego wykładu materiału, podano na kilku wcześniejszych slajdach.



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

