

Knochen
Knorpel
Bänder / Sehnen
Muskelgewebe
Bindegewebe

BEWEGUNGSAPPARAT

Aktiver und passiver Bewegungsapparat

KNOCHEN

Osteozyten: reife Knochenzellen, von Knochenmatrix eingeschlossen, entwickeln sich aus **Osteoblasten**

Spongiosa: schwammartiger Innenraum des Knochens, besteht aus feinen Knochenbälkchen (**Trabekel**), von der **Kompakta** umhüllt

Osteon: funktionelle Einheit

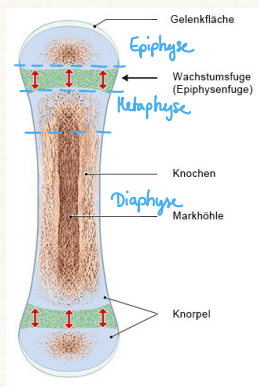
- stoffwechselintensives Gewebe
⇒ anders als bei Bändern
- sehr dynamisch
- optimaler **Kompromiss** zwischen **Leichtbauweise** (Röhrenknochen) und **Biege-, Torsions-, Druck- und Zugfestigkeit** (platte Knochen)
⇒ **biochemische Eigenschaften**
- starke Durchblutung
⇒ kann sich wechselnden Belastungen **anpassen** und ist **regenerations- und reparaturfähig**
- 65% **anorganische Komponenten:**
Hydroxylapatit $\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6\text{OH}$, Mg, K, Cl und Fe
- 35% **organische Bestandteile:**
Kollagene (Typ I, 90%), Osteonectin, Osteocalcin, Sialoprotein

Organisationsformen:

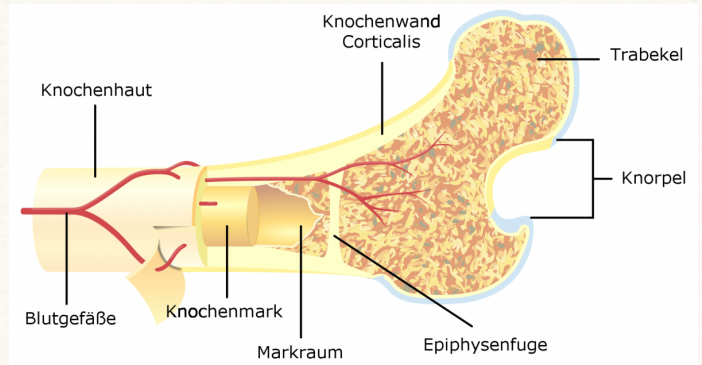
- ▷ **Kortikalis** (Kompakta, Rinde)
- ▷ **Spongiosa** (schwammartig) aus Knochenbälkchen
- ▷ **Periost** verbindet das Knochengewebe mit der Umgebung
- ▷ „Sonderformen“: **Zement, Dentin, Schmelz**

Zahn

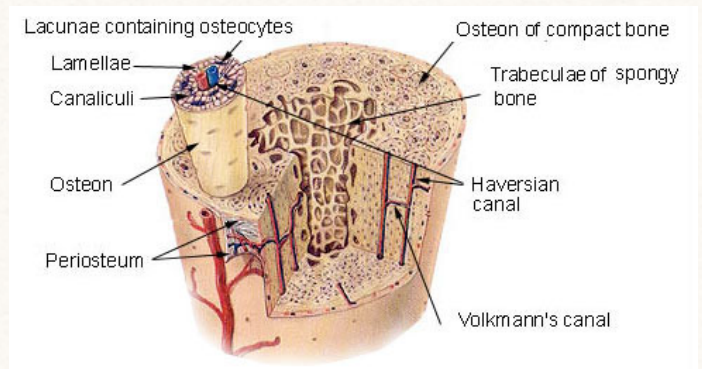
95% anorganische,
5% organische Bestandteile
⇒ **harter**, aber auch **spröder**



Wachstumsfuge



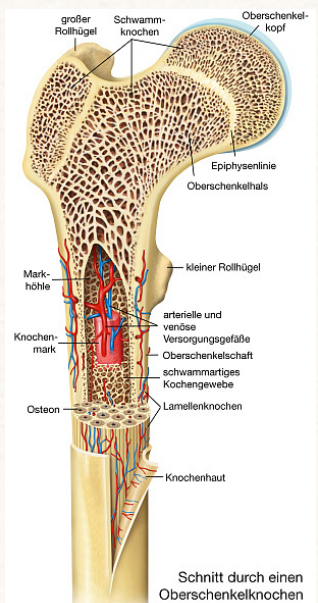
Knochenaufbau



Osteon

Knochenhaut

- ▷ von dort kann sich der Knochen regenerieren
- ▷ bildet die Innervation (Vermittlung von Schmerzen)



Schnitt durch einen Oberschenkelknochen

KNORPEL

- keine Durchblutung
⇒ kaum regenerations- und reparaturfähig
- Aufbau so, sodass vor allem **Druckbelastungen** durch die Faserstruktur und eine gewisse **Elastizität** aufgenommen werden können

Kollagen Typ 2: Stützfunktion

- ⇒ sieht man nicht durch gleichen Brechungsindex wie Proteoglykane und eingelagertes Wasser (kontrastieren nicht, Fasern sind „maskiert“)

Proteine

- können Wasser binden
- biomechanische Eigenschaften
- dechelastisch

Zellen: in Gruppen zusammen gelagert, 2-4 Stück

Organisationsformen

- hyaliner Knorpel**: reines Stützgewebe, z.B. in der Trachea
- Gelenknorpel**: glatt, kein Perichondrium, Fasern oben tangential
- Fasernknorpel**: Zugfestigkeit, Bandscheibe, Kollagen Typ 1
- elastischer Knorpel**: Flexibilität, Nase / Ohr

Knochen + Knorpel = Gelenk

GELENKE

Diarthrose: „echtes“ Gelenk

- Amphiarthrose**: straffes Gelenk, stark eingeschränkte Beweglichkeit

Synarthrose: weiches Gelenk

⇒ andere Materialien im Gelenk

Syndesmose: Knochenverbindung durch Bindegewebe

Synchondrose: Verbindung durch hyaliner Knorpel

Symphyse: Verbindung durch Fasernknorpel

Synostose: knöcherne Verbindung (aus Epiphysenfuge)

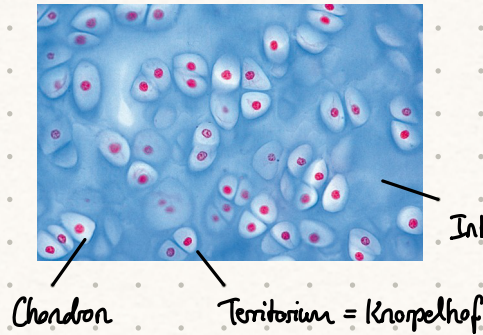
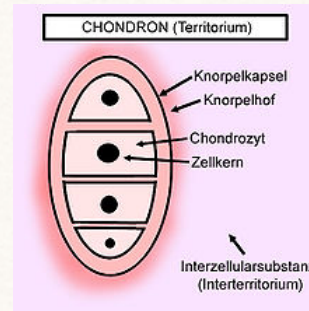
3 Freiheitsgrade = 6 Bewegungsrichtungen

Sagittale Achse: innen/außen (oben/unten)

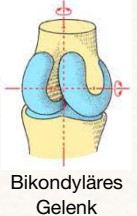
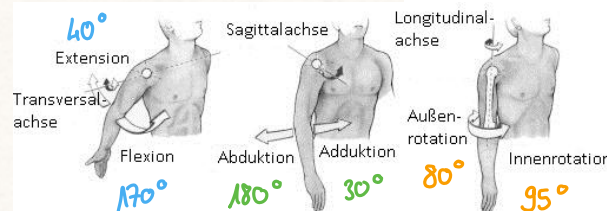
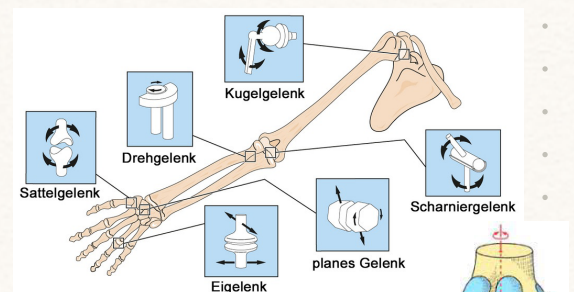
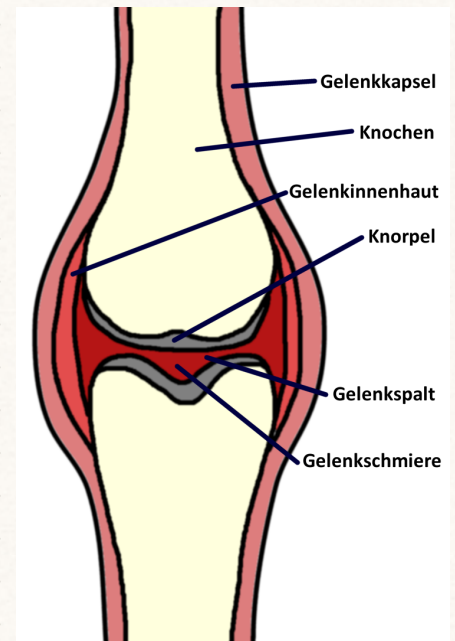
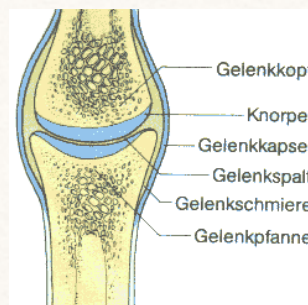
Transversale Achse: vorne/hinten

Longitudinale Achse: Rotation

Freiheitsgrad (Beweglichkeit) und Stabilität verhalten sich umgekehrt proportional zueinander!



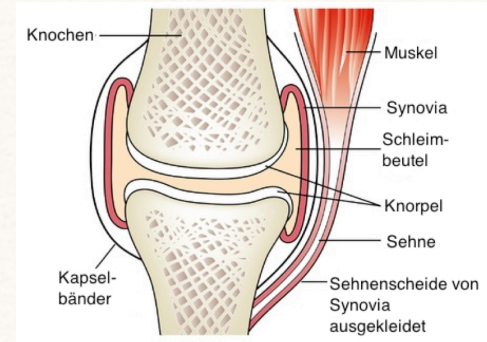
Knorpelhaut = Perichondrium



Hilfseinrichtungen:

- ▷ Discus articularis
- ▷ Knicus
- ▷ Labrum
- ▷ Bänder
- ▷ Bursa
- ▷ Recessus

⇒ mechanische **Sicherung**
und bessere **Lastverteilung**



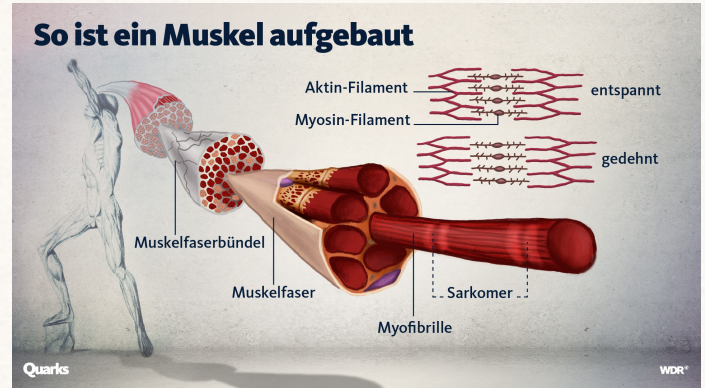
MUSKELN

- **Skelettmuskulatur** (quergestreifte M.): Biceps
- Max. Verkürzung um 60%, physiologisch sind ca. 40%
- Kontraktionskraft abhängig von der **Vordehnung**
- Kraftentwicklung abhängig vom **Muskelquerschnitt**

Kontraktionskraft: 40 N/cm²

Fiederungswinkel

- ▷ geringere Schwerkraft: $F_s = F_H \cdot \cos(\alpha)$
- ▷ Querschnittsfläche höher und mehr Kraft
- ▷ Hubhöhe (Verkürzungsvermögen) höher
⇒ effektivere Kontraktion



- **Herzmuskulatur**: Herz
- **Glatte Muskulatur**: Magen/Darm-Trakt

SEHNEN

- **Verbindung** Muskel mit Knochen
- **Übertragung der Kraft** vom aktiven auf den passiven Bewegungsapparat
- **Kollagen Typ I**
⇒ 10.000 N/cm²
- 2-3% so dick wie Muskel

Ursprung: proximal

Ansatz: distal

Punctum fixum: weniger bewegliches

Skelettelement (i.d.R. Ursprung)

Punctum mobile: bewegliches

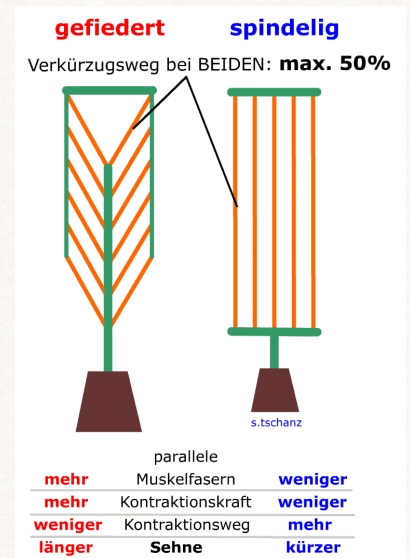
Skelettelement

lassen sich
vertauschen
⇒ Bsp. Kletterung

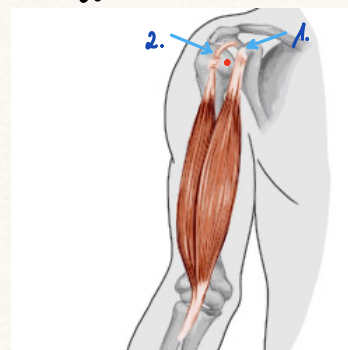
Besonderheiten

- ▷ **Null-Stellungs-Muskel**
- ▷ **Funktionsumkehr** durch Gelenkstellungsänderung

Die Beziehung von Ansatz und Ursprung eines Muskels zur Bewegungsachse ergibt die Bewegungsrichtung!



roter Punkt:
Sagittalachse



- 2 Köpfe an unterschiedlichen Seiten der Achse
1. Caput longum: lateral der Achse
⇒ **Abduktion**
2. Caput breve: medial der Achse
⇒ **Adduktion**

BIOMECHANIK

- mehrere Muskeln, die an einer Bewegung mitwirken
- **Hebelarm** nötig, um Skelettelemente um die Drehachse eines Gelenks zu bewegen
- Länge des Hebelarms a entspricht dem **Abstand des Muskelansatzes zum Drehpunkt des Gelenks**
- Lastarm länger als Kraftarm
- Aktive und passive Komponenten schränken die Beweglichkeit ein

Agonisten: Bewegung

Antagonisten: entgegenwirken

a_v : virtueller Hebelarm

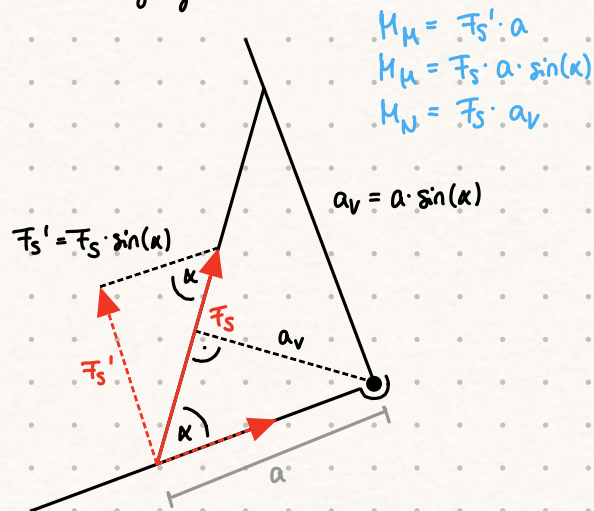
=> Senkrechte zw. Drehachse des Gelenks und Muskelschweren

=> ändert sich in Abhängigkeit der Gelenkstellung

Muskelmoment des Knieps

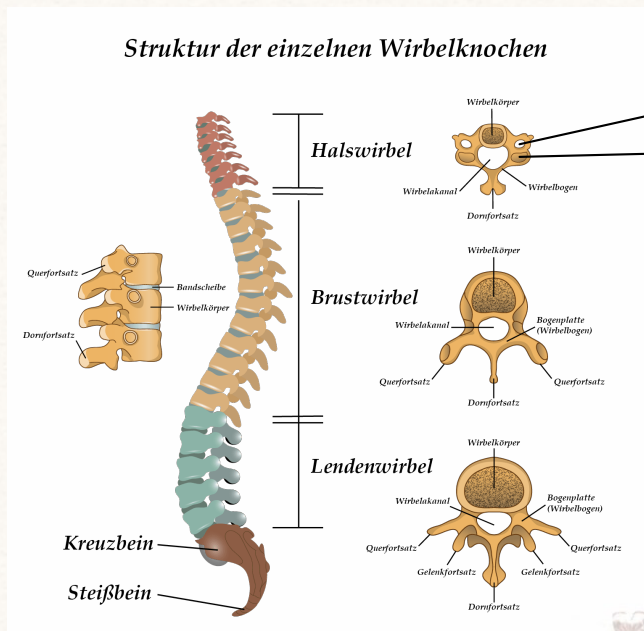
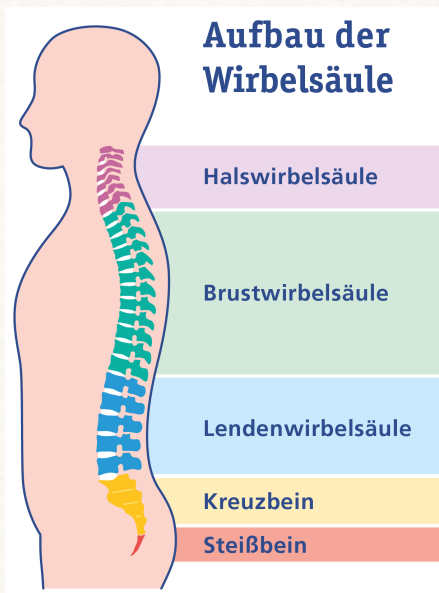
=> bei 90° max.

- Kraftkomponente senkrecht zum Hebelarm
- Muskeln mit **kurzen Hebelarm**:
 - ▷ **stärkere Bewegungsausschläge**
 - ▷ **Drehmoment geringer**



Zunahme des Lastmoments wird durch Zunahme des Muskelmoments kompensiert!

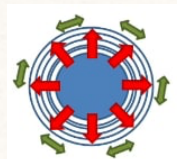
WIRBELSÄULE



Gelenkflächen

Foramen transversarium
=> **Blutversorgung**

- Bandscheibe als Stoßdämpfer



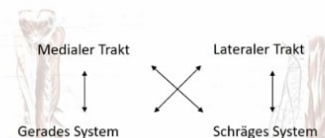
- Oberste 2 Wirbel: **Atlas** und **Axis**
- 28-31 Wirbel
- **Wirbel**:
 - ▷ Wirbelkörper
 - ▷ Wirbelbogen
 - ▷ versch. Fortsätze
- **autochthone** und **heterochthone** Muskulatur

Lateraler Trakt:

stärker bewegungsorientiert

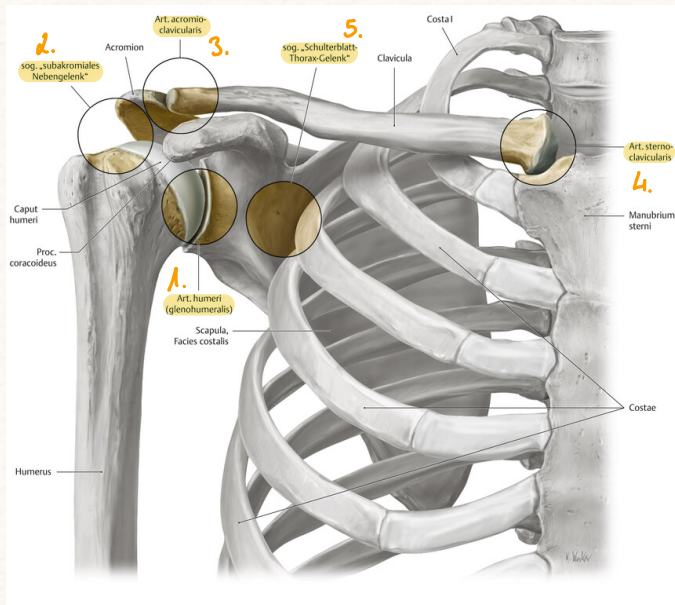
Medialer Trakt:

mehr statisch orientiert



Medialer Trakt: tief	Lateraler Trakt: oberflächlich
Geradesystem: (Inter-)spinal (Intertransversal)	Geradesystem: Sacrospinal (Sacrocostal) Intertransversal
Schrägsysteme: Transversospinal (Mm. levatores costarum)	Schrägsysteme: Spinotransversal
Funktion: Statik, Tonus	Funktion: Dynamik, Bewegung

SCHULTER



Mehrere Teilgelenke:

1. Glenohumeral-Gelenk
2. Subacromiales Nebengelenk
3. Acromioclavicular-Gelenk
4. Sternoclavicular-Gelenk
5. Thoraco-scapuläres Gleitlager

▷ **Knorpeloberfläche** des Glenoids bedeckt nur ca. **20%** der Knorpelfläche des Gelenkkopfs!

▷ Das **Labrum** glenoidale vergrößert die Kontaktfläche auf etwa **30%**.

=> **Instabilität**

=> **Kleine Pfanne, großer Gelenkkopf**

▷ Größter Bewegungsspielraum

▷ Bursa über **Recessus** mit Gelenkhöhle in Verbindung

▷ **Muskuläre Sicherung** des Schultergelenks durch **M. deltoideus**, **Schultergürtel** und **Rotatorenmanschette**

- =>
- M. subscapularis : **Innerrotation**
 - M. supraspinatus } **(Abduktor)**
 - M. infraspinatus } **Außerrotatoren**
 - M. teres minor

▷ **M. deltoideus**

- =>
- Pars clavicularis
 - Pars acromialis
 - Pars spinalis

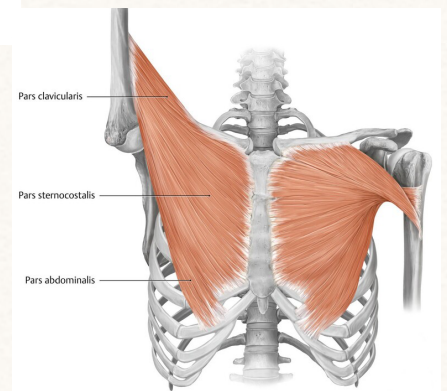
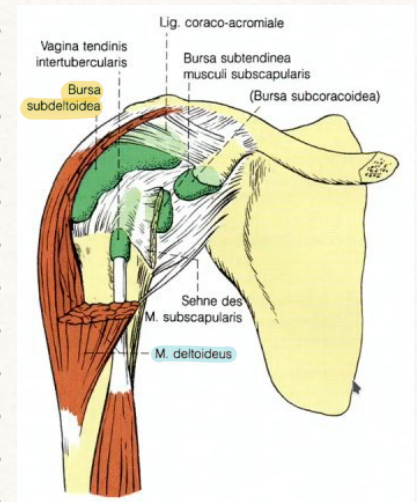
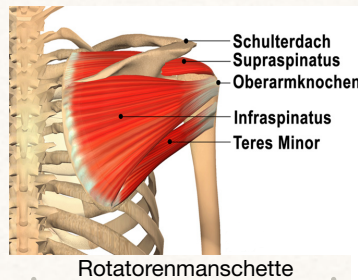
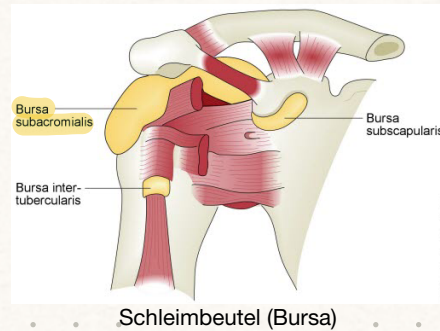
Innervation: N. axillaris

▷ Besonderheiten von **M. pectoralis major**

und **M. latissimus dorsi**:

Um **180°** gedrehter Ansatz

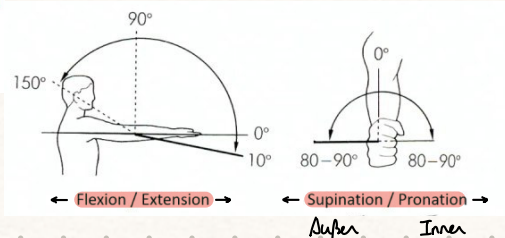
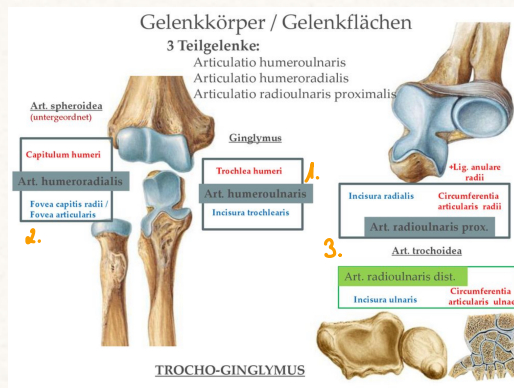
=> **Klimmzüge**



ELLENBOGEN

Mehrere Teilgelenke:

1. Articulatio humeroulnaris
Scharniergelenk
2. Articulatio humeroradialis
Kugelgelenk (anatomisch), Scharniergelenk (funktionell)
3. Articulatio radioulnaris
Radgelenk

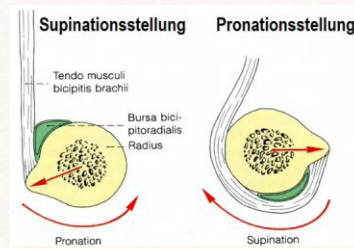


Kehrer Bänder:

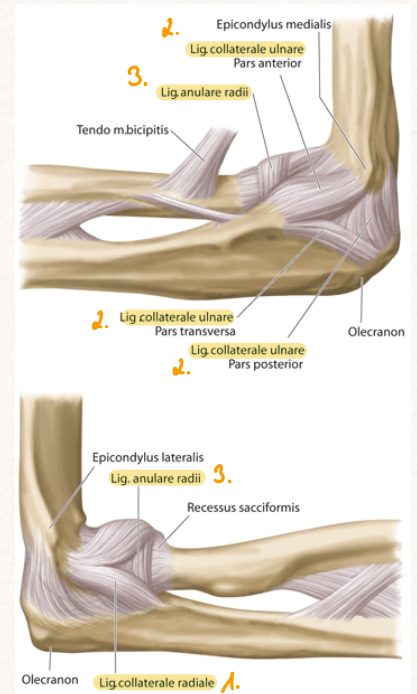
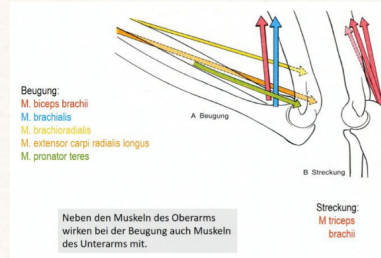
1. Lig. collaterale radiale
 2. Lig. collaterale ulnare
 3. Lig. anulare radii
- ⇒ aber Gelenk hpts. knöchergeführt

Zusammenspiel:

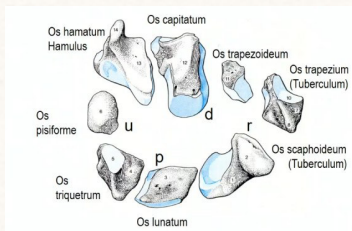
- ▷ Proximales Radioulnargelenk
- ▷ Distales Radioulnargelenk



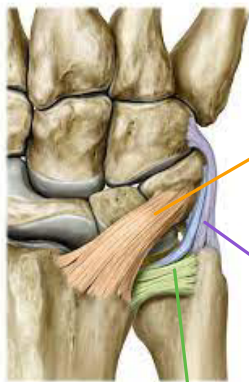
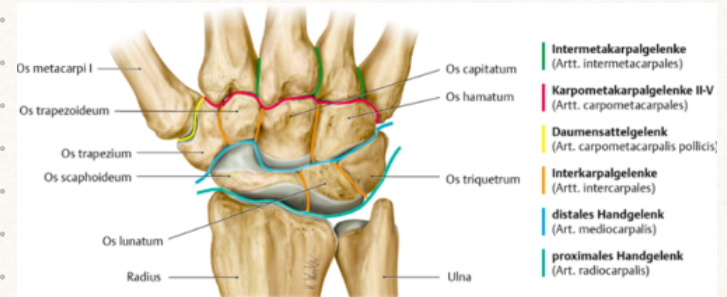
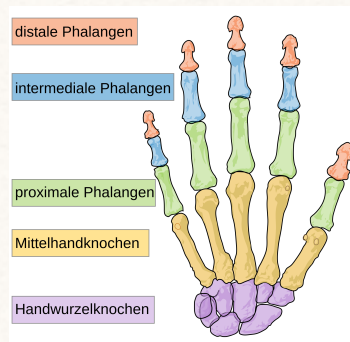
Biceps brachii



HAND



Handwurzelknochen



TFCC

Lig. radio-triquetrum

Lig. collaterale carpi ulnare

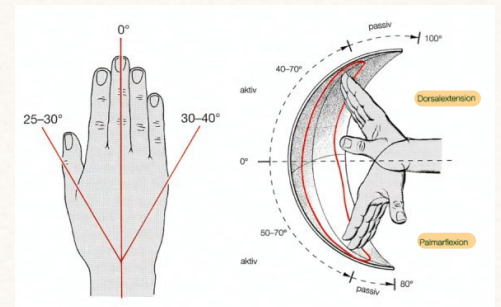
Lig. radioulnare dorsale

TFCC: triangulärer fibrocartilaginärer Complex

Funktion

- ▷ Stabilisation
- ▷ Druckregulator
- ▷ bremst Pro- und Supination, auch bei schlaffer Kapsel

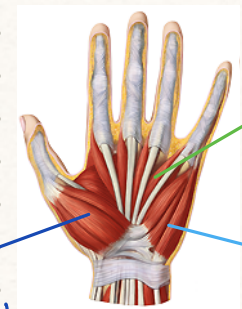
Palmarflexion		
Ulnarabduktion		Radialabduktion
M. flexor carpi ulnaris	M. palmaris longus	M. flexor carpi radialis
	Musculi flexores digitorum (longi)	M. abductor pollicis longus
M. extensor carpi ulnaris	Musculi extensores digitorum (longi)	Mm. extensores carpi radialis longus und brevis
		Dorsalextension



Lähmungsbilder

- ▷ Medianuslähmung / „Schwuhand“
- ▷ Radialislähmung / „Fallhand“
- ▷ Ulnaruslähmung / „Krallenhand“

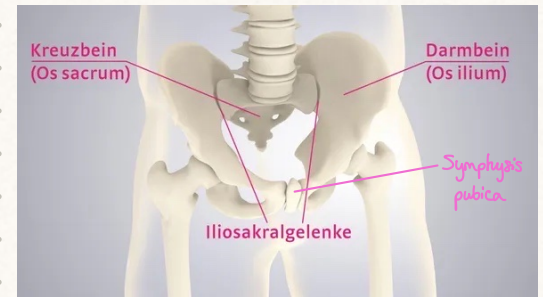
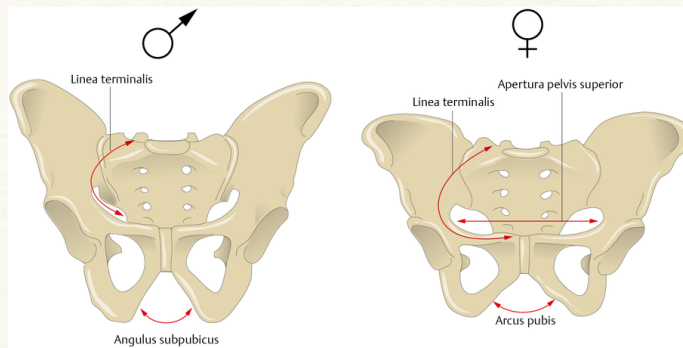
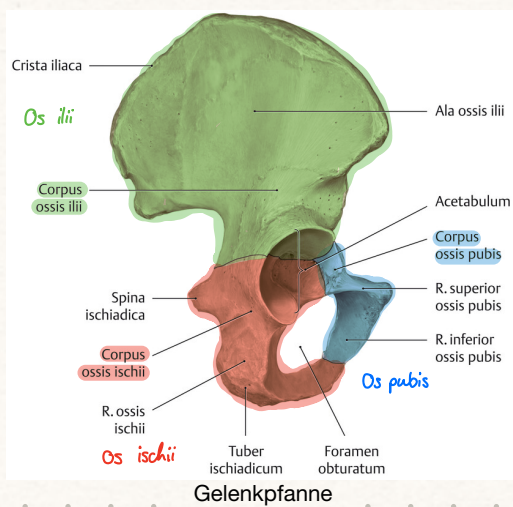
Theror (Daumenballen)



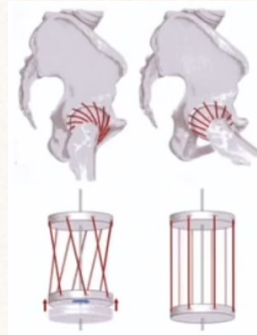
Palmar marus (Mittelhand)

Hypothenar (Kleinfingerballen)

BECKEN/HÜFTE



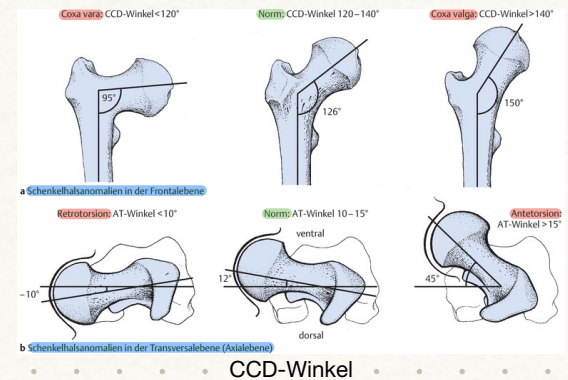
Amphiarthrose: Articulatio sacroiliaca



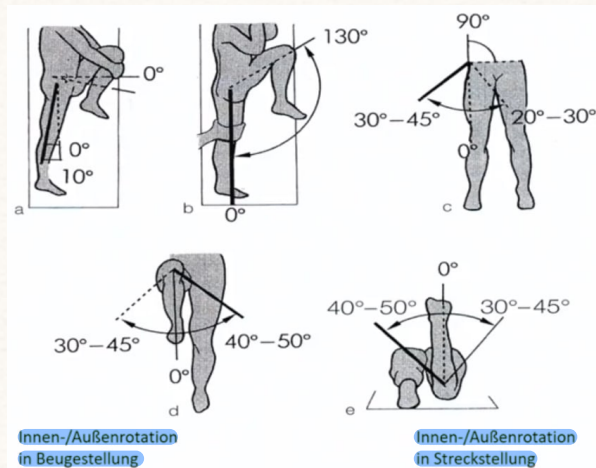
Bänder

- Lig. iliofemorale
sichert Stand durch Hemmung der Streckung
- Lig. pubofemorale
hemmt die Abduktion
- Lig. ischiofemorale
hemmt Innenrotation und äußerste Streckung

⇒ Spiralförmige Verschraubung



CCD-Winkel

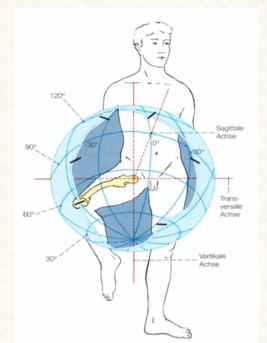


Innen-/Außenrotation in Beugstellung

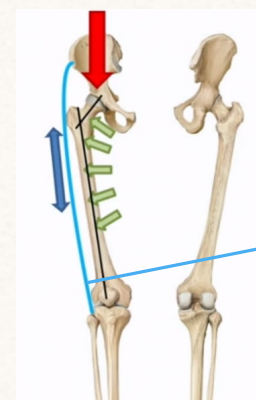
Innen-/Außenrotation in Streckstellung

1. Umfang von Abduktion und Adduktion ist abhängig vom Beugezustand
2. Jede maximale Adduktions- und Abduktionsstellung erzwingt eine Rotationsbewegung
3. Beugung und Streckung sind in leichter Abduktionsstellung am größten

Innenrotation
Außenrotation



- Restbeweglichkeit/-flexibilität
- Kugelgelenk
- starke Bandsicherung
- CCD-Winkel vergrößert den Bewegungsumfang des Beins

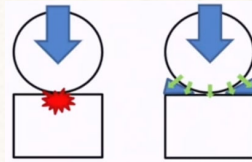
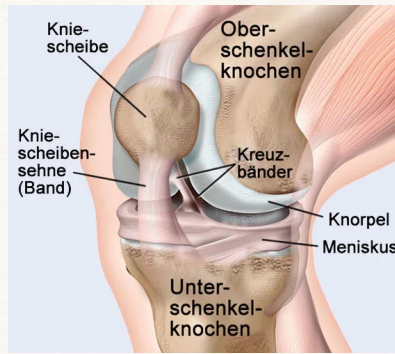


Tractus iliotibialis

Zuggurtung

KNIE

- Transportables Drehscharniergelenk: **Trochoginglymus**
- Stabilisation und Bewegung: **Menisken**
Kollateralbänder
Kreuzbänder
(**Patella**) → größtes Sesambein im Körper



Menisken

- ▷ Gelenkpfannen
- ▷ Lastverteiler
- ▷ Schlussrotation des Knies
⇒ kraftfreier Stand
- ▷ verschieben sich bei Bewegung (**Flexion**) nach hinten

Kreuzbänder

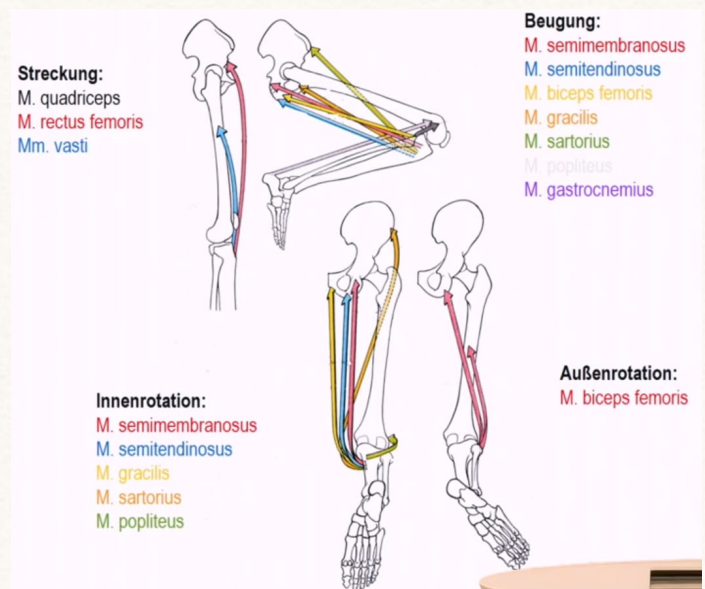
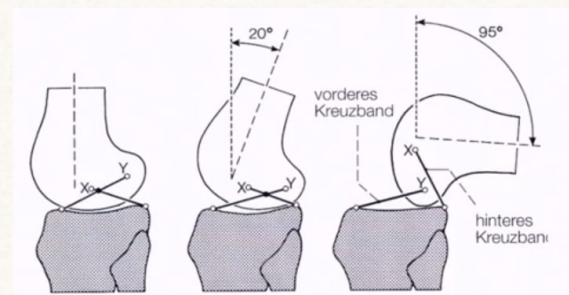
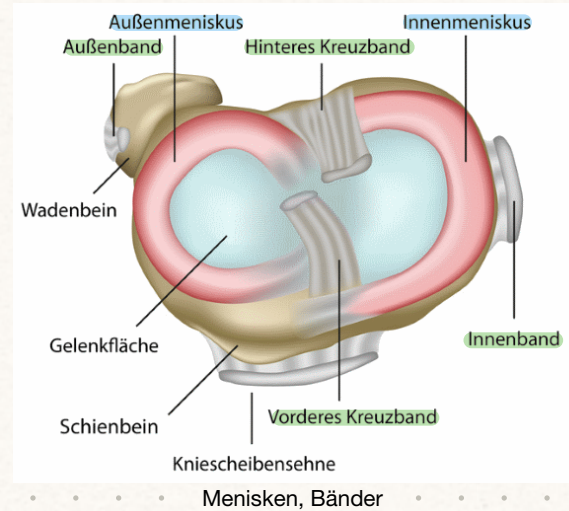
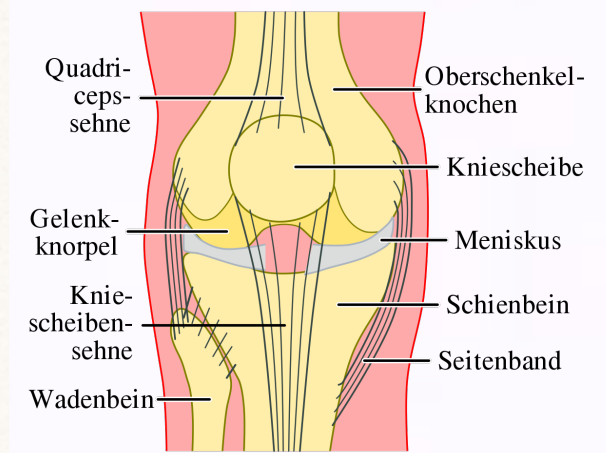
- ▷ Stabilisation in **Translationsbewegung**
- ▷ **fächerförmig** aufgebaut
- ▷ Erste Biegungsachse (bis 20°) besteht aus einer Abrollphase des **Femur** auf dem **Tibiaplateau**
- ▷ Limitation der **Innenrotation** durch Überkreuzung

Kollateralbänder

- ▷ Lig. collaterale mediale
- ▷ Lig. collaterale laterale
- ▷ Verhindern **Rotation** und **Abduktion/Adduktion** („Aufklappen“)

Patella

- ▷ Streckung-Biegung: 5-7cm
- ▷ **Abwärtsgehen**: gesamtes Körpergewicht lastet auf Patella
- ▷ Stabilisation durch **mediales patellofemorales Ligament** und dynamisch durch **M. vastus medialis**
- ▷ **Lastverteilung** bei gebeugtem Knie



SPRUNGGELENK / FUSS

Kalkolungabel

- ▷ Verbindung Tibia und Fibula
- ▷ Amphiarthrose

Articulatio talocalcanealis

- ▷ Scharniergelenk

Articulatio talocalcaneonavicular

Articulatio subtalaris

Trochoginglymus

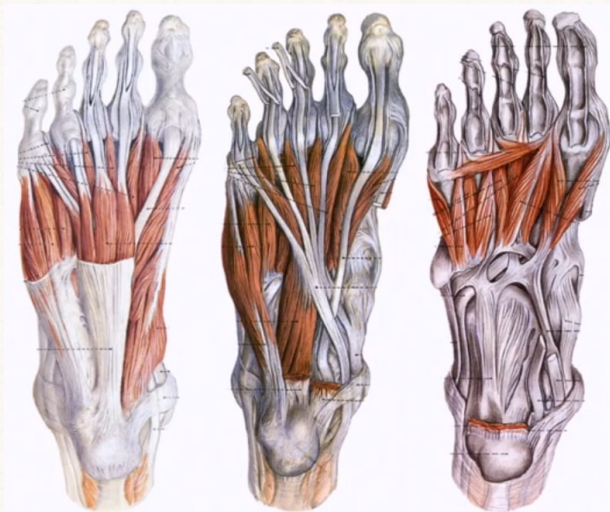
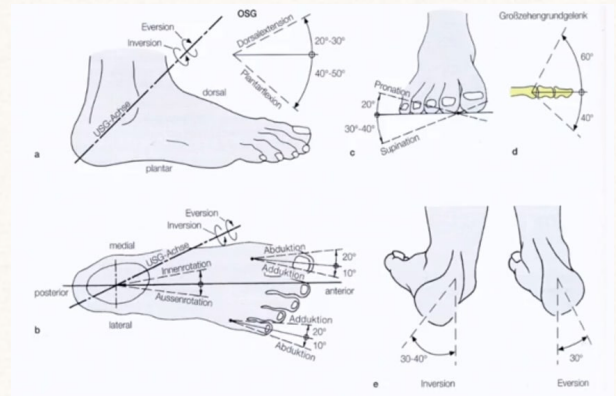
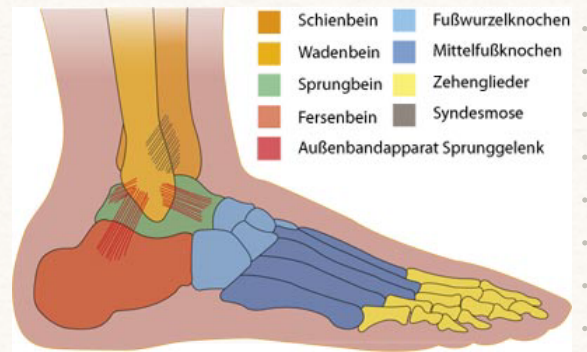
Oberes Sprunggelenk

- ▷ Dorsalextension
- ▷ Plantarflexion

Unteres Sprunggelenk

- ▷ Eversion
- ▷ Inversion
- ▷ Innenrotation
- ▷ Außenrotation

Pronation und Supination
sind Kombinationsbewegungen!



Oberflächliche Schicht

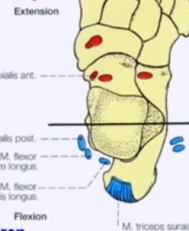
Mittlere Schicht

Tiefe Schicht

Oberes Sprunggelenk

Extensoren:

- M. tibialis ant.
- M. ext. hallucis long.
- M. ext. digit. long.



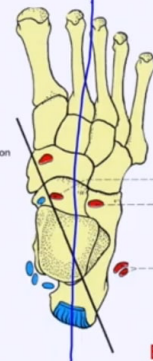
Flexoren

- M. tibialis post.
- M. flex. digit. long.
- M. flex. hall. long.
- M. triceps surae
- M. fibularis long.
- M. fibularis brevis

Inversion

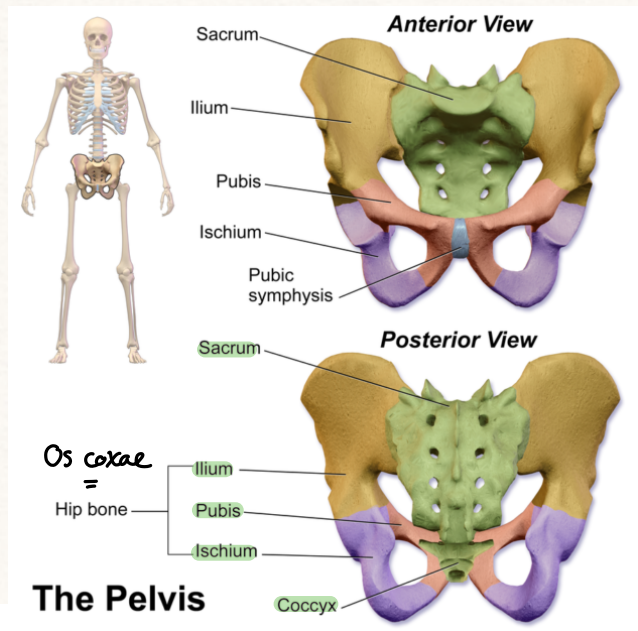
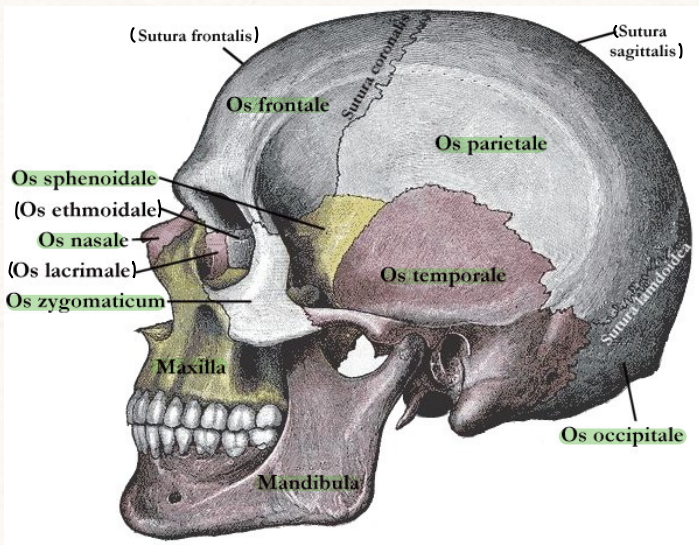
- (M. tibialis ant.)
- M. tibialis post.
- M. flex. digit. long.
- M. flex. hall. long.
- M. triceps surae

Unteres Sprunggelenk



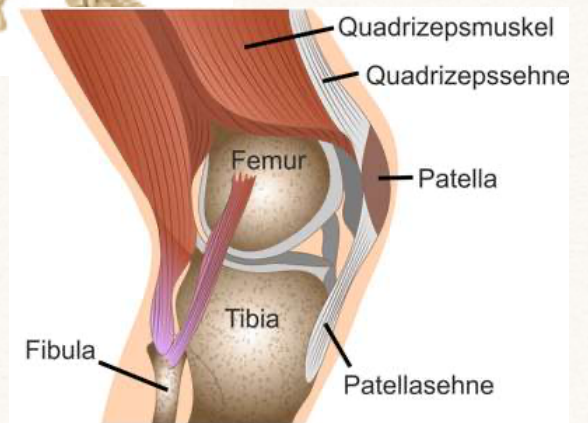
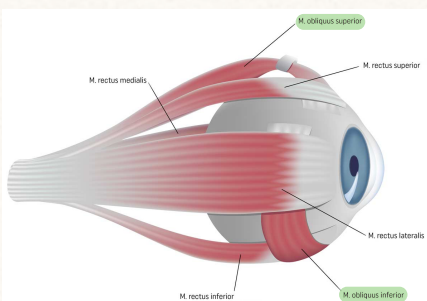
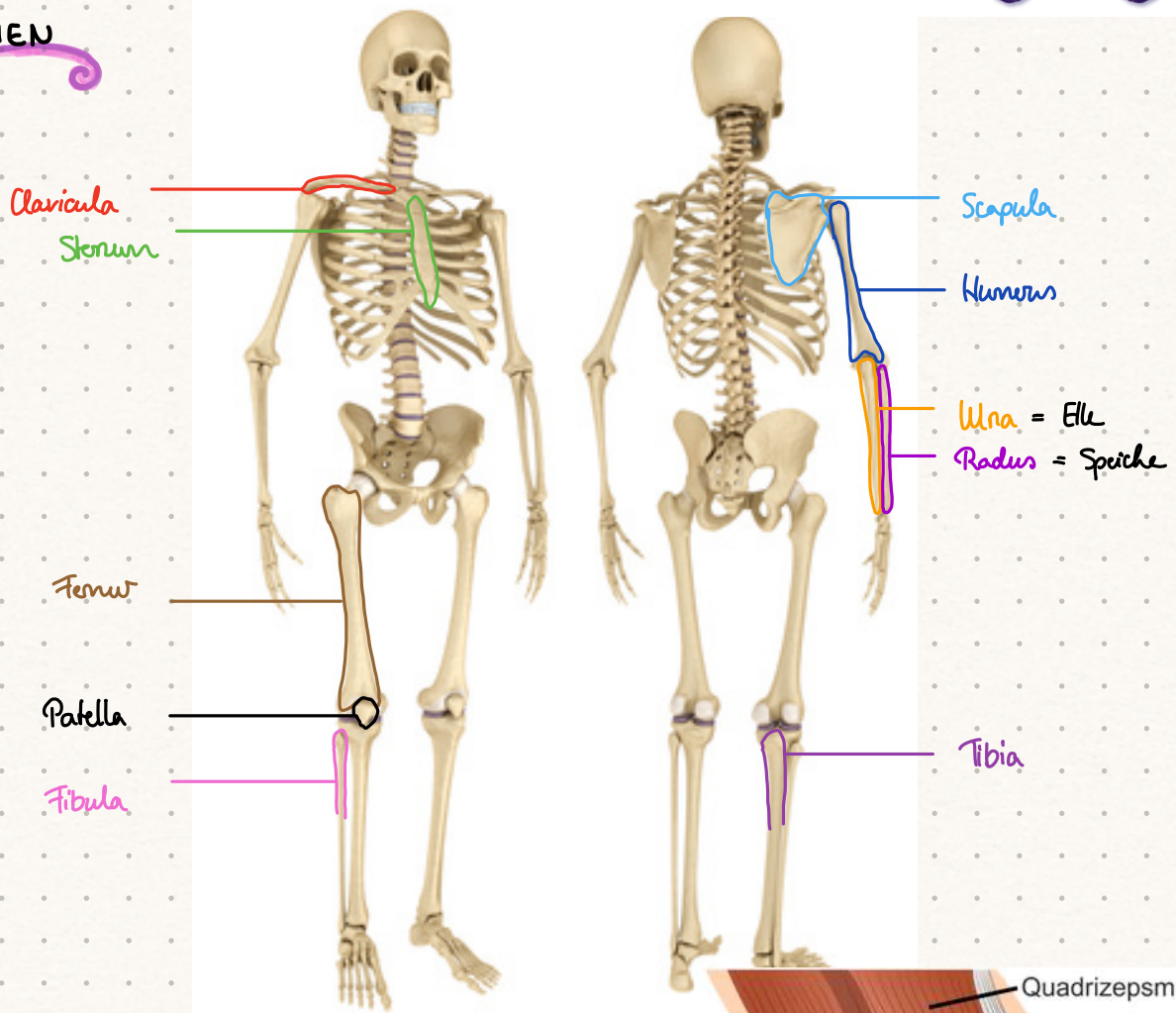
Eversion:

- (M. tibialis ant.)
- M. ext. hallucis long.
- M. ext. digit. long.
- M. fibularis long.
- M. fibularis brevis

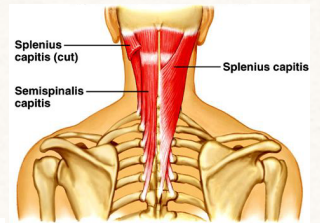
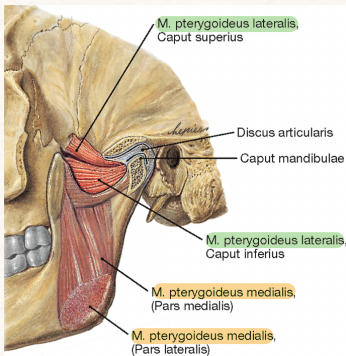


The Pelvis

KNOCHEN



MUSKELN



M. latissimus dorsi

M. trapezius

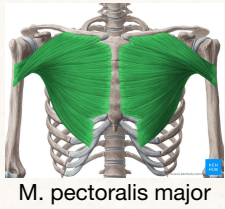
M. temporalis

M. masseter

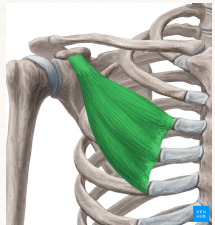
M. sternocleidomastoideus

M. deltoides

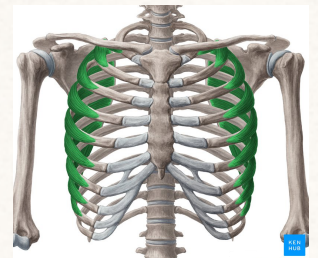
Platysma



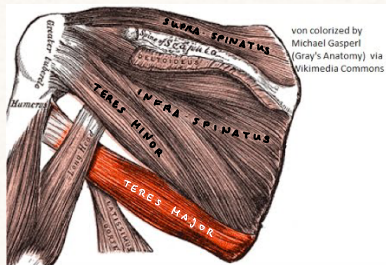
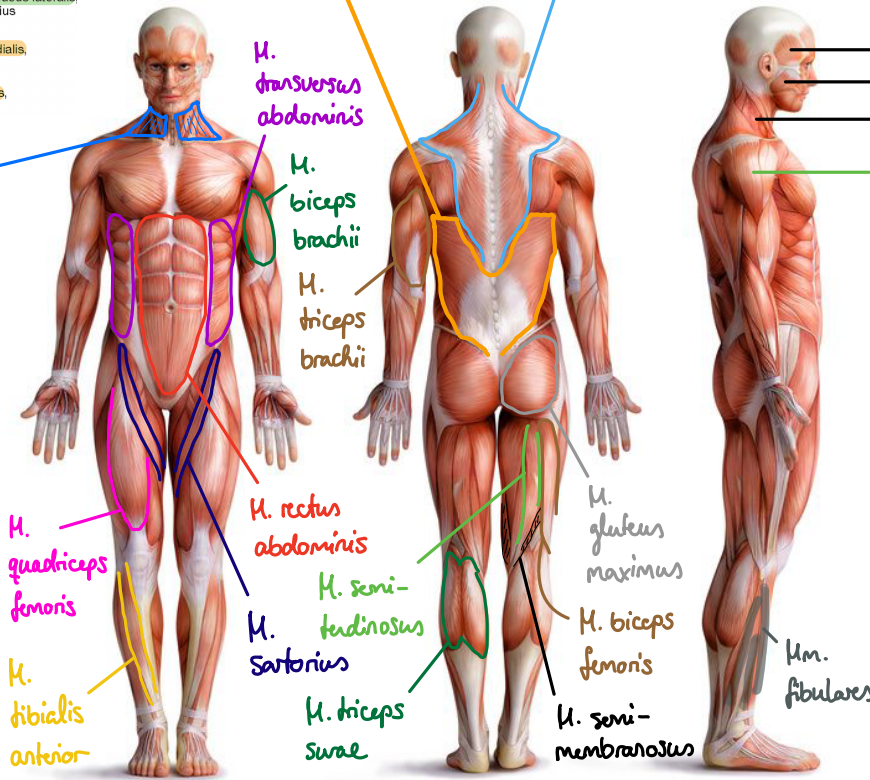
M. pectoralis major



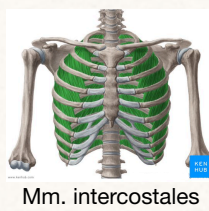
M. Pectoralis minor



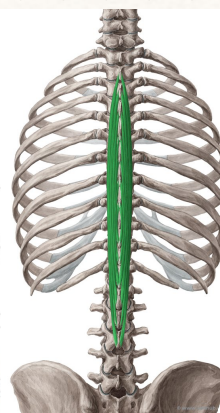
M. serratus anterior



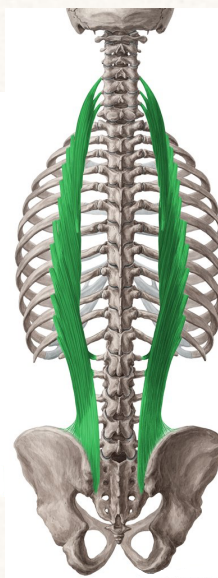
von colorized by
Michael Gasperl
(Gray's Anatomy) via
Wikimedia Commons



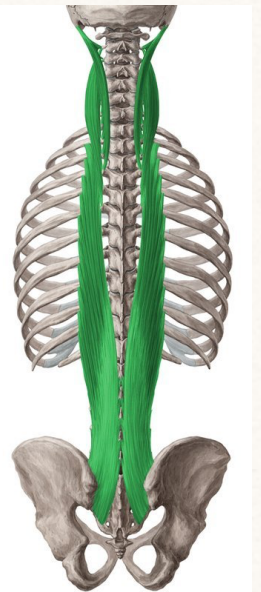
Mm. intercostales



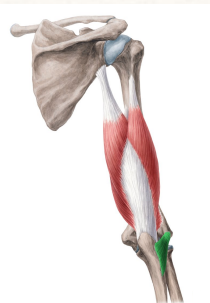
M. spinalis



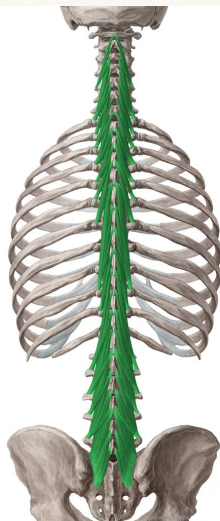
M. iliocostalis



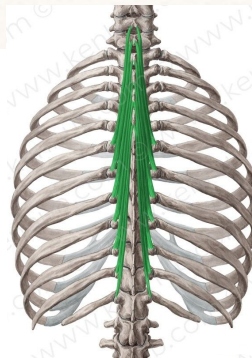
M. longissimus



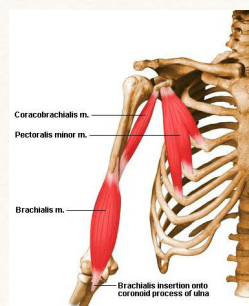
M. anconeus
(Ellenbogen)



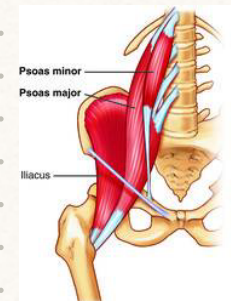
M. multifidus



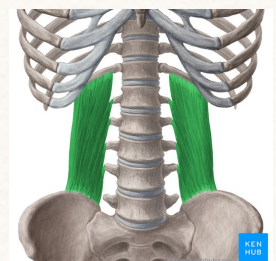
M. semispinalis



M. coracobrachialis



M. psoas, iliacus



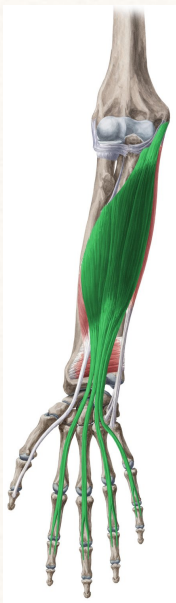
M. quadratus lumborum



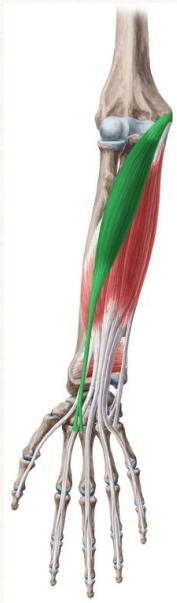
M. supinator



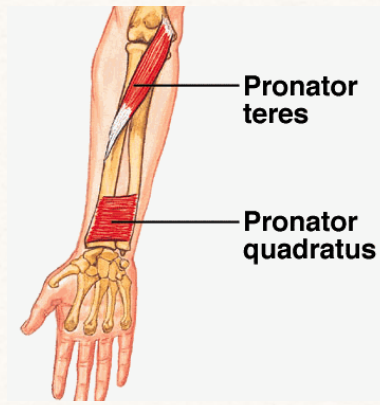
M. extensor digitorum



M. flexor digitorum superficialis



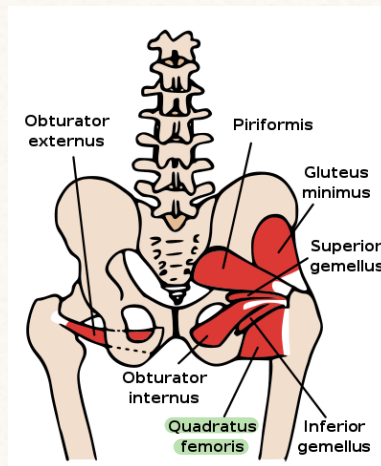
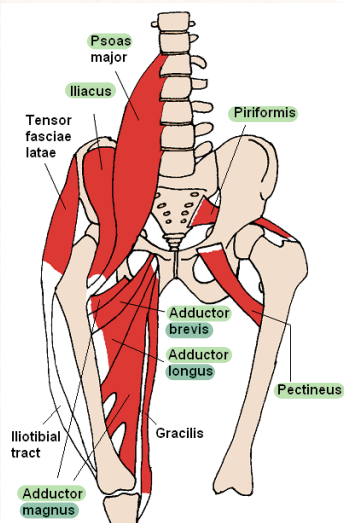
M. flexor carpi radialis



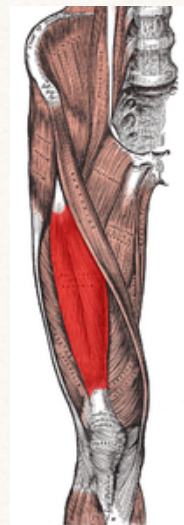
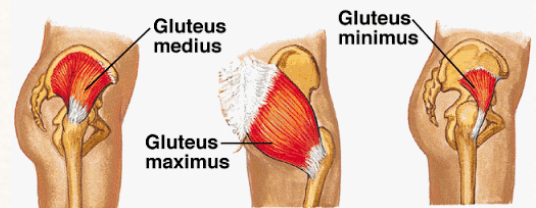
M. pronator



M. brachioradialis



Gluteal Muscles



M. rectus femoris