

Anatomie-Skript

Bausteine des Lebens I

Wintersemester 2013/14

28.10 – 13.12

Zusammengeschrieben aus den Vorlesungen von

A.Univ.Prof. Dr.med.univ. Erich Brenner

Verfasst von Mylène T.

ACHTUNG: Dieses Skript ist unbearbeitet und noch nicht korrigiert. Es enthält möglicherweise neben zahlreichen Schreib- und Grammatikfehlern auch inhaltlich falsche Angaben. Es empfiehlt sich daher neben dem Skript ein Lehrbuch mit anderen falschen Angaben zu konsultieren. Das folgende Material ist nicht für Kleinkinder unter 3 Jahren gedacht dafür aber weitestgehend jugendfrei. Für falsche Angaben gibt es auch von mir kein Gewehr.

© 2013 Mylène T.

ANATOMIE	4
• Allgemeine Knochenlehre	4
• Allgemeine Gelenklehre	8
• Allgemeine Muskellehre	12
• Articulationes sternoclavicularis et acromioclavicularis	16
- Articulatio sternoclavicularis	16
• Articulatio humeri	19
• Articulationes cubiti et radioulnaris distalis	25
- Articulatio cubiti	25
- Articulatio humeroradialis	26
- Articulatio humeroulnaris	27
- Articulatio radioulnaris proximalis	28
- Articulatio radioulnaris distalis	31
• Articulatio radiocarpalis	34
• Articulationes mediocarpea et carpometacarpales	37
- Articulatio mediocarpalis	37
- Articulatio carpometacarpalis pollicis (Daumensattelgelenk)	39
- Articulationes carpometacarpales II-V	41
• Articulationes metacarpophalangeae et interphalangeae	43
- Articulationes metacarpophalangeae	43
- Articulationes interphalangeae	44
• Articulatio sacroiliaca	46
• Articulatio coxae	52
• Articulatio genus	58
- Articulatio tibiofibularis (proximal) & Syndesmosis tibiofibularis (distal)	61
- Articulatio tibiofibularis	61
- Syndesmosis tibiofibularis	61
• Articulationes talocruralis et subtalaris	62
- Articulatio talocruralis	62
- Articulatio subtalaris	63
- Articulatio talocalcaneonavicularis	64
• Articulationes intertarsales	66
• Articulationes tarsometatarsales, metatarsophalangeae et interphalangeae	68
- Articulatio tarsometatarsales	68
- Articulatio metatarsophalangea hallucis	68
• Grundbegriffe und Entwicklung der Wirbelsäule	73
• Genereller Aufbau eines Wirbels	75
• Atlas, Axis, Kopfgelenke	77
- Atlas (C1)	77
- Axis (C2)	77
- Kopfgelenke	78
• Restliche Wirbel C3-Cc	80
• Verbindungen zwischen Wirbel	84
• Bewegungssegmente	86
• Thoraxskelett, Rippen/Sternum	88
- Thoraxskelett	88
- Costae	88
- Sternum	90
• Autochthone Rückenmuskulatur (Musculus erector spinae)	91

Anatomie

Allgemeine Knochenlehre

- Zelle: Osteozyt
- EZM setzt sich aus 2 Teilen zusammen:
 - organischer Anteil (Kollagenfasern, Proteoglykane)
 - anorganische Substanzen (Salze)

Der wesentliche Teil dieser Salze besteht aus Hydroxylapatit. Sieht aus wie ein Bergkristall da es hexagonal kristallisiert. Diese Salze bilden zu 40% die Masse eines Knochens, beim Zahnbein sind es 70% und beim Zahnschmelz 97%, die restlichen 3 % beim Zahnschmelz ist Fluorapatit.

- Das Verhältnis zwischen organischen und anorganischen Bestandteilen ändert sich das ganze Leben lang. Bei der Geburt ist das Verhältnis etwa 1:1. Die Gesamtmasse des Knochens nimmt bis zum 30.-35. Lebensjahr zu aber die organischen Bestandteile nehmen proportional ab. Bei einer sehr großen Massenzunahme steigt der Anteil des anorganischen Anteils nur geringfügig an, sodass im 30 Lebensjahr 45% organisch zu 55% anorganisch stehen. Mit 40 Jahren sind es dann nur 40% organisch und 60% anorganisch. Im 60. Lebensjahr sind 2/3 anorganisch und 1/3 organische Bestandteile
- Die Zahl der Kollagenfaser pro Einheit Knochenmasse wird von Beginn an bis zum Schluss deutlich geringer. Im 90. LJ ist es dann etwa 1 zu 3
- Der Knochen wird im Alter spröder und bricht leichter. Wenn die Knochenmasse insgesamt abnimmt wird die Corticalis dünner, Knochenbälkchen werden weniger

Man unterscheidet zwei Gewebeformen:

- Geflechtknochen:
 - Simple System
 - Straffes Bindegewebe durch Salzeinlagerung verknöchert
 - Hält besser Biegebelastung aus
 - Beim erwachsenen nur mehr im Bereich des sogenannten Felsenbeins (Gleichgewichtsorgan befindet sich dort) Dieser Knochen hat keine Eigenschwingung und deswegen können Schwingungen dort keine Resonanz auslösen
 - Verknöcherung der Hirnschale: die werden jedoch sukzessive durch Lamellenknochen ersetzt
- Lamellenknochen:
 - Kernstruktur eines Lamellenknochens ist das Haver'sche System. In der Mitte befindet sich ein Kanal welcher Nervengefäße und vermutlich auch Lymphgefäße enthält. Die Knochenmasse der EZM ist in diesen zylindrischen Systemen ringförmig um das System aufgebaut. Zwischen den Lamellen befinden sich die Osteozyten, diese haben sich in das Lamellensystem quasi selbst eingemauert

- Die Osteozyten stehen untereinander mit feinen Ausläufern in Verbindung und kommunizieren untereinander: Druck, gebrochene Lamellen etc.
- In den Lamellen sind die Kollagenfasern in jeder Lamelle zwar parallel aber unterschiedlich angeordnet. Es ist ein versetzt, verdrehtes Kollagenfasersystem, das mit dem Knochenzement fixiert ist. Es ist ein sehr starres, biege- und widerstandsfähiges System
- Hauptaufgabe des Knochens ist es, auf Biegung Widerstand zu geben.
- Knochenbälkchen: Einzellamelle
- Im Bereich der Epiphyse ist wenig Corticalis, das Haver'sche System gibt es nur im Bereich der Knochenrinne. In den Extremitäten der Knochen ist die Corticalis sehr dünn, dafür sind die Knochenbälkchen sehr stark ausgeprägt. Diese haben eine genaue Ausrichtung, die sich nach der Belastung richtet
- Die knochenbildende Zellschicht ist ummantelt von stratum fibrosum des Periosts, sodass der Knochen auch an Dicke zunehmen kann

Knochenbildung

- Desmale Osteogenese: direkte Verknöcherung aus Bindegewebe
Bsp.: Schädeldach, Felsenbein
- Chondrale Osteogenese: indirekte Osteogenese, Verknöcherung von Bindegewebe führt zu Knorpelbildung (Längenwachstum, Gelenkknorpel) dann Knochenbildung (Ersatzknochenbildung)
- Wachstum erfolgt von innen
- Bindegewebskapsel am Knochen: Periost
- Es gibt keine scharfe Grenze zwischen Periost und Gelenkkapsel!
- Chondral:
bindegewebeartiges Skelett → Ersatz durch hyalines Knorpelgewebe → Ersatz durch Knochengewebe
 - perichondral
 - endochondral: Knochenkerne wachsen weiter

Vorgang

Am Anfang ist das Ganze ein kompaktes Skelett. Das ändert sich: die Manschette wird dicker für das gelbe Knochenmark → Längenwachstum

Endstadium: Knochen durchgehend, im Schaftbereich die Knochenhöhle, den Gelenkknochen, drumherum eine Hülle, Periost und Gelenkkapsel.

Das Schädeldach entsteht ursprünglich desmal. Beim Stirnbein kann man bei manchen Menschen die Zentren noch deutlich sehen. Der Knochen wird regelmäßig umgebaut.

Es gibt zwei Anlässe für Knochenumbau:

- 1) Immer wieder wechselnde Belastung die das Skelettsystem duldet
- 2) Bei einer Fraktur

- Knochenheilung bei Fraktur geschieht innerhalb 6 Wochen
- Die Osteozyten stehen untereinander in Verbindung. In den Osteonen entstehen Mittelfrakturen: eine oder ein paar Lamellen brechen. Das Signal wird weitergegeben. Die Osteoklasten fräsen einen neuen Kanal und schaffen

somit platz für ein neues Osteon. Dieses wird von außen nach innen zugemauert. Osteoblasten wandern ein, lagern sich an die Wand, umgeben sich mit Kollagenfasern und Osteoid. Im Zentrum ist das versorgende Gefäß und Nerven vorhanden

- Auch Knochenlamelle der Knochenbälkchen werden sukzessive ausgetauscht.
Bei wenig Belastung → Knochenabbau
Bei viel Belastung → Knochenanbau
- Bei einer Fraktur heilt der Knochen narbenlos wenn die Knochen gut aufeinander stehen. Wenn ein Spalt bestehen bleibt verknöchert das Bindegewebe (Callusbildung) zuerst und erst sekundär verheilt das Ganze

Knochenaufbau

- Periost (Beinhaut)
 - Stratum fibrosum (Bindegewebe)
 - Stratum osteogenesum (Knochenbildende Schicht)
 - Corticalis: im Schaftbereich dick, an den Knochenenden relativ dünn
-
- Die Knochenbälkchen sind entsprechend Spannungslinien angeordnet (Trajektorien).
 - Markhöhle im Zentrum ist gefüllt mit gelbem Knochenmark welches mit zunehmenden Alter und sinkendem Körpergewicht zu mesenchymalen Gewebe umgebaut wird.
 - Im Bereich der Knochenbälkchen befindet sich das rote Knochenmark, zuständig für die Blutbildung.
 - Die blutbildenden Zellen müssen wandern: Ursprünglich kommen sie aus dem Dottersack. Sie lassen sich dann in der Leber nieder, finden letztendlich ihre Bleibe in den Knochenbälkchen.

Os longum :

- langer Röhrenknochen
- Oberarmknochen, Oberschenkel, Rippen.
- Haben meistens eine Extremitas proximalis an der sich Gelenkflächen bilden und eine Extremitas distalis.

Os breve:

- kurzer Knochen
- Furzwurzel- und Handwurzelknochen
- Hat eine einzige Extremitas.
- Durchgehend mit spongiosum gefüllt.
- Besitzt eigentlich keine Knochenhöhle (Merkmal)
- meist nur enchondrale Ossifikation
- Fersenbein hat partielle perichondrale Knochenmanschette

Plane Knochen:

- Os ilium, Schädeldach, Schulterblatt
- Beim Schädeldach spricht man von Lamina externa und bei der inneren von der Lamina interna. Dazwischen: Diploe

Luftgefüllte Knochen:

- ausschließlich Knochen des Schädels, diejenigen die die Nasennebenhöhlen beinhalten.
- Kieferhöhle, Siebbein, Keilbein

Irregulären Knochen:

- Wirbel besteht aus : Wirbelkörper (Os longum), Wirbelbogen (Dornfortsatz) (os longum → Neuralspangen, wo die linke und rechte verschmelzen)

Allgemeine Gelenklehre

Kontinuierliche Knochenverbindungen

- Syndesmose: Spaltbildung erfolgt nicht sondern die beiden Knochen sind mittels Bindegewebe miteinander verbunden. Ausschließlich auf Zug belastet (Schädelkapsel)
- Gomphosis: Einkeilung der Zähne
- Synchondrose: Knochenelemente bleiben durch Knorpel verbunden. Die Bewegung ist nicht stark genug dass ein Spalt entsteht, es bleibt Knorpel (Bsp.: 1., 6. & 7. Rippe die mit einem Knorpel zum Brustbein verbunden sind)
- Symphyse: Knochenverbindung die alternierend auf Zug- und Druckbelastung ausgerichtet ist; Hier entsteht ein Faserknorpel (Bsp.: Zwischen den Wirbelkörpern (Symphysis intervertebralis!!! Nicht: Discus intervertebralis da an beiden wirbeln festgewachsen; Symphysis pubica: zwischen den beiden Schambeinen)
- Synostose: Bei Biegebelastung (evtl. Torsion). Das Gewebe wird durch Knochengewebe ersetzt (Bsp.: ausgewachsenes Schädel skelett, zwischen Darmbein und Sitzbein, zwischen Sitzbein und Schambein, zwischen Schambein und Schambein beim os coxae)

Diskontinuierliche Knochenverbindungen

- Diarthrose, articulatio (= Gelenk): starke Bewegungen, Knochenverbindung auf Druck belastet. Eines der komplexesten Gelenke ist das Kniegelenk
- Mindestanforderungen für Gelenk:
 - 2 Corpora articularia (= Gelenkkörper) Bsp.: Kniegelenk: 3 Gelenkkörper = Patella, Femur, Tibia
 - Cavitas articularis (= Gelenkspalt) mit Flüssigkeit (Synovia) Die Synovia ist eine fadenziehende, klare, leicht gelbliche Flüssigkeit und enthält einen hohen Anteil an kleinen Proteoglykanen die zur Schmierung und Ernährung des Knorpels dient.
 - Capsula articularis (= Gelenkkapsel):
 - Stratum fibrosum: setzt sich kontinuierlich aus dem Periost der Gelenkkapsel fort.
 - Stratum synoviale

Diese Anforderungen treffen nur in einem Gelenk zu: Daumensattelgelenk.

Alle anderen Gelenke bedürfen noch besonderer Einrichtungen.

Die Bursa ist nicht zwingend Bestandteil eines Gelenks, ist aber oft vorhanden.

Die Innenseite der Gelenkkapsel ist mit dem Stratum synoviale (Epitheloide Zellschicht) ausgekleidet. Aufgabe dieser Zellschicht ist es die Synovia zu produzieren. Bei Entzündung im Gelenk wird mehr Synovia produziert, der Gelenksraum schwillt an, es kommt zum Gelenkserguss. Die Synovia hat dann einen deutlich geringeren Anteil an Hyaluronsäure, was bedeutet dass das ganze dann dünnflüssig wird. Wenn sich in der bereits intakten Synovia auch noch Eiter befindet → Hyarthros. Bei Blut → Hämarthros.

Besondere Einrichtungen

- **Ligamenta** (= Bänder): können in verschiedenen Positionen zur Kapsel liegen:
 - Kapsuläre Bänder: verstärken die Kapsel
 - Extrakapsuläre Bänder: liegen deutlich außerhalb der Gelenkkapsel, wo sie zwischen Band und Gelenkkapsel hindurch kommen.
 - Intrakapsuläre Bänder: lagern der Kapsel von innen an (zwischen Synovia und Stratum fibrosum). Bsp.: Kreuzbänder

Zu den extrakapsulären Bändern: beim Kniegelenk betrifft es zum Beispiel das äußere Seitenband wobei dieses Band nicht 100%ig zum Kniegelenk gehört. Beim Gelenk zwischen Kreuzbein und dem os coxae liegen die Bänder ein ganzes Stück entfernt vom Gelenk und sind trotzdem sehr wichtig für das Gelenk.

- **Disci & Menisci articulares** (Zwischenscheiben): Diese bestehen im Regelfall aus Faserknorpel (wechselnde Belastung Druck und Zug). Sie können entweder durchgängig sein (discus articularis, Bsp.: Kiefergelenk) oder sie können ein zentrales Loch haben (meniscus, Bsp.: Kniegelenk)
- **Labra articularia**: Insbesondere dort wo Gelenkpfannen (Hohlpfannen) sind mit einem relativ knapp bemessenen, knöchernen Rand befindet sich um diesen knöchernen Rand ein labrum articulare. Dieses besteht ebenfalls aus Faserknorpel. Aufgabe: Es handelt sich um Pufferstrukturen, elastische Dichtungsringe, die es ermöglichen dass der sich flektierende Knochenteil nicht an die schmale Knochenkante schlägt sondern zuerst dieses weiche Gewebe trifft, das den Stoß abdämpft. Wenn das nicht der fall wäre würde der Gelenksrand sofort abbrechen. (Bsp: Schultergelenk und Hüftgelenk). Das Kniegelenk hat normalerweise keine Labra, es kann trotzdem kleine Gelenkslippen aufweisen, ist aber eher selten.
- **Bursae synoviales** (= Gleitbeutel): enthalten beim gesunden Gelenk Synovia und bei Entzündung Schleim (Schleimbeutel)
- **Ossa sesamoidea** (= Sesambein): Das größte Sesambein ist die Patella.

Entstehung der Patella:

Die Strecksehne die über das Gelenk wegzieht und an der Tibia fixiert ist besteht aus straffem, parallel angeordnetem kollagenfaserigem Bindegewebe und ist auf Zugbelastung ausgerichtet. Damit diese Sehne seitlich auf Druck belastet werden kann muss an die Innenseite dieser Sehne eine Knorpelaufgabe aufgebracht werden. Jetzt kann die Sehne auf Druck seitlich belastet werden. Beim Beugen entstehen auch Biegebelastungen, da Knorpel nicht wirklich auf Biegebelastung ausgerichtet ist würde dieser brechen. Daher muss als nächster Schritt dieser Knorpel mit Knochengewebe, welches auf Biegung belastbar ist, unterfüttert werden. Das daraus entstandene nennt sich Sesambein.

Druckbelastung bei der Patella liegt bei etwa 8000 Nm/cm².

Es gibt Bereiche wo abhängig von der Belastung Sesambeine optional auftreten können, zum Beispiel in der Sehne des Musculus fibularis longus. Wenn man die Füße oft und stark belastet kann sich dort ein Sesambein entwickeln.

Einteilung der Gelenke

Gelenkformen:

- Articulatio plana:
 - 0/1 Achsen
 - 2 Freiheitsgrade: Translation, Rotation
 - Simples Gelenk. 2 fast ebene Gelenkflächen liegen fast aneinander.

Durch besondere Einrichtungen (Bänder) können Bewegungen gehindert werden (manche plane Gelenke können keine Translation sondern nur Rotation ausführen).

- Articulatio sphaeroidea: Kugelgelenk (Schultergelenk, Hüftgelenk → Gelenkpfanne + Gelenkkopf)
 - 3 Freiheitsgrade:
 - Flexion – Extension
 - Rotation
 - Abduktion – Adduktion

Am Rand der Gelenkpfanne sitzen zumeist Gelenklippen (labra articularia) auf. Der Gelenkkopf kann auch eiförmig sein, dh. die Durchmesser des Kopfes und der Pfanne sind ungleichmäßig. Ein eiförmiges Gelenk kann nicht rotieren. Bsp.: articulatio radio carpalis.

- Ginglymus: Scharniergelenk
 - 1 Achse
 - 1 (2) Freiheitsgrade:
 - Flexion – Extension
 - (Translation)

Es gibt einen rinnenförmigen konkaven Gelenkkörper und einen zylindrischen konvexen Gelenkkörper. Es reicht nicht das ganze durch Bänder zu hemmen sondern es braucht entweder im Zentrum ein Nut-Federsystem, eine Leiste, die auf der anderen Seite in eine Rinne eingreift oder aber man kann seitlich an der Gelenkwalze links medial und lateral einen Sperrriegel ansetzen, der verhindert dass eine seitliche Bewegung möglich ist (zB.: beim oberen Sprunggelenk: Knöchel)

- Articulatio trochiodea: Drehgelenk
 - 1 Achse
 - 1 (2) Freiheitsgrade:
 - Rotation
 - (Translation)
 - 2 Möglichkeiten:
 1. Zapfenförmiges Gelenk dreht sich um seine eigene Achse
 2. Zapfen steht fest und der andere Gelenkkörper dreht sich um den Zapfen herum → Radgelenk. Bsp.: distales radio-ulnar Gelenk

- Articulatio sellaris: Sattelgelenk
 - 2 Achsen
 - 2 Freiheitsgrade:
 - Flexion – Extension
 - Abduktion – Adduktion
 - Zwei Sättel greifen ineinander. Bsp.: Daumengrundgelenk

Amphiarthrose

Es handelt sich nicht um eine eigene Gelenkform sondern alle Gelenke können eine Amphiarthrose sein. Es handelt sich um ein Gelenk, welches in seiner Beweglichkeit stark eingeschränkt ist. Verantwortlich dafür sind Bänder. Zwischen Mittelhandknochen und Handwurzelknochen (mit Ausnahme des Daumens) sind plane Gelenke. Beim versuch, den 2., 3. oder 4. Mittelhandknochen palmar nach dorsal zu bewegen funktioniert das nicht. Es handelt sich um eine Amphiarthrose. Beim kleinen Finger ist keine Amphiarthrose mehr. Alle vier haben jedoch die gleiche Gelenkform: plane Gelenke.

Allgemeine Muskellehre

Nomenklatur

Zytoplasma → Sarkoplasma

Glatte ER → sarkoplasmatisches Retikulum

Mitochondrium → Sarkosom

Plasmalemm → Sarkolemm

Sarkom = bösartiger Tumor einer Muskelzelle

(Karzinom = bösartiger Tumor einer Epithelgewebszelle)

- Myosin:
 - besitzt Myosinköpfchen.
 - Die Myosinfäden sind spiralartig zu einem langen Molekül zusammengefasst.
 - Tropomyosin umwickelt die Fäden und dient dazu das Myosin „abschalten“ zu können.
 - Im quergestreiften Muskelgewebe sind diese Moleküle streng hierarchisch angeordnet.
- Aktin:
 - In jeder Zelle vorhanden.
 - Dient als teil des Zytoskeletts.
 - Aktin ist per se für Bewegung möglich weil durch Verlängerung oder Verkürzung des Aktinfadens die Zelle ihre Form verändern kann.
- Zwischen dem Myosin und Aktin besteht eigentlich keine Verbindung. Wenn die Myosinköpfchen mit ATP gebunden sind gehen sie eine Verbindung mit Aktin ein.
- In einer normalen Muskelzelle ist praktisch kein Kalzium vorhanden. Das Konzentrationsgefälle beträgt 50000:1 → das Kalzium schießt in die Zelle ein, gelangt zum Aktin und dockt an das ATP an...
- Solange ATP vorhanden ist das sich an die Köpfchen klammern kann und solange Kalzium vorhanden ist, können diese Köpfchen sich an die nächste Aktinuntereinheit binden.

Glatte Muskulatur

- Im glatten Muskel sind Aktin und Myosin nicht so architektonisch abgerichtet. Bsp.: Glatte Muskulatur in Gebärmutter, Gefäßwänden etc.
- Faser: Spindelförmige Einzelzelle (fusiform)
- 20-200 µm groß
- Wenig Mitochondrien, zwecks ATP Produktion
- 1 Zellkern: etwas langgestreckt, unterbrochen, granuliert und liegt zentral in der Zelle
- Innervation: en-passant Synapse
- Nachdem die Membran stimuliert worden ist vergehen noch 200 ms bis die Kontraktion beginnt. Durch diese Versetzung baut sich eine richtig schöne Kontraktion auf

Quergestreifte Skelettmuskulatur

- Faser: Synzytium. Zylindrisch, lang (bis zu 50 cm)
- Eine einzige Muskelfaser ist eine funktionelle Einheit.
- Strenge Organisation der Fasern (schnellere Übertragung)
- Durchmesser variabel von 20 µm bis 1mm
- Wenig Mitochondrien
- Bis zu mehreren 100 Zellkernen (mehrere Kernteilungen ohne Zellteilungen → Synzytium)
- Zellkerne sind randständig
- Innervation ist gezielt und wird durch eine einzelne motorische Endplatte durchgeführt
- Nach Innervation dauert es 10 ms bis zur Kontraktion

Herzmuskulatur

- Kurze, verzweigte Muskelfaser
- Durch diese Verzweigung stehen alle Herzmuskelfasern untereinander in Verbindung (Glanzstreifen) und können somit die Erregung von einer Zelle auf die nächsten Zellen übertragen.
- Hohe Anzahl an Mitochondrien da ständig Energie gebraucht wird
- Viele Zellkerne die zentral liegen
- Wenn eine Herzmuskelzelle erregt wird folgen alle.
- Innervation ist nicht vorhanden und wird nicht gebraucht da das Herz von alleine schlägt. Prinzipiell ist jede Herzmuskelfaser in der Lage sich rhythmisch zu kontrahieren.
- Bestimmte Zellen wie der Sinusknoten geben den takt an, wenn er erregt wird dann folgt der Rest der Zellen. Wenn man den Sinusknoten antreibt schlägt er schneller und das Herz schlägt insgesamt schneller.

Aktinsystem (I-Bande)

Die Aktinfilamente sind genau gleich lang. Die Myosinfilamente (A-Bande) sind auch alle exakt gleich lang und so angeordnet, dass 2 Filamente gegensätzlich genau zwischen diese Aktinraster eingesetzt sind. Diese schweben regelrecht zwischen den Aktinfilamenten, sind aber durch Verbindungen verankert.

Kontrahiert sich der Muskel schiebt sich das Ganze ineinander, das heißt Z-Scheibe und A-Bande rücken enger zusammen, bei Dilatation wird dieser Abstand größer.

Bei Kontraktion verändert sich also die I-Bande:

- Kontraktion → schmale I-Bande
- Dilatation → breite I-Bande

Eine Muskelfaser ist im Regelfall mit dem freien Auge sichtbar. Es gibt natürlich im Körper verschiedene Muskeln, manche müssen sehr fein, zart gesteuert werden (Bsp.: Augenmuskeln → Faserlänge höchstens 3 cm)

Aufbau

50-60 Myofibrillen (Aktin + Myosin) bilden eine Faser und werden von einem Sarkolemm umgeben. Mehrere Fasern ergeben ein Muskelfaserbündel. Das gesamte Faserbündel wird von Perimysium umgeben. Jede einzelne dieser Muskelfasern ist am Perimysium fixiert. Das Perimysium enthält ein sehr dichtes Netz an Arterien und Venen und geht kontinuierlich in das Bindegewebe der Ansatzsehne über. Äußerste Hülle wird vom Epimysium gebildet.

Muskelfasertypen

- Typ I: slow oxidative (rot) → slow twitch: langsame Muskelfasern die oxidative arbeiten, beziehen ihre Energie also über Mitochondrien
- Typ II: arbeiten anaerob
 - Typ II A: fast oxidative → intermediate
 - Typ II X: fast glycolytic → fast twitch

Erklärung:

Mitochondrien sind zwar sehr effizient in der ATP Herstellung, brauchen aber zu lang um Energie herzustellen, deswegen stellen die schnellen Muskelfasern die Energie über den Glykolysezyklus her. Dabei entsteht Laktat (Milchsäure) als Abfallprodukt, die wird in der späteren Folge verarbeitet und abgebaut. Der Muskel kann trotz Laktat nicht sauer werden, da der pH von 7.4 im Körper durch Puffer immer annähernd konstant gehalten wird.

Motorische Endplatte

Wie kommt die Muskelfaser an ihre Information?

Das Motoneuron kommt mit seinem Axon an und schüttet an der präsynaptischen Membran den Muskeltransmitter Acetylcholin aus. Acetylcholin diffundiert von der Nervenzelle zur Muskelzelle (synaptischer Spalt). An der Muskelzelle sitzen spezifische Rezeptoren wo das Acetylcholin andockt. Der Rezeptor geht auf und es kommt zum Natrium + Kalium Einstrom, An der Muskelzelle entsteht ein Aktionspotential, dieses führt dazu dass die spannungsgesteuerten Kalziumkanäle auf gehen. Diese lassen das Kalzium in das Zytosol hinein.

Der Transmitter wird im synaptischen Spalt durch die Cholinesterase in Acetylrest und Cholin gespalten, wird wieder aufgenommen und verteilt. Das Motoneuron wird recycelt und steht zur nächsten Übertragung wieder zur Verfügung.

Muskelentwicklung

Die Muskelentwicklung beginnt bei der Entwicklung des Skeletts (7.-8. Woche). Die Muskulatur entwickelt sich aus dem paravertebralen Mesenchym. Zuerst entwickelt sich die autochtone Rückenmuskulatur. Von dort wandern dann Muskeln aus und nehmen ihre Innervation mit. Nerven sind zu diesem Zeitpunkt schon vorhanden. Danach entwickelt sich der Rest. Am Rumpf nimmt jeder Muskel seine Innervation mit. An den Extremitäten gestaltet es sich schwieriger, die Muskeln müssen sich umverteilen: es kommt zur Plexusbildung (plexus = Geflechtbildung), plexus sacralis, plexus cervicalis.

Muskelaufbau

- Origo
- Tendo originis (Ursprungssehne)
- Caput
- Venter
- Tendo insertionis (Ansatzsehne)
- Insertio

Es gibt Muskeln mit kurzen Ursprungssehnen und langen Ansatzsehnen (Bsp.: Im Finger) und umgekehrt (Bsp.: Biceps brachii, Caput longum).

Es gibt auch Muskeln bei denen Ansatz- und Ursprungssehne fast nicht zu sehen sind, wo man denken könnte der Muskel wäre direkt am Periost angeheftet.

Muskelanheftung (Entese)

Im entspannten Zustand sind die Kollagenfasern eher gewellt und dort wo es zum Knochen hin geht bilden sich regelrechte Schleifen. In den Schleifen befindet sich nicht mineralisierter Knorpel: Knorpelzellinseln. Bei Zug an der Sehne werden diese Inseln zusammengequetscht. Sie dienen als Puffer damit die Fasern nicht sofort reißen. Wenn diese Knorpelinseln an der Anheftung entzündet sind funktioniert das System nicht mehr, es kommt zur Läsion des Knochens und es entstehen Knochensporne (zB.: Fersensporn).

Hilfseinrichtungen

- Fascia
- Vagina tendinis
 - Stratum fibrosum
 - Stratum synoviale
 - Vinculum tendinis
- Bursa synovialis (Gleitbeutel)
- Os sesamoideum
- Corpus adiposum (kleidet den Muskel aus)

Muskelformen

- Spindelförmig: Entweder einköpfig oder mehrköpfig (zweiköpfig: Biceps)
- Multiventer (Biventer = digasticus am Kopf)
- Gefiederter Muskel (extrem starke Muskel)
- Plane Muskel (am Rumpf oder musculus trapezius)

Articulationes sternoclavicularis et acromioclavicularis

(Fingergelenke = Kugelgelenke (Flexion-Extension, Abduktion-Adduktion, Rotation) Rotation ist nur passiv möglich)

Neutral-0-Methode (Messung aktiv und passiv)

- 0-Stellung = Anatomische Normalstellung:
 - Aufrechter Stand
 - Hängende Arme
 - Daumen nach ventral
 - Füße parallel gestellt und hüftbreit auseinander
 - Blick nach vorne gerichtet.

Notation: Winkel der Flexion – 0 – Winkel der Extension

Articulatio sternoclavicularis

Beteiligte Skelettelemente

- Sternum (Brustbein)
- Clavicula (Schlüsselbein)

Sternum: besteht aus 3 Teilen

- **Manubrium sterni**: verbunden durch Synchondrose (später Synostose) mit dem Corpus
 - Incisura jugularis (zwischen Mm. Sternocleidomastoidei)
 - Incisurae claviculares: mit Gelenkknorpel versehen
 - Incisura costalis prima: kontinuierliche Knochenverbindung zur ersten Rippe (Synchondrose)
- **Corpus sterni**
 - Incisurae costales 2-7
- **Processus xiphoideus** (Schwertfortsatz): kann viele unterschiedliche Formen und Längen haben

An der Grenze zwischen Manubrium und Corpus ist der Einschnitt für die zweite Rippe (Incisura costalis secunda). Dieser Einschnitt ist ein Gelenk mit Gelenküberzug. Der Einschnitt geht weiter über 3., 4. und 5. Rippe. Die 6. und 7. Rippe haben keinen Knorpelüberzug (Synchondrosen)

Clavicula:

- Knochen der sich teilweise auf Bindegewebsbasis entwickelt
- 2 Extremitas: Extremitas sternalis und Extremitas acromialis
- Besitzt 2 Krümmungen: eine nach ventral konvex (medial 2/3) und eine nach ventral konkav (laterale drittel)

- Weist 4 deutliche Merkmale auf:
 - Impressio (Tuberositas) ligamenti costoclavicularis
 - Sulcus musculus subclavii
 - Tuberculum conoideum: nach hinten gerichteter fast dreieckiger Höcker
 - Linea trapezoidea (Leisteam acromialen Ende)

Tuberculum conoideum und Linea trapezoidea gehören zum Ligamentum coracoclaviculare. Clavicula und Scapula bilden zur Mediansagittalen einen Winkel von annähernd 60°.

Gelenkkörper

- Incisura clavicularis (manubrii) sterni
- Extremitas sternalis claviculae
 - Facies articularis sternalis

Form und Freiheitsgrade

Form: plan

Freiheitsgrade: 3

- Schultererelevation (40°) / Schulterdepression (10°) → 40-0-10
- Schulterprotraktion (30°) / Schulterretraktion (25°) → 30-0-25
- Elevation des Arms (Rotation)

Besondere Einrichtungen

- **Discus articularis:** trennt die beiden Gelenkkörper vollständig. Im Regelfall am kranialen Ende am Manubrium sterni festgewachsen. Die Anheftung an der Clavicula kaudal ist nicht immer besonders kräftig ausgebildet.
- **Ligamenta sternoclavicularia anterior & posterior**
- **Ligamentum interclaviculare:** verbindet die beiden Claviculae. Zum Manubrium besteht geringe Verbindung
- **Ligamentum costoclaviculare:** kräftigstes Band, von der Rippe herkommend und zur Tuberositas ligamenti costoclaviculares hinziehend.

Bewegende Muskeln

- Eingelenkig:
 - **Musculus subclavius:** relativ kleiner Muskel, zieht in den Sulcus musculus subclavii. Er presst die Clavicula in das Manubrium rein → Schulterdepression
- Zwei- und mehrgelenkig:
 - **Musculus sternocleidomastoideus:** entspringt mit zwei Köpfen vom Manubrium, zieht schräg zum Hals und zum Processus mastoideus. Er dient

dazu den Kopf zu bewegen (Kopfneiger). Kann auch als Atemhilfsmuskel benutzt werden.

- **Musculus trapezius, Pars descendens:** wird wie der Musculus sternocleidomastoideus vom 11. Hirnnerven, dem Nervus accessorius innerviert. Der Musculus trapezius entspringt vom obersten Dornfortsatz, der Protuberantia occipitalia externa und reicht hinunter bis zum Dornfortsatz des 12. Brustwirbels. Er zieht nicht nur zur Clavicula sondern auch zur Spinae scapulae. Wichtigster Muskel für die Elevation des Schultergürtels.
- **Musculus serratus anterior:** hat insgesamt 10 Zacken mit denen er von der 1.- 9. Rippe entspringt, von der 2. Rippe gehen 2 Zacken aus. Die oberen beiden Zacken setzen am Angulus superior der Scapula an während die anderen Zacken zum Angulus inferior der Scapula gehen und eine andere Aufgabe haben. Der Muskel bewegt hauptsächlich im Acromioclaviculargelenk. Funktion: Der Muskel presst vor allem die Scapula an den Thorax.

Muskeln können entweder nur in einem Gelenk bewegen oder über mehrere Gelenke hinweg. Wenn sie über mehreren Gelenken bewegen, können sie die Bewegungen zwischen diesen Gelenken koordinieren.

Articulatio humeri

Beteiligte Skelettelemente

- Scapula
- Humerus

Humerus

- Os longum mit
 - Extremitas proximalis
 - Corpus humeri
 - Extremitas distalis
- **Extremitas proximalis**
 - Caput humeri: gelenkbildende Teil. Das Caput ist ein Kugelabschnitt und nach hinten verdreht (Retrotorsion um etwa 20°)
 - Collum humeri: schließt sich unmittelbar an die Knorpelgrenze an
 - Tuberculum majus: (dorsal; lateral des Caput humeri) wesentliche Ansatzstelle für verschieden Muskeln (M. supraspinatus, M. infraspinatus, M. teres minor)
 - Tuberculum minus: (frontal ; medial des Caput humeri) dient als Muskelansatz (M. subscapularis)
 - Beide Tubercula laufen nach distal in entsprechende Leisten aus: Die Crista tuberculus majus und die Crista tuberculus minus. Dazwischen ist eine Rinne: Der Sulcus intertubercularis.
 - Nach distal an der lateralen Seite befindet sich die Tuberosita deltoidea, die Anheftung für den Musculus deltoideus. Je stärker der Muskel benutzt wird, desto kräftiger wird die Tuberosita deltoidea ausgeprägt sein.
 - Unterhalb der Tuberosita deltoidea schneidet eine kräftige Rinne, der Sulcus nervi radialis.
- **Corpus humeri**
 - Ränder:
 - **Margo lateralis:** zieht von der Rückseite des Tuberculum majus zum Epicondylus lateralis und trennt dadurch die Facies anterior lateralis von der Facies posterior. Die obere Hälfte dient als Ansatz für den Musculus teres minor und distal davon als Ursprung für den lateralen Kopf des Musculus triceps brachii. Nach distal hin endet er in einem ausgeprägten Knochenkamm, der Crista supracondylaris lateralis, die dem Musculus brachioradialis als Ursprung dient.
 - **Margo anterior:** läuft von der Vorderseite des Tuberculum majus nach distal bis zur Fossa coronoidea und trennt dadurch die Facies anterior medialis von der Facies anterior lateralis. Im oberen Teil ist er ein prominenter Knochenvorsprung, die Crista tuberculi

majoris. Distal dient er als Ursprung des Musculus brachialis.

- **Margo medialis:** erstreckt sich vom Tuberculum minus bis zum Epicondylus medialis. Im oberen Drittel imponiert er als prominenter Knochenvorsprung, die Crista tuberculi minoris. Hier setzt die Sehne des Musculus teres major an. In der Mitte weist er eine leichte Vertiefung für die Ansatzsehne des Musculus coracobrachialis auf. Das untere Drittel erhebt sich zu einem Knochenvorsprung, der Crista supracondylaris medialis.
- Flächen:
 - Facies anterior medialis
 - Facies anterior lateralis
 - Facies posterior
- **Extremitas distalis**
 - Condylus humeri (= Gelenkkopf)
 - Capitulum humeri: vorgewölbte Knochenfläche
 - Trochlea humeri
 - Epicondylus: Knochenvorsprung lateralis und medialis des Condylus. Um den Epicondylus medialis läuft ein Nerv (Nervus ulnaris) der eine Rinne, den Sulcus nervi ulnaris hinterlässt.
 - Fossa radialis: Grube proximal des Capitulum humeri
 - Fossa coronoidea: Größere Grube proximal der Trochlea. Sie nimmt den Processus coronoideus der Ulna bei gebeugtem Unterarm auf.
 - Fossa olecrani: dreieckförmige Vertiefung dorsal des Humerus, proximal der Trochlea. Sie nimmt in der Extensionsstellung des Unterarms das Olecranon der Ulna auf

Die beiden Gruben Fossa coronoidea und olecrani können so tief sein dass sie sich berühren, wodurch im Humerus ein Loch entstehen kann. Aus funktioneller Sicht bereitet dieses Loch allerdings keine Probleme.

Der Processus supracondylaris entsteht durch einen Muskelursprung: knöcherner Haken. Beim Menschen ein eher zufälliges Gebilde.

Gelenkkörper

- Cavitas glenoidalis
- Caput humeri

Cavitas glenoidalis:

- deutlich kleiner als der Caput humeri: das Größenverhältnis liegt bei etwa 1:3, 1:4
- Der Humerus hat nur mit einem kleinen teil seines Kopfes Kontakt mit der Scapula. Das bedeutet, dass die Passform nicht immer 100% sein kann (nicht perfekt Kugelförmig)
- Druckverteilung: Bei herunter hängenden Armen ist das Gelenk nicht vollständig zentriert. Erst durch zusätzliches Gewicht und Muskelspannung lässt sich das gelenk zentrieren

Kapsel-Band-Apparat

- Ligamentum coracohumerale
- Ligamenta glenohumeralia (ventral).

Auf der dorsalen Seite ist das Gelenk nur durch die Kapsel gesichert, hier gibt es keine speziellen Bänder. Dadurch kann sich die Gelenkkapsel relativ weit ausdehnen. Durch den Sulcus intertubercularis zieht eine Sehnenscheide die bis etwa auf die Höhe des Unterrands des Gelenks reicht. In dieser Sehnenscheide befindet sich die lange Bizepssehne. Gesichert wird die lange Bizepssehne durch das Ligamentum transversum humeri, welches das Tuberculum majus humeri mit dem Tuberculum minus humeri verbindet. Wenn die Gelenkkapsel aufgeblasen ist und der Arm in der Neutral-0-Stellung hängt entsteht eine Reservefalte des Gelenks: Recessus axillaris. Der Recessus axillaris dient als Reservefalte für Abduktionsbewegungen.

Form und Freiheitsgrade:

Form: Kugel

Freiheitsgrade: 3

- Ante-/Retroversion
 - in Sagittalebene: 65° - 0° - 40° (Bewegung ist zu Ende wenn Processus coracoideus anschlägt)
 - in Transversalebene: 135° - 0° - 50°
- Ab-/Adduktion:
 - in Frontalebene: 90° - 0° - 40°
- Rotation:
 - Außen-/Innenrotation: [40° - 60°] - 0° - 95° (Messung von Außen-/Innenrotation erfolgt immer mit gebeugtem Ellbogen)
 - Bei 90°-Abduktion: 70° - 0° - 70°

Bewegungen im Schultergelenk

Aus der reinen Neutral-0-Stellung erreicht man eine Abduktion von etwa 80°. Dann schlägt das Tuberculum majus teilweise an das Acromion des Foramen humeri an. Bei einer Rotation des Daumens um 90° schlupft das Tuberculum majus humeri unter das Acromion, sodass man die Bewegung weiter, mit Hilfe der Scapula, ausführen kann.

Sobald man (je nach Bewegung) über 30-50° hinausgeht, bewegt man zwangsläufig die Scapula und damit den Schultergürtel mit. Bis 60° findet die Bewegung nur im Schultergelenk statt, ab 80° geht die Scapula von Anfang an mit. Dieses Phänomen lässt sich durch die Gelenkkette erklären. In einer Gelenkkette wird versucht, dass ein Gelenk möglichst wenig zu belasten: die Bewegung wird auf mehrere Gelenke verteilt.

Beim Schultergelenk besteht die Gelenkkette aus:

- Schultergelenk
- Schulterergelenk
- Claviculargelenk

Humeroskapularer Rhythmus = Das Zusammenspiel der Scapula mit dem Humerus.

Besondere Einrichtungen

- **Labrum glenoidale:** dreieckiges Teilchen am Rand der Cavitas glenoidalis. Dient als Dämpfer gegen das direkte Anschlagen des Knochens und als Oberflächenvergrößerung der Gelenkfläche
- **Ligamenta glenohumeralia:** verstärken von innen her die vordere Gelenkkapsel, von außen nicht sichtbar. Aufteilung in mittleres, oberes (können fehlen) und unteres (konstant vorhanden) Band. (Recessus synovialis)
- **Ligamentum coracohumerale**
- **Fornix humeri (= Schulterdach)**
- **Bursae (= Gleitbeutel):** bei Bursitis → Schleimbeutel. Steht meistens mit dem Gelenk in offener Verbindung (kommunizierende Bursa). Wenn man die Bursa anritzt ist man direkt in der Gelenkhöhle

Durch die beiden Ligamenta zum Acromion wird sichergestellt, dass die Muskeln richtig am Processus coracoideus angeheftet sind.

Am processus coracoideus sind 3 Muskeln angeheftet:

- Musculus biceps brachii
- Musculus coracobrachialis
- Musculus pectoralis minor.

Über das Bandsystem ist der Processus coracoideus extrem gesichert.

Bursae: (sind meistens nicht mit dem Gelenk verbunden)

- **Bursa subacromialis:** zieht sich relativ weit bis in den Muskel bis sie hinter dem Muskel im Acromion wieder rauskommt. Der Hohlraum ist mit Synovia ausgekleidet. Sie wird als subacromiales Nebengelenk bezeichnet obwohl es sich hierbei nicht um ein Gelenk handelt.
- **Bursa subdeltoidea:** puffert über den Tuberculum majus ab. Liegt unter dem Musculus deltoideus
- **Bursa subcutanea acromialis:** nicht bei allen Menschen vorhanden, eher bei Menschen mit viel Bewegung

Bewegende Muskeln

- **Eingelenkig:**
 - **Musculus subscapularis:** großflächiger Muskel. Entspringt auf der ventralen Seite der Fossa subscapularis und zieht zum Tuberculum minus. Wichtigste Aufgabe: (Innen-)Rotation des Humerus
 - **Musculus supraspinatus:** unter dem fornix humeri, geht durch den osteofibrösen Kanal. Er entspringt an der Fossa supraspinata an der dorsalen Seite der Scapula und füllt diese weitgehend aus. Er setzt an der oberen Facette des Tuberculum majus des Humerus an. Funktion: Abduktion und Außenrotation des Humerus
 - **Musculus infraspinatus:** entspringt der fossa infraspinata an der dorsalen Seite der Scapula und setzt der mittleren Fasette des Tuberculum majus an.

Funktion: Außenrotation

- **Musculus teres minor:** Ursprung am Margo lateralis der Scapula, setzt an der unteren Fasette des Tuberculum majus an. Besitzt eigene Innervation (Nervus axillaris). Funktion: Außenrotation, Retroversion und Adduktion des Humerus
 - **Musculus teres major:** entspringt am Angulus inferior der Scapula und setzt an der Crista tuberculi minoris an. Funktion: Retroversion, Innenrotation und Adduktion des Humerus
 - **Musculus deltoideus:**
 - Pars clavicularis: entspringt an der Clavicula in unmittelbarer Verlängerung vom Musculus trapezius. Seine Fasern ziehen zur Tuberosita deltoidea. Funktion: bei Neutral-0-Stellung Innenrotation und Abduktion
 - Pars acromialis: entspringt am Acromion und zieht zur Tuberosita deltoidea. Funktion: Abduktion
 - Pars spinalis: entspringt an der Spina scapulae und zieht zur Tuberosita deltoidea. Funktion: bei herabhängendem Arm Außenrotation und mit Pars acromialis zusammen Retroversion
 - **Musculus coracobrachialis:** Ursprung am Processus coracoideus der Scapula und zieht zur Facies anterior medialis des Humerus. Funktion: Flexion im Schultergelenk, Innenrotation, Adduktion und Anteversion des Humerus
 - **Nervus latissimus, Pars scapularis**
- Mehrgelenkig:
 - **Musculus latissimus**
 - **Musculus pectoralis major:** großflächiger, fächerförmiger Muskel. Normal verdreht, bei Elevation ausgedreht. Funktion: Anteversion, Adduktion (Kraulschwimmen) und Innenrotation
 - Pars clavicularis: Ursprung an der medialen Hälfte der Clavicula
 - Pars sternocostalis: entspringt dem ipsilateralen Rand des Sternums sowie an den Knorpeln der 2. – 6. Rippe
 - Pars abdominalis: entspringt an der Rectusscheide
 - **Musculus biceps brachii:** Zweigelenkiger (Schulter- und Ellenbogengelenk) und zweiköpfiger Muskel:
 - Caput longum: hat eine lange Ursprungssehne und entspringt am Tuberculum supraglenoidale der Scapula (zu 20-25%) der Rest entspringt am Labrum glenoidale
 - Caput breve: entspringt an der Spitze des Processus coracoideusDer sehnige Ansatz des Musculus biceps brachii ist die Tuberositas radii des Radius und über die Aponeurosis musculi bicipitis die Unterarmfaszie. Funktion: Flexion und Supination des Ellenbogens. Im Schultergelenk verursacht die Kontraktion des Caput longum eine geringe Abduktionsbewegung des Arms sowie eine leichte Innenrotation, die Kontraktion des Caput breve eine geringe Adduktion. Die Kontraktion beider Köpfe resultiert in einer Anteversion des Arms. Außerdem spannt er über seinen Ansatz in der Aponeurosis musculi bicipitis die Unterarmfaszie
 - **Musculus triceps brachii:** Dreiköpfiger Muskel:
 - Caput mediale: liegt an der posterioren Facies des Margo medialis des

Humerus, medial und distal des Sulcus nervi radialis

➤ Caput laterale: liegt an der posterioren Facies des Margo medialis des Humerus, lateral und proximal des Sulcus nervi radialis

➤ Caput longum: Ursprungssehne entspringt am Tuberculum infraglenoidale der Scapula

Sehnige Ansatz des Muskels ist das Olecranon der Ulna.

Zur Rotatorenmanschette gehören lediglich:

- Musculus subscapularis
- Musculus supraspinatus
- Musculus infraspinatus
- Musculus teres minor
- Ligamentum coracohumerale (Zentrierung des Humerus)

Musculus infraglenoidalis:

- Kleines Dreieck
- Bei 64% der Menschen vorhanden
- Ursprung ist am Margo lateralis und zieht Richtung Tuberculum minus an die Unterseite an das Collum heran und ergänzt die Rotatorenmanschette, zählt aber nicht dazu
- Wird vom Nervus axillaris innerviert

Articulationes cubiti et radioulnaris distalis

Articulatio cubiti

Articulatio composita

- Teilgelenke:
 - Articulatio humeroradialis
 - Articulatio humeroulnaris
 - Articulatio radioulnaris proximalis
- Freiheitsgrade: 2
 - Flexion/Extension
 - Pronation/Supination

Beteiligte Skelettelemente

- Humerus
- Radius
- Ulna

Radius

- Os longum mit
 - Caput radii
 - Collum radii
 - Corpus radii
- **Caput radii:** scheibenförmig, ist am Scheitel eingedellt → Fovia articularis.
- **Collum radii**
- **Corpus radii:** dreieckige Gestalt mit scharfen Kanten die nach medial stehen. Zur Ulna hin ein vago interosseus
 - Tuberositas radii: Ansatz für Musculus biceps brachii
 - Tuberositas pronatoria: Rauigkeit in der Mitte des Radius. Hier setzt ein Teil des Musculus pronator teres an.
 - Flächen:
 - Facies anterior (ventralis)
 - Facies posterior (dorsalis)
 - Facies lateralis (radialis)
 - Ränder:
 - Margo interosseus
 - Margo anterior
 - Margo posterior
 - Tuberculum dorsale: Höckerchen an der dorsalen Seite. Medial sowie lateral von diesem Tuberculum bestehen Furchen die für einzelne Muskeln und Muskelpakete (ihre Sehnen) gedacht sind. Am Radius sind 4 solcher Furchen: eine zieht nach lateral die andern 3 nach dorsal

Ulna

- Os longum mit
 - Extremitas proximalis
 - Corpus ulnae
 - Extremitas distalis
- **Extremitas proximalis:**
 - Olecranon: bildet die dorsale Wand der Incisura trochlearis. Kräftiger Fortsatz der meistens an der Gelenksflächenseite durch eine kräftige Rinne vom Rest der Ulna abgesetzt ist. Von der Anlage her ein Sesambein.
 - Processus coronoideus
 - Incisura trochlearis
 - Incisura radialis
- **Corpus ulnae:**
 - Flächen:
 - Facies anterior (ventralis)
 - Facies posterior (dorsalis)
 - Facies medialis (ulnaris): meistens deutlich konvex gekrümmt
 - Ränder:
 - Margo anterior
 - Margo posterior
 - Margo interosseus
- **Extremitas distalis:**
 - Caput ulnae: mit circumferentia articulationis die für den Radius gedacht ist
 - Processus styloideus ulnae: sehr klein im Gegensatz zum Processus styloideus radii

Tuberositas ulnae: Ansatzstelle des Musculus brachialis

Verletzungen im Ellbogen betreffen hauptsächlich den Radius, die Ulna ist schwer zu luxieren.

Beim Radius zieht das Capitulum nicht nach distal alleine sondern ist um 40° nach vorne geneigt. Das Capitulum humeri zieht nach ventral/distal und in Streckstellung ist der Radius nicht ganz in der Achse des Humerus sondern nach vorne verschoben. Dies erleichtert die Bewegung, hat aber den Nachteil, dass der Radius relativ leicht luxieren kann.

Articulatio humeroradialis

Gelenkkörper

- Capitulum humeri
- Fovea articularis (capitis radii)

Form und Freiheitsgrade

Form: Kugel

Freiheitsgrade: 2

- Flexion/Extension
- Rotation (→ Pronation/Supination der Unterarmknochen)

Die Pronation und Supination im Bereich der Fußwurzel ist eine zusammengesetzte Bewegung.

Besondere Einrichtungen

- **Ligamentum anulare radii:** von der Ulna entspringendes Band. Trägt an seiner Innenseite einen Knorpelüberzug (!!!)
- **Ligamentum collaterale radiale:** entspringt vom Epicondylus lateralis des Humerus und strahlt in das Ligamentum anulare radii ein. Die Fasern fächern nach distal zu aus. Das Band hat einen punktförmigen knöchernen Ursprung und ist am Ansatz deutlich breiter. Es dient als Ursprungsfläche für ganze Muskelgruppen
- **Recessus sacciformis superior:** eigentlich ein Gleitbeutel (Bursa synovialis) die den Radiushals komplett umgibt als Reservefalte. Um Rotationsbewegungen von 180 ° durchführen zu können braucht man genügend Synovialfalte.
- (Ligamentum collaterale ulnare: dient zur Sicherung des Gelenks)

Articulatio humeroulnaris

Gelenkkörper

- Trochlea humeri
- Incisura trochlearis ulnae

Die beiden Enden der Incisura sind das Olecranon und nach distal zu der Processus coronoideus.

Form und Freiheitsgrade

Form: Scharnier

Freiheitsgrade: 1

- Flexion/Extension

Bewegungsvorgänge

- Streckung (bis zu 15° überstrecken): Olecranon greift in die Fossa olecrani des Humerus ein → knöcherner Begrenzung der Bewegung

- Beugung (150°): ebenfalls knöcherne Begrenzung. Hemmer ist der Processus coronoideus der in die Fossa coronoidea eingreift.

Besondere Einrichtungen

- **Ligamentum collaterale ulnare:** punktförmiger Ursprung am Epicondylus medialis, dann Auffächerung die größtenteils die Incisura trochlearis bedeckt. Besonders kräftige Faserzüge, die an den medialen Rand des Processus coronoideus ziehen und hintere Fasern die an den medialen Rand des Olecranon ziehen. Die Fasern dazwischen sind relativ schwach ausgebildet. Als zusätzliche Sicherung dieser Bandteile gibt es einen Faserzug der vom Processus coronoideus zum Pars posterior zieht: die Pars transversa. Das Ligamentum collaterale bildet auch den Boden und die Fortsetzung für den Sulcus nervus ulnaris.
- (Ligamentum collaterale radiale)

Articulatio radioulnaris proximalis

Gelenkkörper

- Circumferentia articularis (capitis radii)
- Incisura radialis ulnae
- Ligamentum anulare radii: hat osteofibrösen Kanal und umgibt den Radius vollständig

Form und Freiheitsgrade

Form: Zapfen

Freiheitsgrade:1

- Rotation (→ Pronation/Supination)

Rotationsbewegung: Caput radii dreht sich um seine Längsachse.

Besondere Einrichtungen

- **Ligamentum anulare radii**
- **Ligamentum quadratum:** ein an sich sehr lockeres Band das sicherstellen soll, dass der Radius nicht mit zu viel Zug nach lateral von der Ulna entfernt wird und so das Ligamentum anulare radii sprengen würde
- **Membrana interossea:** spannt sich in die Margines interossii von Radius und Ulna aus. Die Knochenkanten sind sehr kräftig, scharf
 - Chorda obliqua: zieht von der Ulna nach distal-lateral, etwas unter die Tuberositas radii. Ihre Fasern sind gegenläufig zu denen der Membrana interossea. Sie begrenzt die Supinationsbewegung zwischen Ulna und Radius.

Funktion: Kraftübertragung des Radius auf die Ulna. Durch die Membrana interossea wird die Ulna mitgespannt → bessere Stabilität und bessere Druckübertragungsmöglichkeiten

Bewegende Muskeln

- Eingelenkig:
 - **Musculus brachialis**: hat einen relativ großflächigen Ursprung am distalen Humerusschaft (An der Extremitas distalis ist er im Regelfall nicht angeheftet). Zieht über das Gelenk drüber und setzt an der Tuberositas ulnae an. Dieser Muskel hat kaum Sehne: kleine Ursprungssehne, kleine Ansatzsehne
 - **Musculus pronator teres**
 - **Musculus pronator quadratus**
 - **Musculus brachioradialis**
 - **Musculus triceps brachii**
 - Capita mediale et laterale
 - **Musculus anconaeus**
 - **Musculus supinator**

- Mehrgelenkig:
 - **Musculus biceps brachii**
 - **Musculus triceps brachii**
 - Caput longum
 - **Musculus flexor carpi radialis**
 - **Musculus palmaris longus**
 - **Musculus flexor digitorum superficialis**
 - **Musculus flexor carpi ulnaris**
 - **Musculus extensor carpi radialis longus**
 - **Musculus extensor carpi radialis brevis**
 - **Musculus extensor digitorum**
 - **Musculus extensor digiti minimi**
 - **Musculus extensor carpi ulnaris**

Flexorengruppe (punktförmiger Ursprung)

- Oberflächliche Flexoren: Haben ein Caput commune (gemeinschaftlicher Kopf) als Ursprung.
 - **Musculus pronator teres**: entspringt vom Epicondylus medialis und zieht zur Tuberositas pronatoria in der Mitte der Facies lateralis des Radius. Der Pronator teres hat einen tiefen Kopf (Caput profundum) der seinen Ursprung vom Processus coronoideus nimmt. Zwischen den beiden Köpfen zieht der Nervus medianus hindurch
 - **Musculus flexor carpi radialis**: zieht an die Basis des Os metacarpalis II
 - **Musculus palmaris longus**: endet in der Palmaraponeurose der Hand
 - **Musculus flexor digitorum superficialis**: Oberflächlicher Fingerbeuger

- **Musculus flexor carpi ulnaris:** Hat 2 Ansätze: am Hamulus ossi hamatus und an der Basis des Os metacarpalis V. Damit diese Ansätze bei kräftigem Zug des Muskels nicht kaputt gehen, müssen die Sehnenansätze durch ein Sesambein (Os pisiforme) verbunden werden. Einziger Muskel der nicht vom Nervus medianus innerviert wird (!!!)
- Tiefe Flexoren
 - **Musculus pronator quadratus:** schmaler, flacher Muskel welcher Radius und Ulna distal verbindet mit quer ausgerichteten Fasern. Wickelt sich um die Ulna herum. Funktion: Pronation des Unterarms

Extensorengruppe (linienartiger, langgestreckter Ursprung)

- Radiale Extensoren:
 - **Musculus brachioradialis:** entspringt sehr weit proximal am Humerus entspringtansatz ist proc. styloideus radii. die beste beugende wirkung hat der muskel wenn man in mittelstellung zwischen pro und supination ist.
 - **Musculus extensor carpi radialis longus und brevis:** entspringen entlang der crista supracondylaris bis zum epicondylus lateralis diese beiden muskeln ziehen wesentlich weiter distal (mehrgelenkig) und setzen an der dorsal seite der an der basis des 2. und 3. mittelhandknochen der seite an. diese muskeln sind in der lage im proximalen und distalen handwurzelgelenk dorsalflexion zu machen. mittelhandknochen 2 und 3 dorsal zu flektieren.
- Dorsale, tiefe Extensoren:
 - **Musculus supinator:** entspringt dem Margo posterior des Radius an der ulnaren Seite und wickelt sich um die Ulna herum. Faserverlauf hat leicht absteigende Tendenz. Proximal befindet sich ein Sehnenbogen worunter der Ramus profundus des Nervus radialis verläuft. Hier kann es zu Einengungssyndromen des Nervus radialis kommen. Funktion: Optimaler Hebel für Supination
 - **Musculus Abductor pollicis longus:** verläuft in der Längsachse des Unterarms
 - **Musculus extensor pollicis brevis**
 - **Musculus extensor pollicis longus:** wird von Tuberculum dorsale umgelenkt
 - **Musculus extensor indicis:** für den Zeigefinger
- Dorsale, oberflächliche Extensoren: entspringen vom Caput commune radiale, dann Auffächerung:
 - **Musculus extensor carpi ulnaris:** gelangt an die Basis des Os metacarpale V. Hilft auch mit den kleinen Finger zu abduzieren
 - **Musculus extensor digiti minimi:** abduzieren des kleinen Fingers
 - **Musculus extensor digitorum:** ganz radial, Fingerstrecker
 - **Musculus extensor indicis**
- Es gilt: 2 Beuger und 1 Strecker pro Finger. Os metacarpale II & V haben einen zweiten Strecker

Articulatio radioulnaris distalis

Beteiligte Skelettelemente

- Radius
- Ulna

Gelenkkörper

- Incisura ulnaris radii: Gelenkfläche. Eigentlicher „C-Typ“ nur in 30 % der Fälle vorhanden. In 44% der Fälle ist es Plan (sigmoid notch)
- Circumferentia articularis (capitis ulnae)

→ Bei der Ski-slope-Variante ist an der palmaren Seite eine Vorwölbung, nach dorsal ist keine Sicherung, dh. die Ulna kann nach dorsal, der Radius nach proximal luxieren

Varianten (Hulten)

Die ursprüngliche Bezeichnung von Herr Hulten beruht auf Röntgenbildern.

- Hulten 0: Radius und Ulna sind gleich lang, der Gelenkspalt des distalen Radioulnargelenks steht senkrecht darauf
- Hulten - : Die Ulna ist kürzer als der Radius und der Gelenkspalt ist nach proximal-radial geneigt
- Hulten + : Ulna ist länger als der Radius und Gelenkspalt ist nach proximal-ulnar geneigt

Diese „Verkantung“, „Kippen“ kann bis zu 30° ausmachen
(SNA = Sigmoid notch angle)

Form und Freiheitsgrade

Form: Rad

Freiheitsgrade: 1

- Rotation (→ Pronation/Supination)

→ Die Ulna ist feststehender Teil, proximal hat sich das Radiusköpfchen in die Incisura gedreht. Der Radius bewegt sich um die Ulna herum.

Besondere Einrichtungen

- **Membrana interossea**
- **Discus triangularis**
- **Recessus sacciformis inferius**

Discus triangularis (Triangular fibro-cartilage Complex)

- Faserknorpel der am Rand am distalen Abschnitt der Incisura ulnaris radii angeheftet ist
- Bildet die konkave Gelenkfläche zum Os lunatum und Os triquetrum
- Ist mit dem Ligamentum radioulnare dorsale und palmare verwachsen, Teil des TFCC
- Zum Discus triangularis gehört ein Faserzug der vom Processus styloideus ulnae herkommt
- Verteilt Druck- und Stoßkräfte im Handgelenk

Bewegende Muskeln

- Eingelenkig:
 - **Musculus pronator teres**
 - **Musculus pronator quadratus**
 - **Musculus brachioradialis**
 - **Musculus supinator**
- Mehrgelenkig:
 - **Musculus biceps brachii**
 - **Musculus flexor carpi radialis**
 - **Musculus palmaris longus**
 - **Musculus flexor digitorum superficialis**
 - **Musculus extensor carpi radialis longus**
 - **Musculus extensor carpi radialis brevis**
 - **Musculus extensor digitorum**
 - **Musculus extensor digiti minimi**
 - **Musculus extensor carpi ulnaris**(Hier fehlt ein Muskel !)

Sehnenfächer am distalen Unterarm

- Insgesamt 6 Stück (Radius + Gelenkspalt + Ulna)
- Sehnenfach I (radial am Radius) enthält Sehnen des:
 - Musculus abductor pollicis longus
 - Musculus extensor pollicis brevis
- Sehnenfach II (radial vom Tuberculum dorsale) enthält Sehnen des
 - Musculus extensor carpi radialis longus
 - Musculus extensor carpi radialis brevis
- Sehnenfach III (am Tuberculum dorsale) Umlenkung (= Hypomochlion) für die Sehnen des
 - Musculus extensor pollicis longus
- Sehnenfach IV (nach ulnar, größtest Sehnenfach) enthält Sehnen des
 - Musculus extensor digitorum (4 Sehnen)
 - Musculus extensor indicis (1 Sehne)

- Sehnenfach V (über dem Gelenkspalt → keine knöchernen Grundlage) enthält Sehnen des
 - Musculus extensor digiti minimi
 - Sehnenfach VI enthält Sehnen des
 - Musculus extensor carpi ulnaris (um den sich das Ligamentum radioulnare dorsale wickelt; ist durch das retinaculum extensorum ulnarium in der Sehnenscheide fixiert)
- Faustregel: Jeder Muskel hat eine eigene Sehnenscheide, bis auf das Sehnenfach IV, wo alle Muskeln eine gemeinsame Sehnenscheide besitzen.

Articulatio radiocarpalis

Beteiligte Skelettelemente

- Radius
- Proximale Handwurzelreihe
 - Os scaphoideum: macht zusätzliche kompensatorische Bewegungen die außerhalb der regulären Funktion liegen. Der Fortsatz des Os scaphoideum ist gut tastbar. Schaut von dorsal so aus als wäre der Knochen mit einem Reißverschluss zusammengehalten. Dort wo das Lunatum ansitzt ist ein Apex. Die Bandsicherung gibt die Drehachse für das Os scaphoideum vor. Die Gelenkflächen zum Os capitatum können sehr stark variieren: Sie können halbwegs homogen durchgehend sein oder eingekerbt
 - Os lunatum
 - Os triquetrum

Tuberculum dorsale

Große Variabilität grössenordnung bis 10 mm

Distale Metaphysenachse des Radius

- = Achse die der Radius auf die Richtung dieses Gelenks hat. Diese Achse ist nicht zentral ausgerichtet auf das gelenk sondern exzentrisch auf einen Gelenkflächenteil für das Os scaphoideum.
- Bei Radialduktion hat man Belastung auf das Os scaphoideum (Frakturen im Bereich des Handwurzelknochens betreffen besonders oft das Os scaphoideum)
- Das Os lunatum und Os scaphoideum sind nach proximal durch ein straffes Band verbunden: das Ligamentum interosseo scapholunatum
- Das Ligamentum interosseo scapholunatum besitzt an der Oberfläche einen Knorpelüberzug (!!!)

Gelenkkörper

- Facies articulatio carpalis radii
- Carpus, proximale Gelenkflächen von
 - Os scaphoideum
 - Os lunatum
 - Os triquetrum

→ Discus triangularis zählt nicht als Gelenkkörper, weil ein Gelenkkörper jener Teil eines Knochens ist welcher einen Gelenkknorpelüberzug (hyaliner Knorpel) besitzt

Form und Freiheitsgrade

Form : Ei

Freiheitsgrade: 2

- Flexion/Extension (Extension ist gerade Stellung des Gelenks)
- Radial-/Ulnarduktion

Bewegungen der Handwurzelgelenke

- Dorsale Flexion ist geringer möglich als die palmare Flexion
- Radialduktion ist deutlich geringer möglich als die Ulnarduktion (Os scaphoideum limitiert die Bewegung)

Kraftübertragung

- Ossär: 90%
 - Radius-scaphoideum: 55% (bedingt durch die Aches des Radius)
 - Radius-lunatum: 35%
- Discus triangularis: 10% (an der ulnaren Seite)

Besondere Einrichtungen

- **Ligamentum collaterale carpi radiale**
- **Ligamentum collaterale carpi ulnare**
- **Ligamenta radiocarpalia palmare:** kommt aus dem Radius und geht bis zu den metacarpalknochen
- **Ligamenta radiocarpalia dorsale:** zieht zum Os triquetrum. Besondere Beanspruchung bei der Radialduktion. Hat einen sehr schrägen Verlauf
- **Ligamentum ulnocarpale palmare:** kommt aus dem Processus styloideus ulnae

Verbindungen zwischen Radius und Ulna am distalen Ende sind relativ konstant, alle anderen Verbindungen sind stark veränderlich.

Bewegende Muskeln

- Eingelenkige:
 - **KEINE** → isolierte Bewegung ist aktiv nicht möglich.
- Mehrgelenkig:
 - **Musculus palmaris longus**
 - **Musculus flexor digitorum superficialis**
 - **Musculus flexor pollicis longus:** Tiefer Flexor des Unterarms. Entspringt distal der Tuberositas pronatoria und zieht durch den Canalis carpi

- **Musculus flexor digitorum profundus:** Tiefer Flexor des Unterarms. Entspringt von den Unterarmknochen, Ursprungslinie geht schräg von proximal-ulnar nach distal-radial und zieht durch den Canalis carpi
- **Musculus extensor carpi radialis longus**
- **Musculus extensor carpi radialis brevis**
- **Musculus extensor digitorum**
- **Musculus extensor indicis**
- **Musculus extensor pollicis longus**
- **Musculus extensor pollicis brevis**
- **Musculus abductor pollicis longus**
- **Musculus extensor digiti minimi**
- **Musculus extensor carpi ulnaris**

Canalis carpi

- Osteofibröser Kanal (Knochen + Bindegewebe)
- Bindegewebe → Retinaculum flexorum (beim Fuß heißt es Retinaculum musculum felxorum)
- Durch den Canalis carpi ziehen:
 - Musculus flexor pollicis longus
 - Musculus flexor digitorum profundus
 - Musculus flexor digitorum superficialis
 - Nervus medianus

Der osteofibröse Kanal ist relativ straff. Bei Sehnenscheidenentzündung des flexor digitorus profundus entsteht eine Schwellung die auf den Nerv drückt, die Patienten können den Daumen nicht mehr ordentlich bewegen. Bei einem solchen Karpaltunnelsyndrom wird als Therapie das Retinaculum gespalten. Dies hat den Nachteil, dass es vernarben kann, folglich müsste bei Entstehung eines Narbenblattes noch mal operiert werden.

Articulationes mediocarpea et carpometacarpales

Articulatio mediocarpalis

Beteiligte Skelettelemente und Gelenkkörper

Proximal:

- Os scaphoideum
- Os lunatum
- Os triquetrum

Distal:

- Os trapezium
- Os trapezoideum
- Os capitatum
- Os hamatum

- Gelenkspalt wird als S-förmig beschrieben
- Kontaktfläche zwischen Os scaphoideum und Os capitatum kann unterschiedlich geformt sein. Kann Kugelgelenk sein oder planes Gelenk

Form und Freiheitsgrade

Form: Scharnier (Gynglimus)

Freiheitsgrade: 1

- Dorsal-/Palmarflexion (mehr dorsal als palmar)

→ Translation zur Seite ist nicht möglich

Besondere Einrichtungen

- Ligamentum carpi radiatum: strahlband, band das vom os capitatum (zentrum der handwurzel ausgehend) zu fast allen anderen handwurzelknochen gelangt.
- Ligamenta intercarpalia
 - Palmaria
 - Dorsalia
 - Interossea: verbinden die einzelnen Reihen miteinander. Der proximale Gelenkspalt ist relativ einheitlich und glatt, der distale Gelenkspalt ist verzweigt

→ Die einzelnen Gelenke zwischen den Knochen einer Handwurzelreihe sind vom distalen Handgelenk aus zugänglich aber nicht von proximal

Varianten des Os capitatum

H= Hamatum

C= Capitatum

S= Scaphoideum → kippt anders als die restlichen Handwurzelknochen

L= Lunatum

T= Triquetrum

V-Form: zeigt deutlich dass es sich um ein Scharniergelenk handelt

Bewegungsvorgang

Bei Bewegung nach radial schwenkt sich der ganze distale Handreihenkomplex, Os lunatum, Os capitatum ganz einfach. Die Kontur des Os scaphoideum ändert sich allerdings: es kippt bei Radialduktion nach palmar, um eine mehr oder minder transversale Achse. Bei der Ulnarduktion richtet es sich auf und geht in die Ebene der Karpalknochen. Auf Röntgen erscheint es größer und flacher.

Palmar- und Dorsalflexion

Das Os scaphoideum mit seinem Apex ist gut tastbar bei der Palmarflexion. Bei der Dorsalflexion kippt es zusätzlich. Es macht einen größeren Bewegungsausschlag als es die anderen Handwurzelknochen machen, insbesondere wenn man leicht dorsal flektiert.

Störungen führen sehr schnell zu großen Bewegungseinschränkungen.

Große Störungen:

- 1) Fraktur des Os scaphoideum (bricht an seiner schmalsten Stelle). Dadurch ist die Kippbewegung nicht mehr möglich. Bsp.: Man fällt bei Radialduktion hin und versucht sich aufzufangen. Os scaphoideum würde dann normalerweise versuchen auszuweichen, ist allerdings durch die Radialduktion nach distal fixiert und bricht deswegen.
- 2) Die Blutversorgung in dem Gelenk geht nur vom proximalen Teil aus. Der distale Teil wird durch die Fraktur von der Blutversorgung abgeschnitten und das Gelenk stirbt ab. Bei einer Scaphoidfraktur die nicht versorgt wird, ist es mit Untergang des distalen Anteils nicht mehr möglich zu schreiben (Last geht zu 55% durch Os scaphoideum)

Bewegende Muskeln

- Eingelenkig:
 - **KEINE**
- Mehrgelenkig:
 - **Musculus palmaris longus**
 - **Musculus flexor digitorum superficialis**
 - **Musculus flexor pollicis longus**
 - **Musculus flexor digitorum profundus**
 - **Musculus extensor carpi radialis longus**
 - **Musculus extensor carpi radialis brevis**
 - **Musculus extensor digitorum**
 - **Musculus extensor indicis**
 - **Musculus extensor pollicis longus**
 - **Musculus extensor pollicis brevis**
 - **Musculus abductor pollicis longus**
 - **Musculus extensor digiti minimi**
 - **Musculus extensor carpi ulnaris**

(Muskeln den Sehnenfächern zuordnen können!)

Articulatio carpometacarpalis pollicis (Daumensattelgelenk)

Beteiligte Skelettelemente und Gelenkkörper

- Os trapezium (mit sattelförmigen Facies)
- Os metacarpale I
 - Basis (Sattelförmige Gelenkfläche die zum Os trapezium hin zieht)

Form und Freiheitsgrade

Form: Sattel

Freiheitsgrade: 3

- Flexion/Extension
- Ab-/Adduktion
- Rotation

- Die Form der Sattelflächen des Os trapezium kippt in seinen Ausrichtungen aus allen Ebenen der restlichen Hand.
- Der Daumennagel ist gegenüber den anderen Fingernägeln verkippt. Wenn man den Daumen fest an den Zeigefinger presst hat man eine Adduktionsbewegung
- Der Daumen kann dem kleinen Finger gegenübergestellt werden → mit dem Daumensattelgelenk kann man rotation durchführen

- Bei rotation zwischen zwei Sattelgelenken muss man zumindest zum Teil subluxieren
- Daumen ist eigentlich nicht zum tragen geeignet, man sollte ihn locker lassen
- Rotation ist immer Teil der Oppositionsbewegung
- Bei der Oppositionsbewegung muss man zuerst abduzieren, dann flexieren, dann leitet man die Rotation ein → Oppositionsstellung
- Reposition und Opposition des Daumens ist eine zusammengesetzte Bewegung

Besondere Einrichtungen

- KEINE (sonst könnte man die Bewegungen im Gelenk gar nicht ausführen)

Bewegende Muskeln

Die Gelenkkapsel ist zwar schlaff jedoch nicht leicht verletzlich, da sie relativ dickwandig im Vergleich zu den anderen Gelenken in diesem Bereich ist. Die Dicke der Kapsel fällt zurück auf das Stratum fibrosum, das Stratum synoviale bleibt von der Dicke her immer gleich.

- Eingelenkig
 - **Musculus flexor pollicis brevis:** hat 2 Köpfe, einer zum ulnaren und einer zum radialen Sesambein des Daumengrundgelenks
 - **Musculus opponens pollicis:** Ansatzsehne ist die gesamte Länge des metacarpalis. Wichtigster Muskel für die Bewegung des Gelenks, hat schräge Faserzüge. Innervation hat andere Segmente als die restlichen Muskeln der Hand (!!!)
 - Mehrgelenkig
 - **Musculus abductor pollicis brevis**
 - **Musculus adductor pollicis:** großer flächenhafter Muskel
 - Caput transversum: entspringt am Os metacarpale III
 - Caput obliquum: entspringt an der Basis des Os metacarpale II und III. Dieser ist nicht immer getrennt vom ulnaren Kopf des kurzen Beugers: es kommt zu Verschmelzungen, sodass ein Muskelfächer entsteht der den Daumen heranzuführen kann.
- Diese beiden Muskeln bilden die Thenarmuskulatur (= Daumenballen)
- **Musculus flexor pollicis longus**
 - **Musculus abductor pollicis longus:** kräftiger Muskel der im wesentlichen vom Retinaculum flexorum entspringt und dann zum radialen Sesambein der Grundphalanx zieht
 - **Musculus extensor pollicis brevis**
 - **Musculus extensor pollicis longus**

Articulationes carpometacarpales II-V

Beteiligte Skelettelemente und Gelenkkörper

- CMG II:
 - Os trapezium, Os trapezoideum, Os capitatum
 - Basis ossis metacarpalis II
- CMG III:
 - Os capitatum
 - Basis ossis metacarpalis III
- CMG IV:
 - Os hamatum
 - Basis ossis metacarpalis IV
- CMG V:
 - Os hamatum
 - Basis ossis metacarpalis V

Form und Freiheitsgrade

Form: plan

Freiheitsgrade: 1 (Amphiarthrosen)

- Flexion/Extension
- III < II < IV < V

→ III ist sehr straff, bei V ist es eigentlich keine Amphiarthrose mehr vorhanden. Beim CMG V ist zusätzlich Rotation möglich

Besondere Einrichtungen

- **Ligamenta carpometacarpalia**
 - Palmaria
 - Interossea
 - Dorsalia
- **Ligamenta (inter-)metacarpalia**: verbinden die metacarpalen Bänder

Bewegende Muskeln

- Eingelenkig:
 - **Musculus opponens digiti minimi**

- Mehrgelenkig:
 - **Musculi interossei**
 - **Palmaria:** adduzieren die Finger auf den 3. Strahl hin. (merken: adductor pollicis liegt auch palmar). Der dritte Strahl wird nicht adduziert (liegt in der Achse). Die Muskeln sind an der dem Mittelstrahl zugeordneten Seite des jeweiligen Fingers: am II liegt er ulnar, am IV und V radial
 - **Dorsalia:** spreizen die Finger, sind also Abduktoren. Jeweils ein Abduktor für den 2. und 4. Finger, zwei Abduktoren für den 3. Finger. Es handelt sich um zweiköpfige Muskeln die den Metacarpalknochen entspringen. Sie setzen an der dem dritten Finger abgewandten Seite der Grundphalanx an: der 1. entspringt vom Metacarpale I und II und setzt an der radialen Seite der Grundphalanx des 2. Fingers an etc.
- Abduktion des Daumens geschieht mit Musculus abductor pollicis longus und brevis, brevis ist Teil des Thenars
 - **Musculus flexor digiti minimi brevis**
 - **Musculus abductor digiti minimi:** abduziert den kleinen Finger (Muskel ist Teil des Hypothenars)
 - **Musculi lumbricales (= Wurmmuskeln):** haben Sehnen (kein Skelett) des Musculus flexor digitorum profundus als Ursprung. Man hat 4 Musculi lumbricales von denen die beiden radialen lumbricales einköpfig sind, der dritte und vierte sind zweiköpfig. Der erste und zweite entspringen von der jeweiligen Folgesehne des zweiten und dritten Fingers an der radialen Seite und ziehen zur Basis der Grundphalanx des jeweiligen Fingers etc. Funktion: Radialduktion in der Grundphalanx

Hypothenar (= Kleinfingerballen)

Die Hypothenarmuskulatur setzt sich aus verschiedenen einzelnen Muskeln zusammen, die im Bereich der Handwurzel am Hamulus ossis hamati und am Retinaculum flexorum ihren Ursprung und ihre Ansätze im Bereich von Mittelhandknochen und proximaler Phalanx des Kleinfingers finden. Die Innervation erfolgt weitgehend über Äste des Nervus ulnaris.

Folgende Muskeln bilden in ihrer Gesamtheit die Hypothenarmuskulatur:

- Musculus abductor digiti minimi
- Musculus opponens digiti minimi
- Musculus flexor digiti minimi brevis
- Musculus palmaris brevis

Articulationes metacarpophalangeae et interphalangeae

Articulationes metacarpophalangeae

Beteiligte Skelettelemente und Gelenkkörper

- Capita osseum metacarpalium
- Bases phalangium proximalium

Form und Freiheitsgrade

Form: Kugel

Freiheitsgrade: 3

- Extension/Flexion
- Abduktion/Adduktion
- Rotation (passiv)

Besondere Einrichtungen

- **Ligamenta collateralia radialis & ulnaria:** entspringen der dorsalen Kante des Metacarpale und ziehen dann schräg nach distal-palmar. Die Krümmung des Caput beginnt an der dorsalen Kante und zieht sich nach unten. Beim Beugen des Fingers weichen die Ansatzstellen der Bänder immer weiter auseinander und sie werden immer straffer.
Beugstellung → Bänder vollständig angespannt
Streckstellung → Bänder locker
- **Ligamenta palmaria:** an der Unterseite
 - MCP I: 1-2 Ossa sesamoidea (hier setzt der Musculus flexor pollicis brevis an)

Bewegende Muskeln

- Eingelenkig:
 - **KEINE**
- Mehrgelenkig:
 - **Musculi interossei**
 - **Musculi lumbricales**
 - **Musculi flexores**
 - **Musculi extensores**

Kapsel-Band-Apparat

Im Bereich des Grundgelenks wird die Sehnenscheide durch das proximale Ligamentum anulare (= Ringband) verstärkt. In das Ringband strahlt von der Basis der Grundphalanx ein zusätzlicher Zügel ein, das Ligamentum phalango-glenoidale, sonst würde sich die Sehnenscheide beim Beugen komplett ablösen. Das Ligamentum phalango-glenoidale ist V-förmig und am Ringband befestigt.

Auf Höhe des Ligamentum palmare werden die Mittelhandknochen untereinander durch ein weiteres Band aneinander fixiert: das Ligamentum metacarpale transversum profundum. Insgesamt spricht man von einem durchgehenden Band, eigentlich sind es aber 3 Stück: Zwischen dem 5. und 4. Finger, zwischen 4. und 3. und zwischen 3. und 2. Zwischen Zeigefinger und Daumen gibt es kein Ligamentum metacarpale transversum profundum.

Schi-Daumen

- = Ruptur des ulnaren Seitenbandes der Articulatio metacarpophalangeae I
- Häufigste Verletzung beim Skifahren
- Meistens reißt das Sehnenband in der Nähe des Ursprungs am Metacarpale
- Manchmal reißt das Band einen Teil des Knochens mit: es kommt zu knöchernen Ausrissen
- Therapie: Schienen

Articulationes interphalangeae (9 Interphalangealgelenke)

Beteiligte Skelettelemente und Gelenkkörper

- Köpfe der Phalangen: es handelt sich um Trochleae (Gelenkswalzen), da es einfache Scharniergelenke sind
- Basen der Phalangen

Form und Freiheitsgrade

Form: Scharnier

Freiheitsgrade: 1

- Flexion/Extension

Besondere Einrichtungen

- **Ligamenta collateralia radialis & ulnaria**

Bewegende Muskeln

- Eingelenkig:
 - **KEINE**
- Mehrgelenkig:
 - **Musculi flexores**
 - **Musculi extensores**

Kapsel-Band-Apparat

Die Kollateralbänder der Interphalangealgelenke ziehen proximal-dorsal nach palmar-distal. Sie strahlen in die Sehnenscheide, in die Ringbänder ein und beim proximalen Interphalangealgelenk fesselt ein Phalangoglenoidalband die Sehnenscheide sicher an die Finger.

Für alle 3 Gelenke gilt: die dorsale Gelenkkapsel ist hauchdünn, während hingegen die palmare Gelenkkapsel durch Ligamenta palmaria und die Sehnenscheide verstärkt ist.

Der Musculus flexor digitorum profundum (= tiefer Beuger) gelangt zur Basis des Endphalanx. Der oberflächliche Beuger gelangt zum Mittelphalanx und spaltet sich auf:

- perforatus ist der oberflächliche Beuger
- perforans ist der tiefe Beuger.

Dorsalaponeurose

Die Dorsalaponeurose der Finger ist eine Faszie, die auf dem Handrücken am Endglied des Fingers ansetzt, über das Mittelglied verläuft und auf Höhe des Grundgliedes hohlhandseitig hin einen Ansatz für die Musculi interossei und Musculi lumbricales bildet.

Da der Ursprung palmar der Gelenkachse der Fingergrundgelenke liegt, führt eine Kontraktion dieser Muskeln zu einer Beugung im Fingergrundgelenk. Aufgrund des weiteren Verlaufs in Richtung Fingerspitze auf dem Fingerrücken kommt es bei Anspannung der Dorsalaponeurose zu einer Streckung der Mittel- und Endgelenke der Finger.

Um eine Streckung im Fingergrundgelenk zu ermöglichen, setzt der Fingerstrecker (Musculus extensor digitorum), welcher vom Unterarm kommt, hier handrückenseitig der Gelenkachse an.

Articulatio sacroiliaca

Beteiligte Skelettelemente

- Os sacrum (Kreuzbein)
- Os coxae (Beckenring, muss hinten am Achsenskelett (am Os sacrum) aufgehängt werden)

→ Beckenring ist nicht so flexibel wie der Schultergürtel

Os sacrum

Ursprünglich kein einheitlicher Knochen sondern setzt sich aus den 5 Kreuzbeinwirbeln zusammen die miteinander verschmolzen sind. Dazwischen befinden sich die Lineae transversae (knöcherne Endprodukte)

- Bildet den hinteren Teil des knöchernen Beckens
- Entsteht aus Verschmelzung (Synostose) der 5 Kreuzbeinwirbel
- Hat sehr große Facies auricularis
- Facies pelvica oder pelvina, nach vorne konkav
- Facies dorsalis
- Basis ossis sacri (Oberfläche des obersten Kreuzbeinwirbels) mit Promontorium (= am weitesten vorspringender Knochenteil)
- Processus articularis superior
- Tuberositas ossi sacri: hier setzen große Bandmassen an
- Pars lateralis (Ala ossis sacri): verschmolzene Rippenanlagen
- 4 Foramina sacralia anteriora auf jeder Seite: Austrittsforamina für die Spinalnerven, Rami ventralis der Spinalnerven
- 4 Foramina sacralia posteriora: für Rami dorsalis

- Crista sacralis mediana: kräftiger Vorsprung der meistens in vier einzelne Höcker unterteilt wird: Dornfortsätze der ersten vier Sakralwirbel
→ Hiatus sacralis (Spalt) am 5. Dornfortsatz, weil hier die Neuralspange nicht verschmolzen ist
- Crista sacralis medialis: ist aus der Verschmelzung der Gelenkfortsätze entstanden
- Crista sacralis lateralis: entsteht aus der Verschmelzung der Processi transversi, der Querfortsätze der Kreuzbeinwirbel

Os coxae

- besteht aus 3 Anteilen (synchondrotisch miteinander verbunden):
 - **Os ilium (= Darmbein)**: besitzt die ala ossis ilii (= Darmbeinschaukel) welche nach oben hin durch die Crista iliaca abgeschlossen wird

- **Os ischiadicum (ischii) (= Sitzbein):**
 - Corpus ischiadicum
 - Ramus ischiadicum
 - Tuber ischiadicum (= Sitzbeinknochen)
 - Spina ischiadica: teilt die Rückkante in zwei Einschnitte ein: Incisura ischiadica major und Incisura ischiadica minor. Beide werden durch Bänder zu einem Foramen ischiadicum majus und Foramen ischiadicum minus zusammengeschlossen
- **Os pubis (= Schambein):**
 - Corpus ossis pubii das am Acetabulum beteiligt ist
 - Ramus superior ossis pubis: besitzt ganz medial eine Crista pubica deren laterales Ende das Tuberculum pubicum ist. Die Crista ist der Ansatz für den Musculus rectus abdominis. Das Tuberculum pubicum ist die Anheftungsstelle für das Ligamentum inguinale, dessen zweite anheftungsstelle die Spinae iliaca anterior superior darstellt
 - Ramus inferior ossis pubis: verschmilzt mit dem Ramus ossis ischii

→ Die 3 Teile treffen im Acetabulum in der Hüftgelenkspfanne zusammen

- Crista iliaca: läuft vorne und hinten in eine Knochenspitze aus → Spina iliaca anterior und superior und Spina iliaca posterior superior. Im vorderen Anteil der Crista gibt es 3 deutlich voneinander zu unterscheidende Marken:
 - Labium externum = äußere Grenzlinie
 - Labium internum = innere Grenzlinie
 - Linea intermedia liegt zwischen den beiden Grenzlinien

Diese Marken dienen als Ursprung oder Ansatz für die seitliche Bauchwandmuskulatur.

An der Außenseite ist die Facies glutea, dort nehmen die Gesäßmuskeln ihren Ursprung:

- Musculus gluteus minimus
- Musculus gluteus maximus
- Musculus gluteus medius

Zwischen diesen Muskeln gibt es 2 Grenzlinien geben wo die Faszien sich teilen:

- Linea glutea inferior: Zwischen gluteus medius und gluteus minimus
- Linea glutea anterior: Zwischen gluteus medius und gluteus maximus

- Fossa iliaca: große Gelenkfläche die dem Musculus iliaca als Ursprung dient
- Facies auricularis ossis ilii
- Tuberositas iliaca
- Pecten ossis pubis: plane Fläche lateral vom Tuberculum pubicum (Kamm des Schambeins). An ihrer Unterseite entspringen die Abduktoren
- Foramen obturatum: großes Loch zwischen Os ischium und Os pubis, wird größtenteils von einer straffen Bindegewebsplatte verschlossen/ausgefüllt. Diese Platte dient dem Musculus obturatorius internus und externus zusammen mit den angrenzenden Knochenteilen als Ursprungsfläche
- Canalis obturatorius: begrenzt von einem Tuberculum anterius und posterius. Durchtrittsstelle für Nervus und Vasa obturatoria, die wir brauchen für die Abduktorenmuskulatur

- Facies symphysialis: verbindet die beiden Ossa coxae in der Mitte miteinander
- Pecten ossis pubis: hier entspringt der Musculus pectineus
- Linea arcuata
- Limbus acetabuli: Rand des Acetabulums. Am Limbus sitzt ein Labrum articulare als Stoßdämpfer auf, um zu glätten und abzuschließen

Knöchernes Becken: Frau

- Breiter als das des Mannes
- Beckeneingangsebene zeigt eine, durch die Linea arcuata und die Ala ossis sacri bedingte, querovale Rundung
- Promontorium springt nicht so weit vor wie beim Mann.
- Ramus inferior ossis pubis ist bogenförmig aufgebaut: Arcus pubis.
- Winkel zwischen den beiden Rami inferiores ist relativ weit, individuell unterschiedlich zwischen 90-120 °

Knöchernes Becken: Mann

- Erscheint insgesamt schmaler und höher
- Durch das weiter nach vorne gestellte Os ilium erscheint das Os sacrum proportional deutlich breiter
- Beckeneingangsebene ist nicht queroval
- Promontorium springt weiter vor als bei der Frau
- Rami inferiores bilden ein gleichschenkliges Dreieck: Angulus subpubicus (um die 60°)

Beckenmaße

- Diameter transversa: 13,5-14 cm
- Diameter obliqua (= Schräge) I (dextra): 12-12,5 cm
→ beginnt bei linker cro iliaca und geht auf die Basis des Ramus superior des ossis pubis, knapp vor dem acetabulum
- Diameter obliqua II (sinistra): 11,5-12 cm
- Distantia intercrystalis (Ausladung): 29 cm
- Distantia interspinosa: 26 cm
→ zwischen den beiden iliaca anteriores superiores
- Conjugata diagonalis: 13 cm
- Conjugata vera : 11,5 cm
→ absolute Engstelle, geht vom Promontorium zur Symphyse
- Conjugata recta : 9,5-10
→ stellt kein Hindernis dar, da das Steißbein nach hinten weggebogen werden kann
- Die Conjugata vera kann nicht direkt gemessen werden, deswegen misst man die Conjugata diagonalis (vom Oberrand der Symphyse zum Promontorium diagonalis) und zieht davon 1,5 cm ab → Conjugata vera

Gelenkkörper

- Facies auricularis ossis sacri
- Facies auricularis coxae

Beim Kind sind diese Gelenkflächen plan, mit zunehmendem Alter wird die Oberfläche rauer und es bilden sich Höckerchen. Es beginnt zu blockieren → Iliosacralarthrose

Form und Freiheitsgrade

Form: plan

Freiheitsgrade: 1

(amphiarthrose)

- Rotation (→Nutation): Os coxae kann gegen das Os sacrum verdreht werden

→ Beim Sitzen wird das Tuber ischiadicum (= Sitzbeinknochen) Traglinie geschwenkt, beim Stehen das Acetabulum (Bewegungsausmaß der Schwenkbewegung liegt bei 7-12°)

Besondere Einrichtungen

- **Ligamenta sacroiliaca anterius, posterius & interossea**
- **Ligamentum iliolumbale:** Sicherung, die von der Spina iliaca posterior superior bis zum 4. Lendenwirbel zieht. Verhindert, dass das Becken gegen die Wirbelsäule zu weit nach vorne angehoben werden kann; Endband für die Sitzstellung des Sitzbeinknochens in die Traglinie
- **Ligamentum sacrotuberale:** entspringt mit zwei Zügeln vom Os sacrum und vom Os coxae, (vom Os illium) aus dem ganzen Bereich der Spina iliaca posterior superior bis Spina iliaca posterior inferior. die Zügel vereinigen sich und heften sich am Tuber ischiadicum an der dorsalen Seite an. Diese Band verhindert das zu weite Verdrehen Richtung Sitzstellung. Das Band kann benutzt werden um in der Articulatio sacroiliaca amuskulär zu stehen
- **Ligamentum sacrospinale:** verläuft quasi transversal. Verhindert, dass das Becken unten hinten auseinander weicht. Es fesselt transversal über die Spina iliaca den unteren hinteren Teil des Beckens aneinander
- **Symphysis pubica:** hält das vordere Becken zusammen (Symphysis = kontinuierliche Knochenverbindung mittels Faserknorpel, auf Zug und Druck belastbar)

Das Ligamentum sacroiliaca interosseum führt die Bewegung.

Ligamenta iliolumbale, sacrotuberale und sacrospinale sind Sicherungsbänder

Symphysis pubica

- Ligamentum pubicum inferius: verstärkt die Symphysis pubica unterhalb
- Ligamentum pubicum superius: verstärkt die Symphysis pubica oberhalb
- Ligamentum arcuatum pubis: kommt aus dem Arcus pubicus. Arcus pubis ist allerdings nur bei Frauen vorhanden deswegen ist „arcuatum pubis“ ein eher schlecht gewählter Begriff
- Gelenkspalt: Bildung des Gelenkspalts beginnt im 5., 6. Lebensjahr (durch stundenlanges Sitzen). Gelenkspalt ist teilweise unpraktisch, weil dadurch die Symphyse auf Zugbelastung nicht mehr ideal reagieren kann
- Belastung der Symphysis pubica: Beim Stehen + Gehen → Zugbelastung, bei Sitzen → Druckbelastung, führt eventuell zu Spaltbildung im Inneren des Symphysenknochens

Bewegende Muskeln

- Eingelenkig:
 - **KEINE**
- Mehrgelenkig:
 - **Musculus iliopsoas**: stärkster Beuger im Hüftgelenk. Funktion: bei vorgebeugtem Hüftgelenk kann er Außenrotation im gelenk durchführen und ist in der Lage, das Becken vorne anzuheben, Hilfsmuskel beim Sitzen
 - **Musculus psoas major**: wichtigster Muskel für die art. sacroiliaca. Er entspringt von den Seitenflächen der oberen 4 (manchmal auch des 5.) Lendenwirbels; auf der linken Seite reicht er gelegentlich bis zum 12. Brustwirbel hinauf. Er verläuft ziemlich gerade, vereinigt sich mit dem Musculus iliacus und setzt als Musculus iliopsoas am Trochanter minor des Femurs an
 - **Musculus iliacus**: ist nicht am Gelenk beteiligt. Er entspringt aus der Fossa iliaca, vereinigt sich mit dem Musculus psoas major und setzt am Trochanter minor des Femurs an.
 - **Musculus rectus abdominis**: entspringt von den Rippen (4., 5., 6.) und etwas vom Sternum, setzt an der Crista pubica an. Es handelt sich um einen Musculus multiventer (mit 4 bis 5 Muskelbäuchen). Die einzelnen Muskelbäuche sind durch Intersectiones tendineae voneinander getrennt. Jeder Abschnitt dieser Muskelbäuche wird segmental innerviert. Die Intersectiones tendineae sind an der vorderen Bauchwand angewachsen (Rectusscheide), hinten sind sie nicht mit der Bauchwand verbunden. Funktion: Bauchpresse, stützen, Anheben des Beckens und um kräftig atmen zu können
 - „**Musculus erector spinae**“
 - **Musculus gluteus maximus**: großflächiger Ursprung; entspringt von den dorsalen Anteilen des Os coxae, dem Ligamentum sacrospinale, Ligamentum sacrotuberale und Ligamentum sacroiliacum posterius und von der dorsalen Fläche des Os sacrum bis zur Crista sacralis mediana. Er setzt mit 2 unterschiedlichen Teilen an: der proximaler Anteil strahlt in den Tractus iliotibialis ein. Der distale Muskelteil entspringt am Os coxae, setzt an der

Tuberositas glutealis des Femurs an. Funktion: wichtiger Strecker im Hüftgelenk, kräftiger Außenrotator im Kniegelenk. Durch diese Tätigkeit kann er das Becken nach unten und oben (im Bezug zur Symphyse) kippen, Nutation, Antinutation

- **(Musculus quadriceps femoris)**
- **(Ischiocrurale musculi)**
 - Musculus semimembranosus
 - Musculus semitendinosus
 - Musculus biceps femoris, Caput longum

- Lacuna musculorum: Durchtrittsstelle für Muskeln und Nerven die aus der Hüftregion zum Oberschenkel ziehen. Liegt unterm Leistenband. Ventral wird sie vom Ligamentum inguinale, dorsal vom Oberrand des Os ilium begrenzt. In der Lacuna musculorum verlaufen:
 - Musculus iliopsoas
 - Nervus femoralis
 - Nervus cutaneus femoris lateralis

- Tractus iliotibialis: breite Aponeurose an der lateralen Oberschenkelseite. Geht aus den Sehnenfasern des Musculus tensor fasciae latae, des Musculus gluteus maximus und der Faszie des Musculus gluteus medius hervor. Er zieht von der Spina iliaca anterior superior über das Hüft- und Kniegelenk zum Condylus lateralis der Tibia

Articulatio coxae

Beteiligte Skelettelemente

- Os coxae
- Femur

Femur

- Knochen weist in der Frontal- und Sagittalebene eine Krümmung auf (In der Sagittalebene ist die Krümmung sehr variabel)
- **Extremitas proximalis:**
 - Caput femoris: Gelenkpartner für die Articulatio coxae. Besitzt Fovea capitis (knorpelfreie Vertiefung). Diese dient dem Ligamentum capitis femoris als Ansatz
 - Collum femoris
 - Trochanter minor und Trochanter major: zwischen Collum und Corpus. Der Trochanter minor ist kein eigenständiges Gebilde als Apophyse durch den Muskelzug aus dem Knochen herausgezogen. Die beiden Trochantere sind für Muskelursprünge und Kapselansatzlinien miteinander verbunden. Ventral befindet sich die Linea intertrochanterica an der dorsalen Seite die Crista intertrochanterica
 - Fossa trochanterica: zwischen Collum und Trochanter major. Dient als Muskelansatz
 - Linea pectinea: dorsal vom Trochanter minor herkommend
 - Tuberositas glutea: gegenüber der Linea pectinea an der lateralen Seite. Dient als Ansatz für den distalen Anteil des Musculus gluteus maximus
 - Linea aspera (= raue Linie): besitzt zwei Lippen, das Labium laterale und Labium mediale. Die Linea aspera dient einer Reihe Muskeln als Ansatz bzw. als Ursprung und als Anheftung für Septa intermuscularia (Bindegewebsplatten, die Beuger und Strecker voneinander trennen). Die Linea aspera läuft nach distal, dann weichen die beiden Lippen auseinander als Linea supracondylaris lateralis und Linea supracondylaris medialis. Dadurch wird ein nach proximal spitzes Dreieck umschlossen das als Facies poplitea bezeichnet wird
 - Tuberculum abductorium: Knochenhöcker an der medialen Seite, meistens in direkter Verbindung mit der Linea supracondylaris. Hier setzt ein Teil des Musculus abductor magnus mit einer Sehne an.
- **Extremitas distalis:**
 - Condylus medialis: besitzt 3 Krümmungen (sagittal, transversal und longitudinal). Medial und lateral davon sitzt ein Epicondylus medialis
 - Fossa intercondylaris: zwischen den beiden Condylen. Ist durch eine scharfe Kante, die Linea intercondylaris, von den beiden Condyleae abgegrenzt
 - Condylus lateralis: erscheint eher gerade. Wiederum medial und lateral ein Epicondylus lateralis

- Sulcus popliteus: Unterhalb des Epicondylus lateralis
- Facies patellaris: Gelenkfläche für die Patella, ventral-proximal der beiden Condylen. Gehört nicht zu den Kondylen!

Femurtorsion

- Antetorsion des Femurs: Das Femur ist nach vorne verdreht
- Kondylenachse kann stark variieren
- Caput femoris
- Fossa acetabuli: knorpelfreie Fläche im Acetabulum
- Labrum acetabuli: umgibt das Femur

Schenkelhals

- Schenkelhalswinkel beträgt 126° bei einem gesunden Erwachsenen. Mit zunehmendem Alter wird dieser Winkel flacher.
- Coxa vara: abgeknickter Winkel, bereitet wenig Probleme beim Gehen, die Hebelwirkung ist jedoch höher wodurch der Schenkelhals leichter bricht. Knochenbälkchen sind nicht so verdichtet wie beim Coxa valga. Coxa vara → Genu valgum → Pes varus
- Coxa valga : Winkel ist zu flach (140°) Verdichtung der Knochenbälkchen zieht vom medialen Rand des Schaftes an den Oberrand des Corpus, die Trajektorien zeigen die wesentliche Kraftübertragung des Acetabulums auf das Femur. Coxa valga → Genu varum → Pes valgus
- CCD-Winkel (Collum corpus Winkel)

Cam- und Pincer Deformität

→ Normalerweise deckt sich die Achse des Femurkopfs und des Femurhalses ziemlich genau. Der Femurhals sitzt zentriert auf dem Schenkelhals

- Cam Deformität: am vorderen unteren Rand des Femurhalses lagert sich zusätzliche Knochenmasse an, sodass es aussieht als wäre der Femurkopf nach hinten verschoben. Die Knochenmasse überschreitet den Durchmesser des Femurkopfs, und schlägt am Labrum und am Gelenkknorpel des Acetabulums an → + Variante wo vorne und unten ein „mehr“ an Knochen vorhanden ist. Patienten haben Hüftschmerzen ist allerdings leicht zu beheben: Endoskopischer Eingriff
- Pincer Deformität: es erscheint als wäre der gesamte Femurkopf nach oben-dorsal verschoben. Kein Plus an Knochen aber die Gleichmäßigkeit der Kontur ist nicht gegeben, sodass hier das Acetabulum direkt anschlägt und als zweite Folge das Labrum acetabulum verknöchert. Labrum acetabuli schlägt knöchern an den Schenkelhals an, engt die Bewegung deutlich ein. Nur schwer zu beheben

Biomechanik: Zuggurtungsprinzip

- Tractus iliotibialis: dient als Gegenkraft. Der Musculus gluteus maximus und Musculus tensor fasciae latae strahlen in den Tractus ein dienen dazu den Tractus zu spannen. Dadurch wirken sie wie eine Zuggurtung und heben die Biegebelastung die das Körpergewicht auf das Femur hat wieder auf

Gelenkkörper

- Acetabulum
 - Facies lunata: knorpeltragende Fläche, wird nach außen vom Labrum acetabuli begrenzt. Die Facies geht nicht vollständig rundum sondern ist unten vorne unterbrochen
 - Ligamentum transversum acetabuli: schließt die Incisura acetabuli ab, sodass ein vollständiger Gelenkflächenring entsteht der nach unten zu knöchern vom Ligamentum transversum acetabuli getragen wird. Verknöchert nie. Dieses Band hat einen Gelenkknorpelüberzug (!!!)
- Caput femoris

(Arteria capitis: zieht in das Ligamentum capitis femoris hinein. Erreicht bei 30% das Caput gar nicht mehr weils die so dünn ist, dass sie nicht in den Femurkopf hinein kommt und nur das Band mit Blut versorgt. Die Arterie hat mit der Blutversorgung des Femurkopfs nichts zu tun.)

Pfannendach

- Kraftübertragung: Krafteinleitung kommt beim Stehen ziemlich gerade runter. Sie geht über das Iliasacralgelenk zur Linea terminalis, in das Pfannendach, in das Femur und an die mediale Seite des Schafts
- Damit das Pfannendach transversal steht, muss die Pfanneneingangsebene in einem Winkel von 40° stehen. Wird dieser Winkel überschritten kommt es zur Hüftdysplasie
- Die Pfanneneingangsebene macht in der Sagittalen einen Winkel um etwa 17° nach vorne

Form und Freiheitsgrade

Form: kugel

Freiheitsgrade: 3

- Ante-retroversion
- Ab-/Adduktion
- Rotation

- Aktive Flexion:
 - 120° bei 90° Flexion im Kniegelenk;
 - 90° bei gestrecktem Kniegelenk
- Passive Flexion
 - über 120° (bei gebeugtem Knie bis 200°)
- Extension: 20°-30°; begrenzt durch Ligamentum iliofemorale (eher 20° bei gut trainierten Leuten)
- Abduktion: 45° bei gestrecktem Hüftgelenk; 90° bei gebeugtem Hüftgelenk; begrenzt durch Adduktoren bzw. Ligamenta ilio- und pubofemorale
- Adduktion in Streckstellung weniger möglich als in der Beugstellung

Bewegungen

- Außen- und Innenrotation auch möglich (bis 40°)
- Hüftgelenk hat insgesamt einen größeren Bewegungsumfang als das Schultergelenk
- Zirkumduktionskegel ist flacher beim Hüftgelenk (Winkel der Außenflächen des Zirkumduktionskegels beträgt 120°) als beim Schultergelenk (Winkel der Außenflächen beträgt 90°)

Entwicklung

Hüftdysplasie:

- kann man beim Kleinkind schon messen (Röntgen, Ultraschall)
- Messvorgang: 2 Linien → Hilgenreinerlinie (geht durch den am weitesten unten reichenden Teil des Os ilium) und Pfannendachlinie (vom Pfannendacherker bis zum kaudalsten Punkt des Os ilium). Der Pfannendach-Winkel nach Hilgenreiner sollte im Normalfall 18° betragen. Bei einer Hüftdysplasie ist der Winkel bedeutend größer. Ombrédanne-Perkins Linie (senkrechte Linie, lateral am Knochenknorpel des Caput und andererseits in den Schaft des Femurs). Menard-Shenton-Linie (Unterrand des Os pubis, Kontur des Trochanter minor mit Corpus, Collum) ergibt im Normalfall einen Bogen
- bei der dysplastischen Hüfte kommt es zu einer Luxation (Dysplasie= die Pfanne ist zu flach, der Winkel zu groß. Therapie: Spreizhose)

Besondere Einrichtungen

→ stärkster Bandapparat des Körpers

- **Ligamentum iliofemorale:** stärkstes Band des Körpers (kann praktisch nicht reißen). Kommt von der Spina iliaca anterior inferior her, teilt sich in 2 Anteile: einen longitudinalen (zur Körperachse und zum Femurschaft) Faserzug, zieht in Richtung Trochanter minor und setzt etwas lateral davon an der Linea intertrochanterica an. Der andere, schräge Teil kommt auch aus der Spina iliaca anterior inferior und setzt an der Linea intertrochanterica an. Funktion: amuskulärer Stand im aufrechten Stand in Streckstellung des Hüftgelenks (Band hält das Körpergewicht)

- **Ligamentum pubofemorale:** entspringt an der Unterseite des Pecten ossis pubis (Unterrand des Ramus superior des Os pubis), zieht Richtung Trochanter minor und setzt etwas proximal vom Trochanter minor an
- **Ligamentum ischiofemorale:** entspringt vom Corpus und Ramus ossis ischii und zieht Richtung Fossa trochanterica am Trochanter major, setzt hauptsächlich an der Fossa an (ein paar Faserzüge setzen an der Crista trochanterica an)

→ Die Faserzüge verlaufen alle verdreht zur Schenkelhalsachse. Bei Beugung im Hüftgelenk entdrillen sich diese Bänder (sie sind entspannt); Sie werden praktisch parallel zur Collumachse. Daher kann man in Beugstellung viele Bewegungen besser machen als in Streckstellung.

- **Zona orbicularis:** umgibt den Schenkelhals, ist nicht am Knochen festgemacht. Bildet mit den Bändern Ligamentum iliofemorale, Ligamentum ischiofemorale und Ligamentum pubofemorale die sogenannte Bandschraube. Verhindert dass Spalten zwischen den Bändern entstehen wenn diese sich entdrillen, entspannt sind
- **Ligamentum capitis femoris:** entspringt vom Ligamentum transversum, vom Unterrand der Fascia lunata, ein paar Fasern kommen aus der Fossa acetabuli. Setzt an der Fovea capitis an. Dieses Band nimmt die Arterie capitis femoris auf. Besitzt 2 Faserzüge. Funktion: mechanisch gesehen funktionslos. Band stelle einen Messfühler dar für die Gelenkstellung. Propriozeption: das Band spannt sich in unterschiedlichen Stellungen unterschiedlich an → anhand Bandspindeln kann man die Längen des Bandes messen um Information zu bekommen wie das Gelenk steht

Bewegende Muskeln

- Eingelenkig:
 - **Musculi gemelli:** entspringen am Rand der Incisura ischiadica minor und ziehen zum Ansatz gemeinsam mit dem Musculus obturatorius internus
 - **Musculus obturatorius internus:** entspringt von der Innenfläche der Membrana obturatoria und den angrenzenden Knochenarealen, zieht durch die Incisura ischiadica minor und gelangt in die Fossa trochanterica
 - **Musculus obturatorius externus:** entspringt außen von der Membran und zieht nach dorsal Richtung Crista intertrochanterica
 - **Musculus piriformis:** entspringt an der ventralen Seite des Os sacrum, zieht durch die Incisura ischiadica major und setzt an der Spitze des Trochanter major an
 - **Musculus quadratus femoris:** entspringt vom Ramus ossis ischii, Ramus inferior ossis pubis und zieht zur Crista intertrochanterica
 - **Musculus gluteus maximus**
 - **Musculus iliopsoas**
 - **Musculi glutei medius et minimus:** ziehen zur Spitze des Trochanter major. Funktion: Abduktion
 - **Musculi adductores:**
 - Musculus pectineus: oberster Muskel der Adduktoren
 - Musculus adductor minimus
 - Musculus adductor brevis

- Musculus adductor longus
- Musculus adductor magnus
- Mehrgelenkig:
 - **Ischiocurale muscoli**
 - Musculus semitendinosus
 - Musculus semimembranosus
 - Musculus biceps femoris, Caput longum
 - **Musculus rectus femoris (m. quadriceps femoris)**
 - **Musculus sartorius**
 - **Musculus tensor fasciae latae**
 - **Musculus gluteus maximus**
 - **Musculus gracilis:** Adduktor der am Kniegelenk vorbeiläuft und an der medialen Seite der Tibia ansetzt. Er bildet mit zwei anderen den sogenannten Pes anserinus superficialis

→ alle Adduktoren setzen grundsätzlich an der Linea aspera, bzw ihrer proximalen Verlängerung, dem Labium mediale an. Es gibt zwei Ausnahmen:

- Musculus pectineus: an der linea pectinea, schräg verlaufend, setzt an der Linea aspera an
- Ein Zügel des Musculus adductor magnus: ist am Tuberculum adductorium im Bereich der Linea supracondylaris angeheftet

Zwischen den beiden Anheftungen entsteht ein Loch: Hiatus adductorius. Funktion: Durchlassungsstelle der Blutgefäße von ventral nach dorsal

Articulatio genus

Form und Freiheitsgrade

Form: transportables Dreh-Scharniergelenk

Freiheitsgrade: 2

- Flexion/Extension
- Innen-/Außenrotation (in Flexion)

Bewegungen

- Beugung und Streckung (Überstrecken 5-10°) wird durch Schlussrotation arretiert
- Translation: Krümmungsradien der Kondylen nehmen nach hinten zu ab, vorne ist der Radius groß. In absoluter Beugstellung bei aktiver Beugung beträgt er 120°, passiv bis zu 160-170°. Durch die Führung der Kreuzbänder rollt das Femur auf den Tibiaplateaus quasi nach hinten. Der Kontaktpunkt bei Streckung liegt relativ weit vorne, bei Beugung erreicht sie die Tibiahinterkante

Besondere Einrichtungen

- **Ligamenta cruciata anterior & posterior (= Kreuzband)**
 - Anterior: entspringt von der Area intercondylaris anterior, hinter dem Ursprung für den medialen Meniscus, zieht zur medialen Seite des lateralen Kondylen. Besitzt 2 Hauptbündel: posterolaterales und anteromediales Bündel. Die beiden Bündel verdrillen sich umeinander, sodass Ansatz und Ursprung verdreht sind. Sie sind am femoralen Ansatz deutlich stärker getrennt als an der tibialen Anheftung.
 - Posterior: entspringt an der Area intercondylaris posterior und an der Hinterfläche der Tibia. Einzelne Fasern entspringen von der Faszie des Musculus popliteus und ziehen dann zur lateralen Seite des medialen Kondyl. Das Band besitzt 2 Faserbündel: anterolaterales (entspringt an der Oberfläche der Tibia) und posteromediales (entspringt an der Hinterfläche der Tibia). Das hintere Kreuzband ist nur in der mittleren Streckstellung schnurgerade gespannt, in voller Streckung ist es fast entspannt. Bei voller Beugung legt sich das Band vollflächig an den Boden der Fossa intercondylaris an und wird bei weiterer passiver Beugung regelrecht geknickt
- **Ligamenta collateralia mediale & laterale:**
 - medial (tibial): besteht aus zwei Anteilen: oberflächlicher Anteil, der schnurgerade vom Epicondylus medialis bis nach unten an die Facies medialis der Tibia läuft. Dieser Anteil ist mit der Gelenkkapsel leicht verbunden. Der zweite, tiefe Anteil verläuft mit zwei Faserzügen vom Femur in den Meniscus und von dort aus zur Facies medialis der Tibia. Dieser Anteil ist teilweise mit der Kapsel, teilweise mit dem Meniscus verbunden

- lateral (fibular): entspringt vom Epicondylus lateralis des Femurs und zieht zum Caput fibulae. Es ist in absoluter Beugstellung entspannt. Funktion: Bewegung der Fibula. Spannt sich bei Streckstellung zwischen 150-160°
- **Menisci medialis & lateralis**
- **Ligamenta meniscomemorialis**
- **Ligamentum transversum genu:** verbindet die beiden Menisci
- **Ligamenta poplitea arcuatum & obliquum:** Verstärkung der hinteren Gelenkkapsel

Bandapparat

- Ligamentum patella: Anheftung der Patella an die Tibia
- Retinaculum patellae laterale & mediale: Querfaserzüge der Patella die sie in Position halten
- Ligamentum popliteum arcuatum
- Bursae synoviales: unter der Popliteusehne und sehr oft unter dem Ansatz des Musculus semimembranosus. Bei Entzündungen können die Gleitbeutel anschwellen, sie vergrößern sich und es kommt zu sehr großen Gebilden die als Baker-Zyste bezeichnet werden

Posterolaterale Kniegelenkseeke

- Ligamentum collaterale laterale: fernab der Gelenkkapsel, kommt vom Epicondylus lateralis und geht zum Caput fibulae unter den Biceps hinein. Liegt zwischen dem Arcuatum-Komplex und der oberflächlichen Bindegewebsschicht
- Musculus popliteus
- Ligamentum popliteo-femorale
 - 93% - 98%
- Ligamentum popliteum arcuatum: kommt vom Caput fibulae und zieht nach medial in die dorsale Seite der Kapsel ein
 - 24% - 47% - 80%
- Ligamentum fabello-fibulare: Bindegewebsschicht verbindet Caput fibulae bis Musculus gastrocnemius lateralis
 - 51% - 87%

(Anterolaterales Kniegelenksband: soll straffe Verbindung mit dem lateralen Meniscus haben)

- Kniehöhle liegt proximal des Gelenkspalts

Menisci

- Lateraler Meniscus: nicht straff mit der Kapsel verwachsen, beweglicher Meniscus. Hat die einander am weitesten nahestehenden Anheftungsstellen im Bereich der Area intercondylaris. Manche Fasern dieser Anheftungen treffen sich, verflechten sich sodass eine fast ringförmige Struktur entsteht

- **Medialer Meniscus:** ist mit dem tibialen Kollateralband verwachsen und häufig beschädigt, da er auf Scherung und Zerrung belastet wird. Ist am Vorderhorn angeheftet, geht um den Condylus herum und setzt zwischen Hinterhorn des lateralen Meniscus und dem Cruciatum posterius an der Area intercondylaris posterior an.
- Die beiden Menisci sind untereinander durch das Ligamentum transversum genus verbunden
- Die Menisci werden nicht nur bei Beugung belastet sondern vor allem bei Rotationsbewegungen. Die Innenrotation des Unterschenkels führt dazu, dass der mediale Meniscus entlastet, bei Außenrotation wird es belastet. Der laterale Meniscus ist bei Außenrotation entspannt

Bewegende Muskeln

- **Eingelenkig:**
 - **Musculus vastus:** Ursprung am Femur ansatz an der Patella über die Ligamenta patellae an die Tuberositas tibiae, Teil des Musculus quadriceps
 - Medialis
 - Intermedius
 - Lateralis
 - **Musculus biceps femoris, caput breve**
 - **Musculus popliteus:** entspringt am Femur und setzt an der Tibia an. Er zieht um die Articulatio tibiofibularis herum und erreicht im Sulcus popliteus unter dem Epicondylus lateralis seinen Anheftungspunkt. Funktion: dreht sich um die Längsachse und ist in der Lage, das Kniegelenk in Streckung zu rotieren (Innenrotation des Unterschenkels bzw. Außenrotation des Oberschenkels) → Aufhebung der Schlussrotation. Einziger Muskel der unabhängig von der Stellung rotieren kann
- **Mehrgelenkig:**
 - **Musculus rectus femoris**
 - **Musculus semitendinosus**
 - **Musculus semimembranosus:** kommt vom Tuber ischiadicum, zieht als gefiederter Muskel herunter und hat seinen Hauptansatz an der medialen Seite der Tibia, unter dem Pes anserinus superficialis. Weitere Zügel: Der 1. Zügel geht nach vorne an die Tibia (Pars reflexa) und verhindert, dass sich der Ansatz beim Beugen zu weit vom Kniegelenk entfernt (Pars reflexa wird zur direkten Ansatzstelle). Der 2. Zügel strahlt in die Faszie des Musculus popliteus ein und überspannt diesen. Ein weiterer Zügel, das Ligamentum popliteum obliquum, geht nach hinten oben, zum Ansatzbereich des lateralen Musculus gastrocnemius. Funktion: Gelenkkapsel bei Beugung möglichst aus der Einklemmungssituation herausziehen. Der letzte Anteil, Pes anserinus profundus, ragt bogenförmig unter das Kollateralband hinein
 - **Musculus sartorius**
 - **Musculus biceps femoris, caput inferius**
 - **Musculus gastrocnemius:** Teil des Musculus triceps surae (Musculus triceps surae bildet die Achillessehne). Entspringt mit zwei Köpfen am Femur, oberhalb der Kondylen am Trigonum popliteum

- **Musculus plantaris:** Teil des Musculus triceps surae. Ursprung liegt medial des Ursprungs des Musculus gastrocnemius am lateralen Kondyl. hat hauchdünne Sehne, zieht sich zwischen den gastrocnemius Sehnen durch und tritt von der medialen Seite an dieses Sehnenpaket heran...
- **Tractus iliotibialis:** Anheftung an der lateralen Tibia. Sehne für den oberen proximalen Ansatz des
 - Musculus galeus maximus
 - Musculus tensor fasciae latae
 Funktion: kann im Kniegelenk die Beugung unterstützen und er kann Außenrotation des Unterschenkels bewirken

Articulatio tibiofibularis (proximal) & Syndesmosis tibiofibularis (distal)

Articulatio tibiofibularis

Beteiligte Skelettelemente und Gelenkkörper

- Facies articularis fibularis tibiae
- Facies articularis capiti fibulae

Form und Freiheitsgrade

Form: plan

Freiheitsgrade: 1 (Amphiarthrose)

- Translation ("Kompensationsgelenk"= bei Streckstellung im Kniegelenk wird die Fibula nach oben gezogen, damit die Malleolengabel etwas weiter wird, lockereres Gelenk)

Besondere Einrichtungen

- **Ligamenta capitis fibulae anterius und posterius**
 - Es gibt keine Chorda obliqua, damit Parallelverschiebung möglich ist
 - Fibula ist der Knochen mit dem höchsten Elastizitätsmodul

(a) Syndesmosis tibiofibularis

- Relativ straffes Bindegewebe das die Knochen aneinander hält
- Bandsicherung: Ligamenta tibiofibularia anterius und posterius

Articulationes talocruralis et subtalaris

3 Unterteilungen des Fußes :

- Rückfuß: Calus (=Sprungbein) und Calcaneus (=Fersenbein)
- Mittelfuß: Os cuboideum, Os naviculare, 3 ossa cuneiforme
- Vorfuß: Metatarsalia und Phalangen

Grenzen dazwischen werden gebildet durch:

- Chopart'sche Linie (= Articulatio tarsi transversa; Grenze zwischen Rück- und Mittelfuß)
- Lisfranc'sche Linie (= Articulationes tarsometatarsales)

Articulatio talocruralis

Beteiligte Skelettelemente

- Tibia
- Fibula
- Talus (mit Trochlea tali)

Talus

- Besitzt nach vorne zu ein Caput, kugelförmige Gelenkfläche, Collum und Corpus
- Corpus ist von der Trochlea tali überragt
- Facies malleolaris medialis ist kleiner als die Facies malleolaris lateralis
- Trochlea tali ist vorne breiter als hinten. Die mediale kante und vordere kante schließen praktisch einen rechten Winkel ein

Gelenkkörper

- "Malleolengabel"
 - Facies articularis inferior tibiae
 - Facies articularis malleoli medialis tibiae
 - Facies articularis malleoli lateralis fibulae
- Trochlea tali (Keilform)

Form und Freiheitsgrade

Form: Scharnier

Freiheitsgrade: 1

- Flexion/Extension
- (Wackelbewegungen in Plantarflexion)
 - Bewegungen werden knöchern limitiert
 - Plantarflexion: 40-50°
 - Dorsalflexion: 20-30°

Besondere Einrichtungen

- **Ligamentum deltoideum**
- **Ligamenta talofibulare anterius und posterius**
- **Ligamentum calcaneofibulare**

Articulatio subtalaris

Beteiligte Skelettelemente

- Talus
- Calcaneus

Calcaneus

- Von der Entwicklung her kein reiner kurzer Knochen und kein reiner Röhrenknochen. Der Corpus ist ein Os breve mit Knochenkern, während das Tuber calcanei ein halber Röhrenknochen ist
- An der Unterseite des Tuber calcaenei befinden sich zwei knöcherne Fortsätze:
 - Processus medialis (größer als der laterale)
 - Processus lateralis
- Corpusbereich: Facies articularis cuboidea (sattelförmige Gelenkfläche die nach distal gerichtet ist. Nach oben hin befindet sich die Facies articularis posterior
- Facies articularis talaris medior und Facies articularis talaris anterior können getrennt oder miteinander verschmolzen vorkommen
- Der Sinus tarsi ist vom Ligamentum talocalcaneum interosseum ausgefüllt
- Ligamentum talocalcaneum mediale sitzt auf einem kräftigen Knochenvorsprung auf, dem Sustentaculum tali. Darunter ist eine sehr kräftige Furchung die für die Aufnahme der Beugesehnen gebraucht wird: Sulcus tendinis musculi flexoris hallucis longi
- Trochlea peronealis: an der lateralen Seite

Gelenkkörper

- Facies articularis calcanea posterior tali
- Facies articularis talaris posterior calcanei
 - Gelenkfläche am Talus ist konkav, am Calcaneus konvex

Form und Freiheitsgrade

Form: Zapfen

Freiheitsgrade: 1

- Inversion (Tuber calcanei schwenk nach medial (innen)) / Eversion (Tuber schwenkt nach lateral (außen)) des Calcaneus (Eversion: tuber schwenkt nach aussen)

Besondere Einrichtungen

- **Ligamenta talocalcanea interossea, mediale & laterale**
- **(Ligamentum deltoideum)**
- **(Ligamentum calcaneofibulare): Seitenband des Sprunggelenks**

Articulatio talocalcaneonavicularis

Beteiligte Skelettelemente

- Talus
- Calcaneus
- Os naviculare
- Ligamentum calcaneonaviculare plantare ("Pfannenband") : mit Gelenkknorpelüberzug

Gelenkkörper

- Talus
 - Caput tali
 - Facies articulares calcanea media et anterior
- Calcaneus
 - Facies articulares talaris media et anterior
- Fovea articulatio ossis navicularis
- Ligamentum calcaneonaviculare plantare

Form und Freiheitsgrade

Form: Kugel

Freiheitsgrade: 3

- Ab-/Adduktion
- Flexion/Extension
- Rotation

- Bewegt wird vor allem im Os naviculare
- Flexion im Sinne der Plantarflexion
- Extension im Sinne der Dorsalflexion (wird vom Ligamentum calcaneonaviculare plantare begrenzt)
- Supination: Inversion des Calcaneus: beim Bewegen des Fersenhöckers nach innen wird das Naviculare adduziert. Gleichzeitig wird es plantarflektiert und es kommt zu einer Innenrotation des Naviculare
- Pronation: Eversion: Außenrotation des Naviculare, Abduktion und Dorsalflexion (Extension)
- Sowohl Supination als auch Pronation des Fußes bedeuten zusammengesetzte Bewegungen in verschiedenen Gelenken des Fußes
- Führungsgelenk: Articulatio subtalaris

Besondere Einrichtungen

- **Ligamenta talocalcanea interossea, mediale & laterale**
- **Ligamentum calcaneonaviculare plantare**
- **(Ligamentum deltoideum)**
- **(Ligamentum calcaneofibulare)**

Bewegungen

- Eversion: 10°
- Inversion: 20°

Bewegende Muskeln

- eingelenkig:
 - **KEINE**
- mehrgelenkig:
 - **Musculus tibialis anterior**
 - **Musculus extensor digitorum longus**
 - **Musculus hallucis longus**
 - **Musculus triceps surae**
 - **Musculus tibialis posterior**
 - **Musculus flexor digitorum longus**
 - **Musculus flexor hallucis longus**
 - **Musculus fibularis longus**
 - **Musculus fibularis brevis**

Articulationes intertarsales

- Articulatio calcaneocuboidea (Sattelgelenk)
- Articulatio cuneonavicularis (planes Gelenk)
- Articulatio cuneocuboidea (planes Gelenk)
- Articulationes intercuneiformia (planes Gelenk)

→ plane Gelenke erlauben Translation und Rotation.

→ Gelenksring: wenn eines dieser Gelenke blockiert/verletzt ist, ist die Gesamtfunktion nicht mehr gegeben

Beteiligte Skelettelemente und Gelenkkörper

- Calcaneus
- Os naviculare
- Os cuboideum
- Ossa cuneiformia

Form und Freiheitsgrade

Form: hauptsächlich plan

Freiheitsgrade: 2 (Amphiarthrosen)

Bewegungen

- Inversion: 20°
- Eversion: 10°
- Bewegungsumfang im Chopart- und Lisfranc-Gelenk (Tarsometatarsalgelenk):
 - Pronation: 20°
 - Supination: 40°
- Insgesamt Bewegungsumfang um 90° → Supination (60°) + Pronation (30°)

Besondere Einrichtungen

- **Ligamenta tarsi dorsalia**
- **Ligamenta tarsi interossei**
- **Ligamenta tarsi plantaria**

Bewegende Muskeln

- Eingelenkig:
 - **KEINE**
- mehrgelenkig:
 - **Musculus extensor digitorum brevis**
 - **Musculus extensor hallucis brevis**
 - **Musculus abductor hallucis**
 - **Musculus flexor hallucis brevis**
 - **Musculus adductor hallucis**
 - **Musculus flexor digitorum brevis**
 - **Musculus quadratus plantae**
 - **Musculi lumbricales**
 - **Musculi interossei plantares**
 - **Musculi interossei dorsales**
 - **Musculus opponens digiti minimi**
 - **Musculus flexor digiti minimi**
 - **Musculus abductor digiti minimi**

Articulationes tarsometatarsales, metatarsophalangeae et interphalangeae

Articulatio tarsometatarsales

- in der Lisfranc'schen Gelenklinie
- 4 Tarsalknochen denen 5 Metatarsalknochen gegenüber stehen
- Es handelt sich um primär plane Gelenke. Ausnahme: Articulatio tarsometatarsalis prima (hallucis) → Sattelgelenk
- Zweites Metatarsale ist das längste und unbeweglichste → zweiter Strahl ist Achsenstrahl

Articulatio metatarsophalangea hallucis

- Metatarsophalangealgelenke sind Kugelgelenke
- Gelenk mit zwei Sesambeinen, die in die Sehne des Musculus flexor hallucis brevis eingebaut sind
- Ligamenta sesamoidea laterale & mediale: Zusätzliche Bänder im metatarsophalangea hallucis. Sie sichern die Sesambeine seitlich. Sie sind verbunden durch ein Intersesamoidband, dem ein Fettkörper aufliegt (dient der wichen Lagerung)
- Deformität beim Hallux: Hallux valgus (Winkel zwischen 1. und 2. Strahl kann bis zu 30° betragen anstelle von 7°): Sesambeine sind gegenüber dem Kopf des Metatarsale nach lateral verschoben, sodass in Extremfällen das mediale Sesambein in der Rinne des Lateralen zu liegen kommt und das Laterale zwischen den Zehen hängt

Bandapparat des Fußes

- **Ligamentum deltoideum:** 3-schichtig
 - Pars tibio calcanea: oberste Schicht. Faserzug der den Malleolus medialis mit dem äußersten Rand des Sustentaculum tali des Calcaneus verbindet
 - Pars tibiotalaris posterior: Faserzüge laufen transversal, zum Tuberculum mediale des Talus ziehen und nach vorne, Richtung Collum, in die Kapsel einstrahlen
 - Pars tibionavicularis: zieht über das Ganze hinweg zur Tuberositas des Os naviculare
 - Pars tibiotalaris anterior: tiefste Schicht, zieht von der Spitze des Malleolus zur Innenseite des Talus

Das Ligamentum deltoideum verbindet vier Knochen miteinander und wird je nach Belastung unterschiedlich belastet. Die Pars tibionavicularis ist insbesondere in Pronationsstellung des Fußes angespannt und führt zur Dorsalflexion und Außenrotation des Os naviculare, während die Pars tibio calcanea nicht ganz so stark gespannt ist. In Supination sind diese beiden Teile eher entspannt. Die Pars tibiotalaris ist permanent gespannt, sie dient der Aufhängung des Talus in der Malleolengabel

- **Ligamentum calcaneonaviculare plantare:** Pfannenband
- **Ligamentum talonaviculare dorsale:** dickes Gebilde, trotzdem nicht besonders kräftig (relativ schwache Faserzüge)
- **Ligamenta tarsi dorsalia:** zwischen Os naviculare und Ossa cuneiformia
- **Ligamentum calcaneofibulare:** extrakapsuläres Band
- **Ligamentum talofibulare posterius:** intrakapsuläres Band, kommt aus der Fossa malleolaris der Fibula
- **Ligamentum talofibulare anterius:** kapsuläres Band (in die Kapsel eingebaut)

Die Bänder im oberen Sprunggelenk (medialer und lateraler Knöchel) sind isometrisch aufgehängt: sie steuern alle einen gemeinsamen Punkt am Malleolus an

- **Ligamentum bifurcatum:** entspringt von der dorsalen Ecke der Articulatio calcaneocuboidea vom calcaneus. Es hat zwei Zügel: einer geht an die laterale Seite des Collum tali und ein Zügel geht zum Os naviculare und zum Os cuboideum. Das Band steht praktisch in der Sagittalebene, es reicht weit in das Fußgelenk ein und bildet die laterale Ergänzung zum Pfannenband. Funktion: zentrales Band zur Führung für Pronation und Supination
- **Ligamentum metatarsium transversum profundum:** zwischen den Köpfen der Metatarsalia eingespannt. Verhindert das zu weite Spreizen der Zehen
- **Ligamentum plantare longum:** zieht von der Innenfläche des Tuber calcanei nach distal. Es besitzt zwei Anteile: Einen tiefen, kurzen Anteil der tief entspringt, das Cuboid, Cuneiforme laterale, intermedium und mediale erreicht und einen langen oberflächlichen Anteil. Die oberflächlichen Fasern ziehen über die Sehne des Musculus fibularis longus hinweg und strahlen in die Metatarsale V, IV, III und II ein, das erste kriegt meistens keine Fasern ab
- **Ligamentum talonaviculare plantare:** Längsverspannung des Fußes
- **Plantaraponeurose:** entspringt vom Tuber und zieht weiter nach vorne. Wird durch vertikal eingestellte Faserzüge an den Metatarsalgelenken angeheftet

Muskulatur

Musculus tibialis posterior: zieht um den medialen Knöchel herum und erreicht prinzipiell das Os naviculare. Er setzt an der Tuberositas ossis navicularis an. Von ihm gehen Faserzüge weiter, die von Faserzügen des Os naviculare begleitet werden, bis hin zum Os cuneiforme intermedium (manchmal laterale). Diese vermischen sich dort mit dem Ligamentum plantare longum. Funktion: Verziehen des Bands und manchmal Spannung an der medialen Seite

Musculi extensores

Innervation: Nervus fibularis

- **Musculus extensor digitorum longus**
- **Musculus extensor hallucis longus:** eigener Extensor für den Hallux
- **Musculus tibialis anterior:** mit Faserzügen zum Os cuneiforme mediale. Setzt an der Basis des Metatarsale I an. Funktion: Dorsalflexion und Supination
- **Musculus fibularis tertius:** kleiner Muskelbauch an der lateralen Seite der aber nicht bis zu den Zehen hinausreicht sondern an die Tuberositas ossis metatarsalis V zieht.

Er gehört nicht zur Fibularisgruppe, weil er ventral am Außenknöchel vorbei zieht
Musculi fibulares

- Muskeln die an der Außenfläche der Fibula entspringen, hinter dem Malleolus lateralis vorbeiziehen und dann entweder am 5. oder am 1. Zehenstrahl inserieren
- **Musculus fibularis longus:** überkreuzt hinter dem Knöchel den Musculus fibularis brevis, zieht um das Os cuboideum herum und erreicht das Os cuneiforme mediale und mit einem Faserzug das Os metatarsale I
- **Musculus fibularis brevis:** unterkreuzt hinter dem Knöchel die lange Sehne und geht zur setzt am Metatarsale V an
- Die Sehnen beider Muskeln sind mit diversen Bändern vermischt, sodass eine Art Geflecht entsteht. In diesen Bereichen kann ein Sesambein entstehen
- Beide Muskeln sind in der Lage im oberen Sprunggelenk plantar zu flektieren. Der Musculus fibularis longus ist insbesondere in der Lage die Pronation des Fußes durchzuführen. Er setzt genau dort an wo auch sein Gegenspieler (Musculus tibialis anterior) für diese Bewegung ansetzt. Fibularis und Tibialis wirken extrem als Antagonisten. Der Fibularis kann außerdem aufgrund seines Verlaufs die Längs- sowohl als auch die Querwölbung verschärfen

Musculi flexores superficiales

- **Musculus triceps surae:** besteht aus 3 Anteilen die alle in die Achillessehne einstrahlen:
 - **Musculus gastrocnemius**
 - **Musculus plantaris:** zarter Muskel der etwas proximal des Caput laterale des Gastrocnemius entspringt, mit der Sehne nach medial kreuzt und sich von medial her an der Achillessehne anlagert
 - **Musculus soleus:** eingelenkiger Muskel mit schräger Verlaufslinie, entspringt von der Tibia Rückseite vom Caput fibulae beginnend, über die Membrana interossea

Musculi flexores profundi

- **Musculus flexor digitorum longus**
- **Musculus flexor hallucis longus**
- **Musculus tibialis posterior:** geht am weitesten nach proximal hinauf, zieht unter dem Sustentaculum tali hindurch, und setzt an der Tuberositas ossis navicularis an. Weitere Faserzüge setzen weiter distal an den Basen des Os metatarsale II, III und IV an

Kurze Fußmuskeln

Dorsal:

- **Musculus extensor digitorum brevis:** mit Sehne zum 2,3,4.

- **Musculus extensor digiti minimi**

Plantar:

- **Plantaraponeurose:** entspringt von der Unterseite des Tuber calcanei, zieht nach vorne und strahlt letztendlich in den Plantarapparat der Zehen ein. Die distale Grenze des Plantarapparats bezeichnet das Ligamentum metatarsale transversum superficiale (Querfaserzüge)
- **Musculus flexor digitorum brevis:** Beugemuskel für 2. bis 5. Zehe. (Hallux hat eigenen Beuger)
- **Musculi interossei:** entspringen von den Metatarsale, strahlen in die Dorsalaponeurose ein und ziehen zu den jeweils entsprechenden Zehen
- **Musculi lumbricales**
- **Musculus quadratus plantae:** entspringt mit zwei Köpfen vom Tuberculum mediale und laterale des Tuber calcanei. Ansatz ist die laterale Seite des langen Beugers, knapp bevor sich dieser Muskel in seine Einzelsehnen aufspaltet. Funktion: hält die lange Beugersehne in Position und unterstützt die Beugung (gilt nur für flexor digitorum longus, nicht für den flexor hallucis longus)

Großzehenballen (Muskulatur wird durch ein Septum in die Tiefe unterteilt):

- **Musculus abductor hallucis:** entspringt vom Calcaneus und strahlt letztlich bis zum Malleolus medialis hinauf, zieht nach distal und soll an der Basis (mediale Seite) der Großzehe ansetzen. Man unterscheidet bei diesem Muskel 3 Ansatztypen: zum Teil setzt er nur am Sesambein an (Typ C → nur noch Flexion im Grundgelenk möglich) und zum Teil an der Basis (Typ A, B ?)
 - **Musculus adductor hallucis**
 - Caput transversum: entspringt von den Grundgelenksbereichen der 5., 4. und 3. Zehe und strahlt in unterschiedlicher Höhe in die Sehne des caput obliquum ein
 - Caput obliquum: nimmt Ursprung teilweise vom Ligamentum plantare longum, setzt das nach distal fort und setzt am lateralen Sesambein des Großzehenrundgelenks an
- Beide Muskeln spielen beim Hallux valgus eine große Rolle: Durch Durchtrennung der Muskeln an verschiedenen Stellen versucht man die Fehlstellung zu beheben/verhindern)
- Es gibt kein Musculus opponens hallucis: der einzige Primat der den Muskel besitzt ist der Orang-utan.
- **Musculus flexor hallucis brevis:** setzt mit zwei Köpfen an den Sesambeinen des Zehenrundgelenks an

Kleinzehenballen (Muskulatur wird durch ein Septum separiert):

- **Musculus abductor digiti minimi:** sehr kräftiger Muskel, strahlt zurück bis zum Tuber calcanei, hat kleinen Ursprung von der Tuberositas des Os metatarsale V. Er zieht an die seitliche Basis der Grundphalanx der 5. Zehe. Funktion: Wegbewegen der Zehe vom 2. Zehenstrahl
- **Musculus flexor digiti minimi brevis**
- **Musculus opponens digiti minimi:** setzt an der gesamten Länge des Metatarsale an

Kompartimente

- Laterales Kompartiment
- Interossäres Kompartiment
- Zentrales Kompartiment: in 3 Schichten eingeteilt. Die tiefste Etage für die Interossei, mittleres zentrale Kompartiment für die lange Beugersehne + quadratus; das Kompartiment des flexor digitorum brevis. Hier befinden sich die Hauptgefäßstraßen.
- Mediales Kompartiment: ist für die Großzehe gedacht

Entwicklung / Verdrehung

1. 90° "Tibialversion"

2. 90° Torsion des medialen Strahls (über den lateralen Zehenstrahl hinweg)

- Fuß ist kein Gewölbe sondern Bogen!
- Längswölbung: ist durch verschiedene Bandsysteme gesichert: Ligamentum calcaneonaviculare plantare, Ligamentum plantare longum und durch die Plantaraponeurose
- Wölbung geht bis zu den Metatarsalia, diese sind die ersten Knochenteile die auf dem Boden aufliegen

Biomechanik

- Auffangsstruktur der einwirkenden Kräfte ist vor allem das Ligamentum plantare longum, das die Dorsalflexion verhindert
- Biegebelastungen im Bereich der Metatarsalschäfte sind besonders stark, Metatarsalfrakturen kommen hier besonders oft vor, wenn man den Fuß nicht optimal belastet

Grundbegriffe und Entwicklung der Wirbelsäule

- Mensch hat
 - 3-4 Coccygealwirbel
 - 5 Kreuzbeinwirbel
 - 5 Lendenwirbel
 - 12 Brustwirbel
 - 7 Halswirbel
 - 4-5 Occipitalwirbel
- Insgesamt also 36-38 Wirbel

Wirbelsäulkrümmungen

- Halslordose (Lordose: nach vorne konvex gekrümmt)
 - Brustkyphose (Kyphose: nach vorne konkav gekrümmt)
 - Lendenlordose
 - Kreuzbeinkyphose
- Doppel S-förmig geschwungene Wirbelsäule
 - Seitliche Abweichungen gibt es normalerweise nicht, diese nennt man Skoliose. Im Falle einer Skoliose kommt es auch zu einer Gegenskoliose. Bei Skoliosen ist also meist eine nach links und eine nach rechts gekrümmt (Ausgleich)
 - Intrauterin hat man eine durchgehende Kyphose, erst mit dem 10. Monat sind die Lordosen und Kyphosen annähernd gleich, das erste Aufrichten wird allmählich möglich
 - Neugeborene haben eine fast gerade Wirbelsäule. Durchs Liegen beginnt sich langsam die Halslordose und Lendenlordose auszubilden

Entwicklung

- Neuralrohr stellt die primäre Anlage des Rückenmarks dar. Um das Neuralrohr herum bilden sich die sogenannten Somiten aus
- Chorda dorsalis: unter dem Neuralrohr, erste Entwicklungsstufe des Wirbelskeletts
- Somiten: teilen sich in der Mitte durch. Jeweils der obere und untere Teil benachbarter Somiten bilden einen Wirbelkörper. Wirbelkörper sind intersegmental. Aus den Somiten entstehen die Wirbel
- Chorda dorsalis ist im Bereich der Bandscheibe als zentraler Bestandteil der Bandscheibe erhalten geblieben: Nucleus pulposus. Chorda besteht aus Nucleus bestehen

Differenzierung der Somiten

Kraniozervikaler Übergang

- 8. Somit: der obere Teil wird Teil des Wirbelkörpers von C3, der untere Teil wird Teil des Wirbelkörpers von C4
 - 6. Somit: der untere Teil wird Teil des 2. Halswirbels (Axis), aber nicht zu dem Teil der die Bandscheibe bilden soll. Beim Axis ist keine wirkliche Bandscheibe vorhanden. Der knöcherne Anteil des Oberen gehört ebenfalls zu C2 und bildet dann den sogenannten Dens axis
 - 5. Somit: der untere Teil bildet die Massa lateralis des Atlas. Der Atlas hat keinen Corpus, weil der Wirbelkörper am 2. Halswirbel angeheftet ist. Die obere Hälfte bildet den Apex dentis (Wirbelkörper-ähnlicher Teil). Der Apex dentis verschmilzt mit dem 2. Halswirbel
 - Der untere Teil vom 4. Somiten bildet einen Teil der als Basioccipitale bezeichnet wird. Letztlich stellt es einen Wirbel dar, der sogenannte Proatlas (normalerweise fest in den Schädel integriert)
 - Obere Hälfte des 4. und 3. Somiten: werden in das Basioccipitale eingebaut. In wenigen Fällen (in jungen Jahren) findet sich hier Bandscheibenmaterial
 - C2: wird aus insgesamt drei Somiten gebildet
- Foramen magnum: Große Eintrittspforte (Wirbelloch) in den knöchernen Schädel
 - Protuberantia occipitalis externa: Dornfortsatz des ersten occipitalen Wirbels
 - Hypocondylärer Bogen: verschiedene Fehlentwicklungen:
 - Der Proatlas, jener Teil der das Foramen magnum bildet, frei bleibt. Er ist dann nicht vollständig verschmolzen
 - Überschießende Integration: ein Teil des 1. Halswirbels wird noch in den Schädel mit integriert
 - Apex dentis ist nicht mit dem Dens verschmolzen, sondern mit dem Arcus anteriores des Proatlas (Apex dentis ist Wirbelkörper des Proatlas)

Lumbosakraler Übergang

- Os sacrum besteht normalerweise aus 5 Wirbelanlagen
 - Sakralisation: der 5. Lendenwirbel schließt sich den Sakralwirbeln an und verschmilzt mit ihnen zu 6. Sakralwirbel
 - Lumbalisation: Der 1. Sakralwirbel bleibt selbstständig und wird Teil der Lendenwirbelsäule. Es gibt dann nur mehr 4 Kreuzbeinwirbel die das Kreuzbein bilden

Genereller Aufbau eines Wirbels

Spangen

Vom Wirbelkörper (in der Mitte des Wirbels) gehen 3 Spangenpaare ab, aus denen dann entweder unterschiedliche Gebilde werden, oder sie gar verschwinden.

- **Neuralspangen:** hinten. Die Neuralspangen bilden den Wirbelbogen mit Querfortsatz und Dornfortsatz. Sie können entweder vollständig miteinander verschmelzen, partiell oder gar nicht (üblicherweise beim Menschen beim 5. Kreuzbeinwirbel der Fall). Wenn sich die Neuralspangen über eine größere Länge nicht verschmelzen spricht man von einer Spina bifida. Funktion: Sie umschließen und sichern das Rückenmark
- **Parietalspangen:** seitlich. Sie sind die Anlage für die Rippen. Dort wo keine Rippen vorhanden sind (Hals, Lenden, Kreuzbein) geht das Material nicht verloren sondern wird in den Wirbel integriert. Sie bleiben selbstständig, sind mit dem Wirbel nur durch ein Gelenk verbunden. Im Halsbereich bleibt die Parietalspange sehr klein und verschmilzt an den Kontaktpunkten (Wirbelkörper und Processus transversus) mit dem Wirbel. Dadurch entsteht im Halsbereich ein etwas vergrößerter Processus transversus: der Processus transversus cervicis mit einem Foramen transversarium (Dadurch laufen Gefäße). Im Lendenbereich sind die Parietalspangen klein und mit den Wirbeln verschmolzen. Hier läuft keine Arterie durch, folglich sind die Spangen voll verschmolzen. Der Processus transversus ist ganz klein, es handelt sich um einen Processus mamillaris. Dieser ist mit dem Fortsatz verbunden → Processus costalis (besteht praktisch nur aus Parietalspangenmaterial). Im Bereich des Os sacrum bleibt die Rippenanlage auch erhalten und bildet die Ala ossis sacri. Das Parietalspangenmaterial ist mächtig. Grund dafür ist, dass an dem Rippenmaterial die Rippen-schaukel bzw. das Os coxae dranhängt. Funktion: Die Parietalspangen spannen den Stamm auf
- **Hämalspangen:** vorne. Beim Menschen schließt das Hämalspangenmaterial den Atlas vorne. Sie können im Lendenbereich bei starker Belastung der Wirbelsäule nach unten ausgerichtet eine Verschmelzung mit dem jeweils darunter liegenden Wirbel provozieren. Funktion: Schützt die Aorta

Wirbelentwicklung

Im Wirbelkörper entsteht von kranial nach kaudal fortschreitend zwischen dem 3. und 6. Fetalmonat ein Knochenkern. Dort wo die Neuralspange am Wirbelkörper ansitzt entsteht eine perichondrale Knochenmanschette. Das heißt auch die Neuralspange entwickelt sich wie ein langer Röhrenknochen, ist also de facto ein Os longum. Die Manschette beginnt sich bereits vor dem Wirbelkörper, in der 7. Woche, zu entwickeln. Die Neuralspangen verschmelzen bereits im Laufe des 1. Lebensjahres. Damit wird aus der Neuralspange der Wirbelbogen. Erst zwischen dem 3. und 6. Lebensjahr verschmelzen sie knöchern mit dem Wirbelkörper.

Der laterale hinterer Zipfel eines Wirbelkörpers ist nicht Wirbelkörperanlage sondern gehört zur Neuralspange, zum Pediculus arcus vertebrae. Der eigentliche Wirbelkörper ist fast oval, die Neuralspange lagert sich breitbasig verwachsen an.

Wirbelkörperepiphysen

- Epiphysen = Wachstumsfugen die das Längenwachstum ermöglichen
- Wirbelkörperepiphysen erscheinen als Ringe, entstehen im 8. Lebensjahr und verschmelzen mit dem Wirbelkörper etwa um das 18. Lebensjahr
- Wirbelkörperdeckplatte: entstehen sekundär
- Wirbelentwicklung Übersicht:
 - Atlas: Parietalspange, Neuralspange, kein Wirbelkörper
 - Lendenbereich: Parietalspange, Neuralspange, Processus costalis
 - Os sacrum: Parietalspange, Neuralspange, Deckplatte
 - Parietalspangen verschmelzen sehr schnell, Wirbelkörper eher langsam oder gar nicht

Vertebra thoracica (= Brustwirbel)

- Corpus vertebrae: mit epiphysis anularis (oben und unten)
- Arcus vertebrae: Wirbelboegen (Neuralspangenmaterial)
 - Pediculus
 - incisura vertebralis superior
 - incisura vertebralis inferior
 - Processus articularis superior: beginnt hinter der incisura vertebralis superior
 - Processus articularis inferior: hinter der incisura vertebralis inferior
 - Lamina arcus vertebrae: relativ flacher und kompakter Teil am Arcus
 - Processus transversus
 - Processus spinosus: Dornfortsatz, gebildet aus Vereinigung der beiden laminae
- Foramen vertebrale: Alle Foramina vertebralia übereinander gestapelt ergeben einen Kanal: Canalis vertebralis

Atlas, Axis, Kopfgelenke

Atlas (C1)

- [Corpus → Dens axis]
 - Massa lateralis: tragen Gelenkfläche für die Facies articulares superiores oder inferiores
 - Sulcus arterio vertebralis: durch Bindegewebsblatt überdeckt. kann vorkommen dass dieses Blatt verknöchert, dann heißt es nicht mehr Sulcus sondern Canalis
 - Arcus anterior
 - Tuberculum anterius (Hämalspangenmaterial)
 - Arcus posterior (Neuralspangenmaterial)
 - Tuberculum posterius
- Processus transversus ist im hintern Teil aus Neuralspangenmaterial und im vorderen Anteil aus Parietaspangenmaterial
- Besonderheit: im Foramen transversarium verläuft die Arteria vertebralis. Sie verlässt den Canalis transversarium, verläuft über den Arcus posterior und senkt in den Sulcus arterio vertebralis ein um dann in den Schädel zu ziehen

Axis (C2)

- Dens axis
 - Apex dentis
 - Facies articularis superior
- C2 hat: Wirbelbogen mit Lamina, Wirbelkörper (eigener, der des Atlas und des ProAtlas (=Apex dentis))
- Processus transversus mit Foramen transversarium das etwas schräg nach außen gerichtet ist

Entwicklung des Axis

- 6. Woche: membranös
- 8. Woche: Synchondrosen
- 4 Monate: 1. Ossifikation

Kraniozervikaler Übergang

- Bei normaler Haltung steht der Arcus posterior immer unterhalb des Arcus anterior auf Nasenhöhe
- Ligamentum apicis dentis hängt den Axis direkt am Occiput an

Ligamentum nuchae (= Ligamentum spinosum)

- Band aus elastischem Bindegewebe das den Kopf, alle Wirbel, Dornfortsätze mit dem Dornfortsatz des 7. Halswirbels verbindet
 - beginnt an der Protuberantia occipitalis externa (= Processus spinosus des 1. Occipitalwirbels) und zieht bis zum Dornfortsatz des 7. Halswirbels
 - Das Band hat zwei Zügel, einen oberflächlichen und einen tiefen
 - Ligamentum nuchae steht bei Normalhaltung des Kopfs unter Zug und trägt etwa 50% der notwendigen Extensionskraft (damit er Kopf nicht nach vorne fällt)
 - Ligamentum nuchae liegt zwischen zwei Muskelschichten:
 - Musculus multifidus: transverso-spinales Muskelsystem vom Processus transversus entspringend und bis zum Processus spinosus reichend
 - Musculus semispinalis capitis: wichtigster Strecker des Kopfs
 - Linea nuchae superior (=Wirbelbogen)
- Membrana atlanto occipitalis: besondere Bezeichnung für das Ligamentum flavum zwischen Arcus posterior des Atlas und Arcus posterior des ProAtlas (der in den Schädel integriert ist)
- Membrana atlanta axialis: besondere Bezeichnung für das Ligamentum flavum zwischen Arcus vertebrae des Axis und Arcus posterior des Atlas
- Ligamentum flavum: Verbindung zwischen den Wirbelbögen, besteht aus elastischen Fasern

Kopfgelenke

- Bewegungsgrade in der Halswirbelsäule:
 - zwischen Atlas und Occiput: 30°
 - zwischen C2 und C7: 70°
- Insgesamt sind Beugungen über 100° möglich

Articulatio atlantooccipitalis

- Eigelenk das von den Facies articulares superiores und den Facies articulares inferiores gebildet wird (Gelenkfläche des Atlas und Os occipitale)
- Funktion: Flexion und Extension → Gleitbewegung (Kopfnicken)
- Extension: Condylus occipitalis gleitet nach vorne
- Flexion: Condylus occipitalis gleitet nach hinten
- Rotationsbewegungen sind nur minimal möglich
- Bewegung ist durch Processus transversus des Atlas begrenzt

Articulatio atlantoaxialis

Atlanto-axiale Rotation

- Gleitbewegung: bei Geradhaltung erreicht man den höchsten Punkt, bei Seitbewegung den niedrigsten (Höhenveränderung der Seitbewegung macht ungefähr 2 mm aus)

Das Kardangetriebe der Halswirbelsäule

Eine Bewegung in den Kopfgelenken zieht zwangsweise eine Bewegung in der Halswirbelsäule mit sich. Die Halswirbelsäule wirkt bei dem System mit: Bei Beugung/Drehung/Neigung des Kopfs zur Seite gehen die anderen Gelenke der HWS mit. Die Kopfgelenke bedienen die Steuerung des Kardangelenks mit. Grund hierfür sind:

- Bandverbindungen: insbesondere die Ligamenta flava (atlantoaxial und atlantooccipital), elastische Bänder die durch ihre Spannung den nächsten Wirbel mitnehmen
- Muskulatur: Es gibt kurze Nackenmuskeln die die restliche autochtone Rückenmuskulatur mit sich ziehen. Insbesondere der Musculus semispinalis und Musculus splenius capitis

Restliche Wirbel C3-Cc

Vertebrae cervicales

- Processus spinosus
 - Gegabelt
 - Ausnahme: C7
 - Processus transversus
 - Foramen transversarium
 - Processus uncinatus: richten sich im Laufe des Lebens im Bereich der Basis der Neuralspange auf
-
- Eintritt der Arteria vertebralis ist meistens bei C6 (kann aber bei C7 oder C5 zu finden sein)
 - 7. Halswirbel: charakterisiert durch seinen großen einheitlichen Processus spinosus (ungegabelt), durch den Processus transversus mit Foramen transversarium
 - 6. Halswirbel: Processus transversus hat ein Tuberculum anterius und Tuberculum posterius. Dieser Processus transversus ist besonders kräftig ausgebildet und gut sichtbar. An den Querfortsätzen entspringen eine ganze Reihe Muskeln oder setzen dort an: prävertebrale Muskulatur, Musculi scaleni, Musculus levator scapulae (Tubercula sind Muskelmarken). Das Tuberculum am 6. Halswirbel heißt Tuberculum caroticum (dort verläuft die Arteria carotis). Das Tuberculum anterius am Processus transversus ist im Vergleich zum Processus posterius deutlich größer. Der Processus spinosus ist kürzer und gegabelt
 - 4. & 5. Halswirbel: Processus spinosus ist gegabelt, sonst keine Besonderheiten
 - 3. Halswirbel: Processus transversus mit Foramen, hinten ein gegabelter Processus spinosus. Die Facies articulares superiores stehen nicht parallel wie bei den anderen Wirbeln sondern in einem stumpfen Winkel von 142°. Der Winkel ist nach dorsal offen. Die Spitze des Winkels liegt etwa an der Vorderkante des Wirbelkörpers

Frequenz der einzelnen Gelenkstypen

- 150 Segmente
- Veränderung durch Funktion → "Form follows function"

Processus uncinati ("Uncovertebrale Halbgelenke")

Die Randleiste im Bereich des Pediculus richtet sich sukzessive nach kranial auf und bekommt sekundär Kontakt mit der unteren Randleiste des nächsten Wirbelkörpers. Es entstehen uncovertebrale Halbgelenke → Pseudoarthrose, kein echtes Gelenk

Zur Erinnerung: Definition Gelenk:

- zwei Gelenkkörper: vorhanden
- Gelenkspalt: vorhanden
- Gelenkkapsel: nicht vorhanden → kein Gelenk!

Uncovertebrale Bewegungen

- Seitbewegungen sollten eigentlich gefördert werden wenn der Discus durchgerissen ist doch dadurch wird der Spinalnerv eingeklemmt und es kommt zu Nackenschmerzen
- Bei Durchtrennung kann es auch zu Subluxationen kommen, dadurch wird die Arteria vertebralis gereizt, die Patienten haben zusätzlich Schwindelattacken

Vertebra Thoracica (= Brustwirbel)

- Corpus vertebrae
- Arcus vertebrae
 - Pediculus
 - Incisura vertebralis superior
 - Incisura vertebralis inferior
 - Processus articularis superior
 - Processus articularis inferior
 - Lamina arcus vertebrae
 - Processus transversus
 - Processus spinosus
- Foramen vertebrale
 - 1. Brustwirbel: hat annähernd die Form eines Halswirbels. Das Wirbelkörperchen ist breiter als tief. Es ist kein Processus transversus mit Foramen transversarium vorhanden, weil die Rippe schon eigenständig ist. Der Processus spinosus geht relativ sagittal nach dorsal heraus
 - 2.-12. Brustwirbel: Wirbelkörper wird zunehmend tiefer, die Breite bleibt annähernd gleich
 - 6.-9. Brustwirbel: Processus spinosus steht so steil nach unten dass seine Unterkante bereits unter die Wirbelkörper des nächsten Wirbels hinunterragt. In diesem Bereich ragt der Processus spinosus so weit herunter, dass man mit einem transversal verlaufenden kleinen Muskel drehen könnte. Die beste Drehbarkeit der Brustwirbelsäule ist durch die Musculi rotatores breves und longes möglich
 - 11.-12. Brustwirbel: Wirbelkörper wird wieder breiter: Übergang zu den Lendenwirbel. Beim 12. BW wird der Processus transversus deutlich kleiner, der Processus spinosus geht sagittal nach dorsal heraus

TH1:

- 1 ganze GF oben (für 1. Rippe)
- 1/2 GF unten
- 1 GF plan am p.t

TH2-Th5:

- 1/2 GF oben
- 1/2 GF unten
- 1 GF konkav am p.t

TH6-Th9:

- 1/2 GF oben
- 1/2 GF unten
- 1 GF plan am p.t.

Th10

- 1/2 GF oben
- 1 GF plan am p.t.

TH11

- 1 GF oben

TH12

- 1 GF mittig

- Am Processus transversus befindet sich vom 1.-10. Thorakalwirbel eine Gelenkfläche. Am 11. und 12. fehlt die Gelenkfläche. Am 1. und 6.-10. ist die Gelenkfläche plan, beim 2.-5. bildet sie eine sehr kräftige Rinne. Der 1. hat keine Rinne weil die Rippen 2-5 mit dem Brustbein relativ gerade verbunden sind und kurze Rippenknorpel aufweisen

Vertebra lumbalis (= Lendenwirbel)

- Processus costalis
- [Processus transversus] → Processus mammillaris (= Warzenfortsatz)
- Lendenwirbel 1-4 lassen sich schlecht unterscheiden: keine Besonderheiten, obere und untere Deckplatte stehen parallel
- 5. Lendenwirbel: Processus costalis wird plumper, beginnt sich zur Seite hin zu verbreitern und wird beim Os sacrum die Massa lateralis bilden. Beim 5. ist die untere Deckplatte nach hinten angehoben, der Lendenwirbelkörper ist keilförmig

Os sacrum

- Promontorium : Oberfläche des 1. Kreuzbeinwirbels, jener Punkt der am Kreuzbein am weitesten nach vorne ins Becken springt (keine Fläche sondern Punkt)
- Partes laterales : (Parietalspangenmaterial)
 - Alae ossis sacri
- Facies pelvina
 - Foramina sacralia anteriora
 - Lineae transversae (verknöcherte Bandscheiben)
- Facies dorsalis
 - Foramina sacralia dorsalia
 - Crista sacralis mediana: entsteht aus den Verschmelzungen der ersten 4 Dornfortsätze. Beim 5. Kreuzbeinwirbel verschmilzt die Neuralspange nicht

- mehr, es gibt keinen Processus spinosus
- Crista sacralis intermedia: setzt sich aus den Gelenkfortsätzen zusammen, den Processi articulares
 - Crista sacralis lateralis: entsteht aus den Querfortsätzen (Processus mamillaris)
 - Hiatus sacralis: Spalt der durch eine unvollständige Verschmelzung entsteht. Begrenzt wird er durch die beiden Reste der Gelenkfortsätze, die Cornae (= Hörner) des Os sacrum. Der Hiatus stellt einen sicheren Zugang in den Wirbelkanal dar (wichtig für Anästhesisten). Hier können Anästhetika per Kreuzstich eingebracht werden
- Apex: untere Seite des Os sacrum

Os coccygis

- Üblicherweise 4 Coccygialwirbel
- Cornae coccygialis: steht manchmal mit den Cornae des Os sacrum in gelenkiger Verbindung
- Kein Neural- oder Parietalspangenmaterial mehr vorhanden

Verbindungen zwischen Wirbel

Knochenverbindungen der Wirbelsäule

- **Articulationes zygapophyseales:** im Regelfall plane Gelenke die an den Rändern etwas abgerundet sind (hier können meniskoide Falten entstehen, die bei Einklemmung starke und langanhaltende Schmerzen provozieren)
 - Gelenkkörper:
 - Processus articulares superiores
 - Processus articulares inferiores
 - Plan
 - 2 Freiheitsgrade
- **Symphysis intervertebralis:** kontinuierliche Verbindung die auf Zug sehr gut gesichert ist
 - Discus intervertebralis: An der Stelle wo der kleinste Krümmungsradius des Discus ist kann der Nucleus pulposus nach außen dringen. Beim Pediculus entstehen bei gleichem Druck die höchsten Zugspannungen. Hier kann die Bandscheibe am leichtesten einreißen was zu einem Prolaps (= Bandscheibenvorfall) führt. Der Spinalnerv, der im Foramen intervertebrale liegt, wird eingeklemmt.
 - Anulus fibrosus: Faserring, in der Mitte eher dünn. Fasern setzen sich auf den Wirbelkörpern fort → scherengitterartige Anordnung.
 - Nucleus pulposus: Gallertkern im Zentrum der Bandscheibe. Er ist aus mesenchymalen Gewebe aufgebaut und mit Proteoglykanen versehen. Wichtig für die Funktion der Bandscheiben (Rest der Chorda dorsalis)
- **Articulationes costovertebrales** (rippengelenke)
 - Bei der Halswirbelsäule stehen die Facies articulares superiores genau parallel (für 4.-6. Halswirbel). Bei der Brustwirbelsäule schließen die Gelenkflächen zueinander einen Winkel von etwa 140° ein, der Winkel ist nach ventral offen und die Spitze zeigt nach hinten. In der Brustwirbelsäule ist Rotation durchaus möglich
 - Im Übergang zur Lendenwirbelsäule (meistens beim 12. gelegentlich beim 11. Wirbel) drehen sich die Processus articulares so dass die Gelenkflächen zueinander schauen, so weit, dass die Gelenkflächen sagittal eingestellt sind (insbesondere zwischen 4. und 5.). In der Lendenwirbelsäule ist keine Rotation möglich
 - Auf die Transversalebene bezogen: Gelenkflächen richten sich sukzessive von oben nach unten auf. Im Halsbereich ist der Winkel zur Transversalen etwa 45° und wird nach unten zu immer steiler. In der Brustwirbelsäule beträgt er dann schon fast 80°. In der Lendenwirbelsäule stehen sie dann in der Sagittalen, haben sich aus der Transversalen um 90° erhoben

Bänder der Wirbelsäule

- **Ligamentum longitudinale anterius:** das vordere Längsband ist mit den Wirbelkörpern verwachsen, nicht aber mit dem Anulus fibrosus der Bandscheibe. Man kann unter dem Band hindurch, ohne die Bandscheiben zu verletzen
- **Ligamentum longitudinale posterius:** das hintere Längsband ist praktisch nur mit dem Anulus fibrosus verwachsen und läßt ansonsten den Wirbelkörper frei. Es reicht bis an die Innenseite des Foramen magnum. Hier gibt es Öffnungen im Knochen, die sogenannten Foramina nutritia (= ernährende Löcher). Die Fortsetzung dieses Bands heißt Membrana tectoria (kraniozervikaler Übergang)
 - beides straffe Bänder aus kollagenem Fasermaterial
- **Ligamentum flavum:** aus elastischem Material. Sie verbinden die Wirbelbögen miteinander. Sie reichen fast genau in die Mediane
- **Membrana atlantoaxialis & Membrana atlantooccipitalis:** ebenfalls aus elastischen Fasern aufgebaut
- **Ligamentum interspinosum:** Verbindungen zwischen den Processus spinosi. Es handelt sich um elastische Fasern
- **Ligamentum nuchae:** geht von der Protuberantia bis zum 7. Halswirbel. Ist bei vielen Menschen nicht verschmolzen (macht funktionell keinen Unterschied)
- **Ligamenta intertransversaria:** gehen fließend in die Gelenkkapsel der Articulatio zygapophysialis über
- **Ligamentum cruciforme:** kreuzförmiges Band mit Faciculi longitudinales die letztlich das Corpus des Axis mit der Vorderkante des Schädels verbinden. Die transversalen Faserzüge ziehen von den Massae laterales des Atlas zur Gegenseite herüber. Das Ligamentum cruciforme ist auf der Innenseite mit Knorpel versehen, damit wir mit dem Dens axis ein Gelenk ausbilden können und so den Ring des Atlas, der sich um den Dens herum befindet, schließen können
- **Ligamenta alaria (= Flügelbänder):** entspringt seitlich von den Anteilen des Dens axis (Apex und Dens) und zieht zu den Massae laterales hin. Funktion: verhindert die Überrotation in dem Bereich

Bewegungssegmente

- Die Gewichtskraft des Körpers belastet die Wirbelsäule auf Höhe der Bandscheibe des zweiten und dritten Lendenwirbels. Ein 70 kg Mensch hat hier etwa 45 kg Belastung.
- Durch die schräg verlaufende resultierende Kraft kommt es zu einer Schubkraft nach vorne, die beiden Gelenkflächen werden auseinander gedrückt, es entstehen Biegebelastungen
- Je nach Stellung der Gelenkfläche hinten kommt es zu einer entsprechend unterschiedlichen Neigung der Resultierenden: je flacher die Gelenkfläche nach vorne gerichtet ist, desto flacher ist auch die Resultierende. Die flachsten Gelenkflächen sind in der Halswirbelsäule (45°), die steilsten in der Lendenwirbelsäule (90°)
- Der Lordosierungsvektor erlaubt es die Wirbelsäule in Lordose zu bringen. Wenn zu viel Muskelzug vorhanden ist wird der Lordosierungsvektor geringer, die Lordose wird aufgehoben und die Halswirbelsäule gestreckt. Verspannungen der Nackenmuskulatur führen zur Aufhebung der Halslordose, dadurch wird Plexus sympathicus der Arteria vertebralis gereizt was zu Schwindelgefühl, Gleichgewichtsstörungen, Schmerzen etc. führen kann
- Bei Überbelastung der Lendenwirbelsäule kann die Articulatio zygapophysialis brechen. Die sogenannte Interartikularportion wird dadurch stark belastet. In diesem Bereich der Lendenwirbel hat der Knochen keine Spongiosa, nur Compacta (also kein Röhrenknochen). Dieser Bereich der Interartikularportion ist besonders gefährdet für Frakturen: durch die Fraktur ragt der Wirbelkörper nach ventral (Spondylodiszitis)

Bewegungsumfänge in den einzelnen Abschnitten der Wirbelsäule

Bewegung/Abschnitt	Extension - Flexion	Lateralflexion	Axiale Rotation
Articulatio atlantooccipitalis	10° - 10°	8°	-
Articulatio atlantoaxialis	-	-	15°
Halswirbelsäule	85° - 25°	40°	50°
Brustwirbelsäule	25° - 35°	25°	35°
Lendenwirbelsäule	30° - 55°	25°	5°

Gesamtbeweglichkeit der Wirbelsäule : maximal 250°

(Messungen nach Schober und Ott)

Wirkung der Muskeln

Dorsalflexion

- **Musculus sternocleidomastoideus**
- **Musculus trapezius**
- **Musculus splenius capitis**
- **Musculus semispinalis capitis**
- **Musculi recti capitis posteriores minor et major**
- **Musculi obliqui capitis superiores et inferiores**
- **Musculus levator scapulae**

Ventralflexion

- **Musculus longus capitis**
- **Musculus longus colli**
- **Musculus rectus capitis anterior**
- **Zungenbeinmuskulatur**

Lateralflexion

- **Musculus longissimus capitis**
- **Musculus sternocleidomastoideus**
- **Musculus splenius capitis**
- **Musculus levator scapulae**
- **Musculi scaleni anterior, medior, posterior**
- **Musculi obliqui capitis inferiores et superiores**
- **Musculus rectus capitis latissimus**
- **Musculi rectus capitis posterior, major et minor**

Gleichseitige Rotation

- **Musculus splenius capitis**
- **Musculus obliquus capitis inferior**
- **Musculus rectus capitis major**

Gegenseitige Rotation

- **Musculus sternocleidomastoideus**
- **Musculus semispinalis capitis**
- **Musculus trapezius**

Thoraxskelett, Rippen/Sternum

Beteiligte Skelettelemente

- Vertebrae thoracicae
- Costae: besteht aus Rippenknochen und Rippenknorpel. Rippen sind Ossa longa die nach hinten zu verknöchern, der vordere Teil bleibt als Knorpel (hyaliner Knorpel) bestehen (12 Rippenpaare)
 - Ossa costalia (Rippenknochen)
 - Cartilagine costales (Rippenknorpel)
- Sternum: fixer Bestandteil der Rippen, entwickelt aus den Rippenbögen

Thoraxskelett

- Thorax ist oben in der Sagittalen sowohl als auch in der Transveralen relativ schmal, weicht dann zur Seite auseinander und fällt nach außen etwas ab. Unten geht der Thorax wieder etwas zusammen

Costae

- Costae verae: Rippen 1-7, gehen eine direkte Verbindung mit dem Brustbein ein
- Costae spuriae: Rippen 8-10, schließen sich den jeweils vorangegangenen Rippen über Knorpelspangen an
- Costae fluctuantes (fluidantes): Rippen 11 & 12, haben keinen Anschluss ans Brustbein, sind aber durchaus über Intercostalmuskulatur und andere Strukturen an die vorangehenden Rippen gebunden. Sie tragen an der Spitze einen kleinen Knorpel, sind nicht mit dem Processus transversus verbunden deswegen haben sie auch kein Tuberculum costae
- 1. Rippe: Costa prima, plan. Weist nur eine Krümmung um die Longitudinale auf (Kantenkrümmung)
- 2. Rippe: etwas geneigt. Die Innenkante ist wie bei einem Kegel aufgerichtet (Kantenkrümmung, Flächenkrümmung)
- 3. - 9. Rippe: Ist in sich verdrillt → Torsion der Rippen. (Kantenkrümmung, Flächenkrümmung, Torsion)
- Rippenbogen wird vor allem durch den Rippenknorpel der 10., 9., 8. und vom Unterrand der 7. Rippen gebildet

Ossa costalia & Cartilaginee costales

Aufbau einer Rippe

- Caput costae: Rippenkopf, hier ist die Rippe gelenkig mit den Wirbelkörpern verbunden
- Collum costae: trägt je nach Größe der Rippe hinten eine relativ kräftige Kante, welche die Ansatzstelle für ein Band darstellt das die Rippe an den Wirbeln anheftet. Am Rippenhals befindet sich das Tuberculum costae, welches ebenfalls mit einer Facies articulares, die zum Processus transversus gerichtet ist, ausgestattet
- Corpus costae: Am Corpus befindet sich der Angulus costalis (Angulus costae). Erst dort beginnt die eigentliche Kantenkrümmung der Rippe. Bis hierhin reicht die autochthone Rückenmuskulatur
- Crista capitis costae bei der 2. – 7. Rippe

Ossa costalia I & II

- 1. Rippe:
 - Tuberculi musculi scaleni anterioris: an der Innenkante, vom Processus transversus herkommend. Hier setzt der Musculus scalenus anterior (vorderer Treppenmuskel) an. Funktion: wichtiger Atemmuskel
 - Sulcus arteriae subclaviae: hinter dem Tuberculum liegend. Die Arteria subclavia dient zur Versorgung der Armmuskeln
 - Sulcus venae subclaviae: vor dem Tuberculum liegend
- 2. Rippe:
 - Tuberositas musculi serrati anteriores: Rauigkeit an der Außenseite (nicht immer vorhanden). Funktion: Muskel presst die Scapula an

Os costale II - V

- Sulcus costalis/costae: deutliche Rinne bedingt durch die dort liegenden Gefäßnervenstraße (Nervus intercostalis, Arterie intercostalis posterior und Vene intercostalis posterior)

Os costale VI - IX

- Rippe ist in sich verdrillt sodass sie nirgends plan aufliegen kann
- Unterschied zur 2.-5. Rippe: Größe, keine Torsion, Facies articulares tuberculi costae ist plan
- Caput costae ist durch eine Crista capitis costae unterteilt → Gelenkfläche für den oberen Wirbel und eine für den unteren
- Sulcus costalis: verläuft etwa an der Seite der vorderen Axillarlinie, weist eine nach unten zu relativ kräftige Kante auf (Schutz für die Intercostalgefäße)

Ossa costalia XI und XII

- keine Crista
 - Facies articulares capitis costae sind plan
 - kein Tuberculum → keine Facies articulares costae
 - 12. Rippe hat keinen Sulcus mehr
 - Angulus ist schwer zu finden
-
- "Halsrippen": relativ häufig, entstehen durch die Parietalspange des 7. Halswirbels. Kleinere Halsrippen bereiten keine Probleme, größere hingegen können den Plexus brachialis, Arteria subclavia und Vena subclavia in Mitleidenschaft ziehen
 - Gabelrippe: in manchen Fällen findet sich am distalen Ende der Rippe eine Gabelung, (ab 6. Rippe) bei der 12. Rippe ist dies eher selten

Sternum

- Manubrium sterni: nach hinten geneigt (Angulus sterni)
 - Incisura jugularis: Einkerbung am oberen Rand
 - Incisura clavicularis: Einkerbung für die Clavicula
 - Incisura costalis prima
 - Incisura costalis secunda: befindet sich genau an der Grenze zwischen Manubrium und Coprus sterni
- Corpus
- Processus xiphoideus: sehr variabel in der Form

Entwicklung

- Rippenbögen verschmelzen sukzessive von der 1. Rippe bis zur 7. Die Knorpelstücke die übrig bleiben bilden nachher die Rippenknorpel für die 11. und 12. Rippe
- Zwischen den Rippenansätzen befindet sich bis zur 4. Rippe jeweils ein Knochenkern. Bei den darunter liegenden Rippen kann die Knochenkernanzahl zwischen 1 und 2 variieren
- (Das Sternum wird oft verwendet um Knochenmark zu punktieren. Hierbei muss man allerdings auf die Höhe achten, da man sonst leicht das Herz treffen kann)

Autochthone Rückenmuskulatur (Musculus erector spinae)

- Autochthon = kann sich selbst steuern
- Muskeln sind im osteofibrösen Kanal verpackt. Osteofibröser Kanal wird einerseits von den Wirbeln gebildet und von der Fascia thoracolumbalis umhüllt
- Fascia thoracolumbalis: eine der kräftigsten Faszien des menschlichen Körpers. Eingeteilt in ein oberflächliches und ein tiefes Blatt. Funktion: dient als Ursprungsgebiet für Muskulatur der seitlichen Bauchwandmuskulatur

Lateraler Trakt

Sakrospinale System (Geradsystem)

- **Musculi iliocostales:** kommen vom Os ileum, wenige Teile vom Os sacrum und erreichen die Parietalspangen der Rippen. Einseitig innerviert. Funktion: Beugung zur Seite, Aufrichtung der Wirbelsäule
 - Musculus iliocostalis lumborum: endet am Processus costalis der Lendenwirbel
 - Musculus iliocostalis thoracis
 - Musculus iliocostalis cervicis
- **Musculus longissimus:** reicht ebenfalls vom Beckenring bis zum Processus mastoideus
 - Musculus longissimus thoracis
 - Musculus longissimus cervicis
 - Musculus longissimus capitis

Spinotransversales System (Schrägsystem)

→ Rotation

- **Musculus splenius cervicis:** beginnt etwa in der Mitte des Thorax, prinzipiell am Processus spinosus des 6. Brustwirbels. Zieht steil nach oben bis zum Querfortsatz des 7. Halswirbels
- **Musculus splenius capitis:** setzt am Kopf an
- **Musculus obliquus capitis inferior**

Intertransversales System

- **Musculi intertransversarii:** verbinden die Querfortsätze aneinander grenzender Wirbel
 - Musculi intertransversarii lumborum
 - Musculi intertransversarii cervicis
- **Musculus obliquus capitis superior**

Rippenhebemuskeln

- **Musculi levatores costarum breves:** 1-segmentig, vom nächsthöheren Wirbel zur Rippe
- **Musculi levatores costarum longi:** 2-segmentig, vom übernächsten Wirbel zur Rippe

Medialer Trakt

Interspinales und spinales System (Geradsystem)

- **Musculi interspinales:** liegen den Ligamenta interspinalia lateral auf und verbinden Dornfortsatz mit Dornfortsatz miteinander
- **Musculi spinales**
 - Musculus spinalis thoracis: Fasern enden am 3. Processus spinosus
 - Musculus spinalis cervicis: Fasern reichen bis zum 3., 4. Halswirbel hinauf
 - Musculus spinalis capitis
- **Musculus rectus capitis posterior major**
- **Musculus rectus capitis posterior minor**

Transversospinales System (Schrägsystem)

→ Verläuft vom Processus transversus zu einem höher liegenden Processus spinosus

→ nur in der Brustwirbelsäule vorhanden, hauptsächlich Rotatoren

- **Musculi semispinales:** (höchstsegmentiger Muskel)
 - Musculus semispinalis thoracis
 - Musculus semispinalis cervicis
 - Musculus semispinalis capitis: erreicht die Protuberantia occipitalis externa
- **Musculi multifidi:** enden am Processus spinalis des Axis
- **Musculi rotatores**
 - Musculus rotator longus: 2-segmentig, rotieren und drehen die Brustwirbelsäule
 - Musculus rotator brevis: 1-segmentig

Kurze Nackenmuskeln

- Werden benötigt um den Kopf drehen und bewegen zu können
- Sie sind nicht autochthon sondern gezielt gesteuert
- Innervation all dieser Muskeln: Nervus suboccipitalis

Vordere Gruppe (Kann als Teil der prävertebralen Halsmuskulatur angesehen werden)

- **Musculus rectus capitis lateralis**
- **Musculus rectus capitis anterior**

Hintere Gruppe

- **Musculus obliquus capitis superior:** entspringt vom Processus transversus des Atlas und zieht zum Schädel. Er gehört zum Geradsystem des lateralen Trakts
- **Musculus obliquus capitis inferior:** entspringt vom Processus spinosus des Axis und erreicht den Processus transversus des Atlas. Er gehört eigentlich zum Schrägsystem des lateralen Trakts
- **Musculus rectus capitis posterior minor:** interspinaler Muskel, gehört zum medialen Trakt. Entspringt vom Processus spinosus des Atlas und zieht zur Linea nuchae inferior
- **Musculus rectus capitis posterior major:** interspinaler Muskel, gehört zum medialen Trakt. Entspringt vom Processus spinosus des Axis und zieht zur Linea nuchae inferior

Prävertebrale Muskulatur

- Muskulatur reicht bis in den Thorax hinein, geht bis zum 3. Brustwirbel
- 3-spängiges System
- Die prävertebrale Muskulatur geht bis zum Processus transversus und vermischt sich mit den Ursprüngen der Musculi scaleni