
Allgemeine Anatomie III

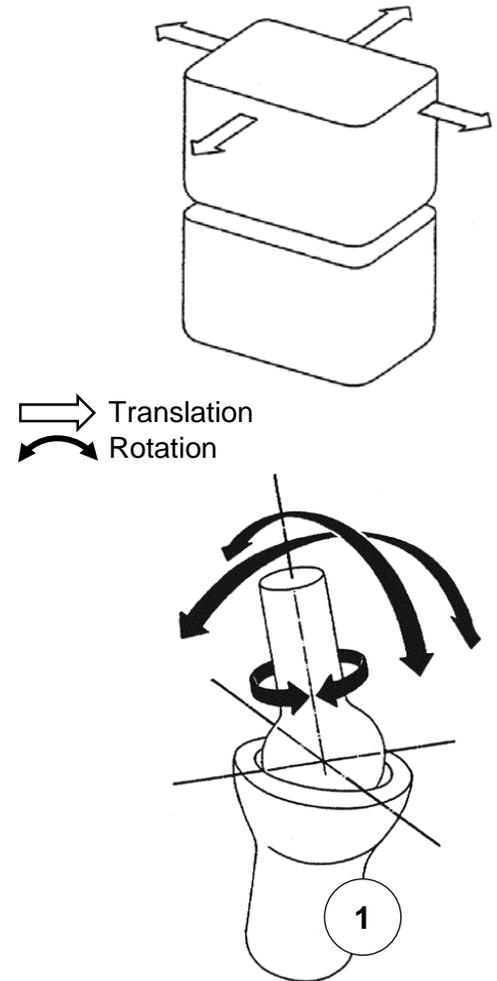
Gelenke, Muskel

David P. Wolfer
Institut für Bewegungswissenschaften und Sport, D-HEST, ETH Zürich
Anatomisches Institut, Medizinische Fakultät, Universität Zürich

376-0905-00 Funktionelle Anatomie des menschlichen Bewegungsapparates
Di 07.03.2017

Systematik der Diarthrosen, Kugelgelenk

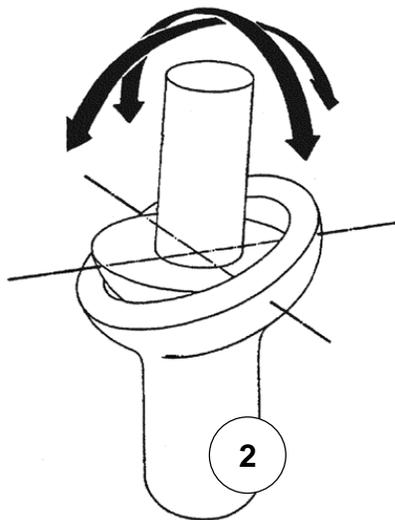
- *Theoretische maximale Freiheitsgrade freier Bewegung*
 - *3 Freiheitsgrade Rotation (3 zueinander senkrechte Achsen):
konvex-konkave Gelenkflächen, bei meisten Gelenken für Bewegungsumfang bestimmend*
 - *3 Freiheitsgrade Translation (3 zueinander senkrechte Richtungen):
in Translationsrichtung plane Gelenkflächen, in Gelenk maximal 2 Freiheitsgrade realisierbar*
- *7 Gelenktypen: Geometrie und Anatomie*
 - *geometrische Modelle und Gelenktypen nur Näherung*
 - *Einschränkung der Bewegung: knöchernerne und Bandführung; extraartikuläre Faktoren: behindernde Weichteile, fehlende Muskelkraft, zusammengesetzte und verbundene Gelenke*
 - *theoretisch «unmögliche» Bewegungen z.T. praktisch möglich: Gelenkknorpel deformierbar, bewegliche Disci articulares / Menisken, Bandführung mit Spiel*
- *3 Rotations-Freiheitsgrade*
 - *Kugelgelenk: max. 3 FG Rotation aber keine Translation*
 - *Kopf: kugelförmig, konvex; Pfanne: kugelförmig, konkav*
 - *Schultergelenk, Humeroradialgelenk, Fingergrundgelenke, Hüftgelenk, Zehengrundgelenke*



Diarthrosen mit 2 Rotationsfreiheitsgraden

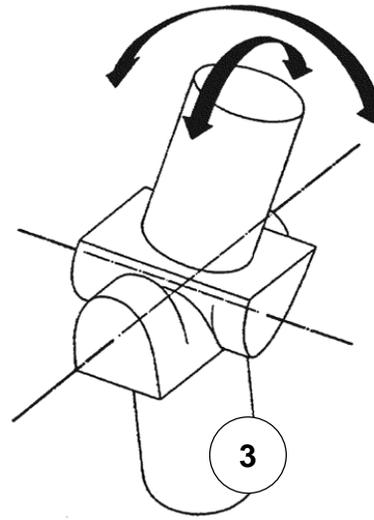
- *Eigelenk*

- *keine Translation, keine Rotation um Längsachse*
- *Kopf und Pfanne eiförmig (Ellipse), Pfanne stark deformierbar*
- *Radiokarpalgelenk*



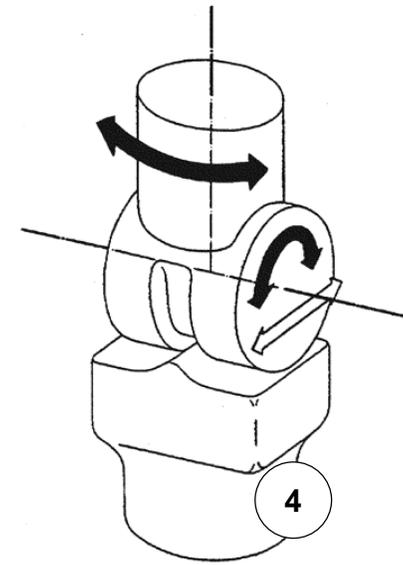
- *Sattelgelenk*

- *keine Translation*
- *Kopf und Pfanne über Kreuz konvex-konkav*
- *Daumensattelgelenk, 3. Rotationsachse: geringe Bewegung durch lockere Bandführung*



- *Kondylengelenk*

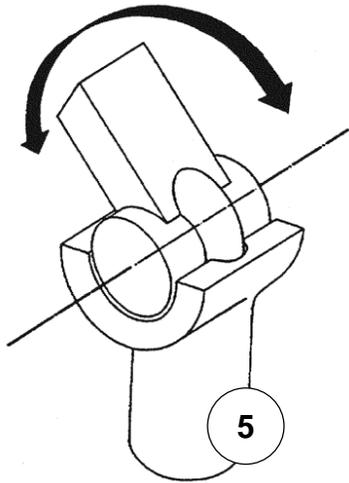
- *max. 1 FG Translation*
- *Condylus = Gelenkrolle, typisch 2 (bikondyläres Gelenk), entsprechende Pfannen \pm plan*
- *1 Kammer: Kniegelenk, 2 Kammern: Kiefer- und Atlantoakzipitalgelenk*



Diarthrosen mit 1 Rotationsfreiheitsgrad

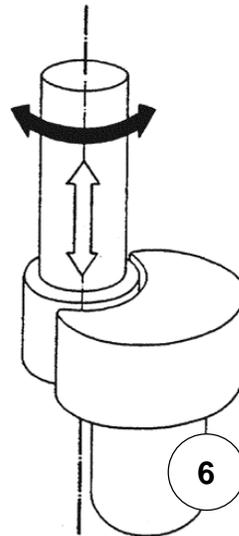
- *Scharniergelenk*

- *Translation verhindert durch Gelenkform (und Bandapparat)*
- *Kopf (Trochlea) und Pfanne annähernd walzenförmig*
- *Humeroulnargelenk, Interphalangealgelenke, oberes Sprunggelenk*



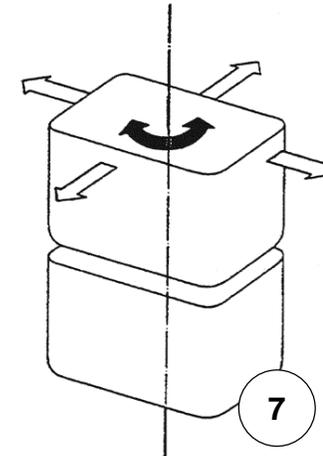
- *Rad- = Zapfengelenk*

- *max 1 FG Translation (verhindert durch Bandapparat)*
- *Kopf rad- oder zapfenförmig, Rotation um Längsachse*
- *proximales Radioulnargelenk, Atlantoaxialgelenk*



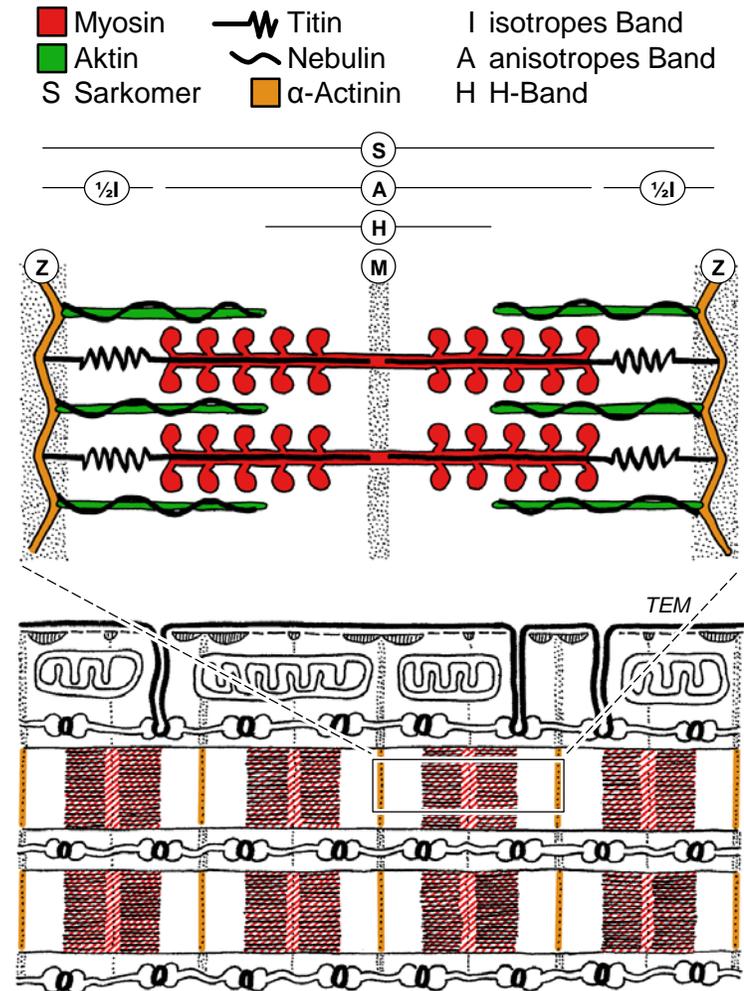
- *Planes Gelenk*

- *max. 2 FG Translation, 1 FG Rotation (oft blockiert)*
- *± plane Gelenkfläche*
- *Femoropatellargelenk, Facettengelenke; Amphiarthrosen: Hand- und Fusswurzel, Iliosakralgelenk*



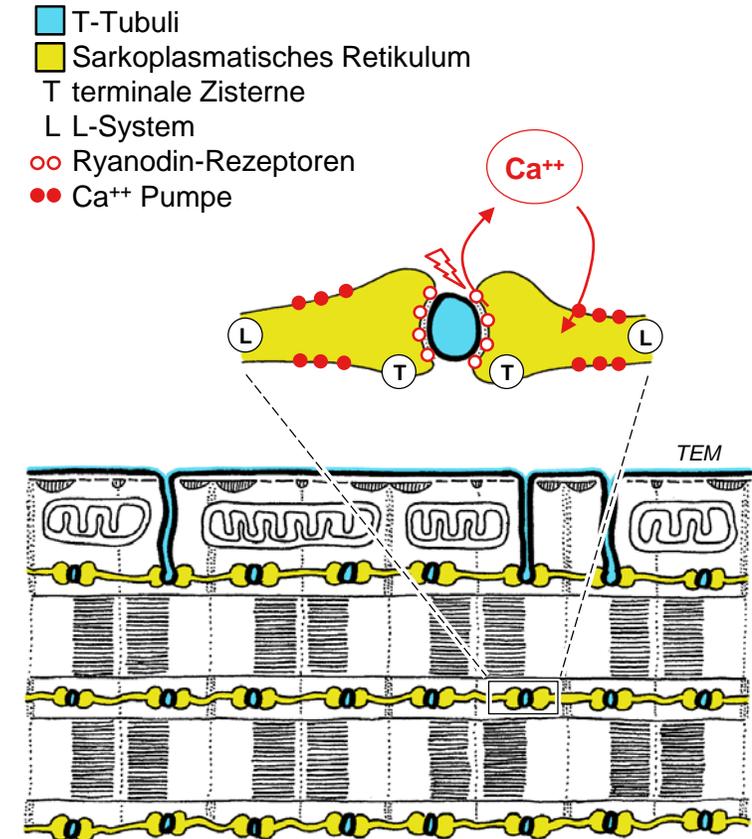
Myofibrille

- *Sarkomer*
 - *repetierte Grundeinheit der Myofibrille, zwischen Z-Scheiben*
 - *Aktinfilamente (7nm x 1µm) ↔ Myosinfilamente (15nm x 1.5µm), Verhältnis am Querschnitt 6 Aktin : 3 Myosin, A/H/I Band*
 - *Myosin: 300 Schwänze → Filament, Köpfe → Kontakt mit Aktin*
 - *Tropomyosin blockiert Bindung von Myosin an Aktin, Freigabe durch Ca⁺⁺ Bindung an Troponin C → Kontraktion*
 - *Aktin verankert in Z-Scheibe (α-Actinin, Cap Z), stabilisiert durch Nebulin-Filamente*
 - *Myosin verankert und querverbunden in M-Scheibe*
 - *Titin: 10% Muskelprotein, superdünne Filamente >30,000 AS, Rückstellfeder und Überdehnungsbremse für Sarkomer*
- *Myofibrille*
 - *Durchmesser 0.5-1µm*
 - *2500-3500 pro Skelettmuskelfaser, so lang wie diese*
- *Kontraktion*
 - *Aktin zwischen Myosin-Filamente zum M-Streifen hin gezogen, A-Band wird NICHT schmaler, nur I-Band und H-Band*
 - *max Verkürzung um 40%, 3.3 → 2.0µm*



Elektromechanische Koppelung

- *Elektromechanische Koppelung*
 - *Erregung (Aktionspotential am Sarkolemm) führt zur Kontraktion*
- *T-Tubuli*
 - *tubuläre Einsenkungen des Sarkolemm*
 - *umgeben Myofibrille am A-I Übergang*
 - *leiten Aktionspotential vom Sarkolemm in Faser hinein*
- *Sarkoplasmatisches Retikulum*
 - *vom endoplasmatischen Retikulum abgeleiteter intrazellulärer Ca^{++} Speicher*
 - *2 Terminale Zisternen begleiten T-Tubuli um Myofibrille: Triade*
 - *L-System longitudinal, verbindet terminale Zisternen*
 - *Ryanodin Rezeptoren: spannungsgesteuerter Ca^{++} Kanal in terminaler Zisterne, aktiviert durch Depolarisation des T-Tubulus*
 - *Ca^{++} Pumpen im L-System: sofortige Wiederaufnahme des Ca^{++}*



3 Zytoskelettsysteme der Skelettmuskelfaser

- *subsarkolemmal = kortikal*
 - *speziell ausgebautes Membranskelett mit 3 Filamentsystemen*
 - *reifenartige Verstärkung: starker Doppelreifen um Z-Scheibe (Costamere), feines Band um M-Scheibe*
 - *laterale Kraftübertragung auf Basallamina und EZM, geordnetes Plissieren des Sarkolemm bei Kontraktion*
- *perisarkomerisch*
 - *Schlingen um Myofibrillen, Brückenbildung zwischen Fibrillen, Verbindung von Fibrillen zu Sarkolemm*
 - *Ausrichtung der Myofibrillen, intrazelluläre Kraftübertragung*
- *sarkomerisch (Myofibrille)*
 - *Zytoskelettproteine, die Myofibrillen aufbauen*
 - *Krafterzeugung für Kontraktion*
 - *endständiges sarkomerisches Aktin: Kraftübertragung von Fibrillenende auf Basallamina und EZM via Fokalkontakte*
- *Duchenne-Muskeldystrophie*
 - *Mutation im Gen für Dystrophin (X-Chromosom)*
 - *insuffizientes kortikales Zytoskelett, ev. auch Dysfunktion der Satellitenzellen → Faserdegeneration, Muskelschwund*

subsarkolemmal

- **Aktin*** ↔ Talin/Vinculin¹ ↔ Integrin² ↔ BL/EZM
- **Dystrophin** ↔ Dystroglycan/Sarcoglycan² ↔ BL/EZM (Utrophin: neuromuskuläre Synapse)
- **Spektrin** ↔ Ankyrin¹ ↔ Aktin/Dystrophin

*nicht sarkomerisch

peri-sarkomerisch

- **Desmin** (va. Z-Scheibe), **Keratin** (va. M-Scheibe)

sarkomerisch

- **Aktin***, Nebulin, α-Actinin¹, Titin, **Myosin**
- Fokalkontakte: Aktin* ↔ α-Actinin¹ ↔ Integrin² ↔ BL/EZM

*sarkomerisch

¹Adaptorproteine, ²Transmembranproteine

