

ETH

Eidgenössische Technische Hochschule Zürich
Swiss Federal Institute of Technology Zurich



**Universität
Zürich^{UZH}**

Allgemeine Anatomie III

Gelenke, Muskel

David P. Wolfer

Institut für Bewegungswissenschaften und Sport, D-HEST, ETH Zürich
Anatomisches Institut, Medizinische Fakultät, Universität Zürich

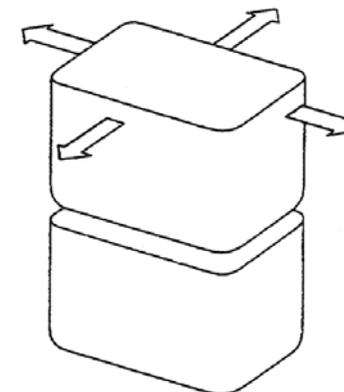
376-0905-00

Funktionelle Anatomie des menschlichen Bewegungsapparates

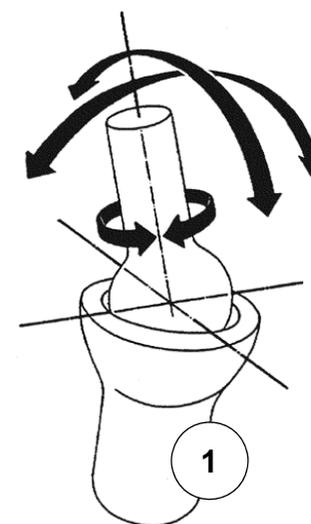
Di 03.03.2015

Systematik der Diarthrosen, Kugelgelenk

- *Freie Bewegung: 6 Freiheitsgrade*
 - *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, anatomisch max. 2 Freiheitsgrade*
- *7 Gelenktypen: Geometrie und Anatomie*
 - *geometrische Modelle nur Näherung*
 - *Einschränkung der Bewegung: knöcherner und Bandführung; sowie Weichteile, fehlende Muskelkraft, zusammengesetzte und verbundene Gelenke*
 - *auch «unmögliche» Bewegungen z.T. möglich: Gelenkknorpel deformierbar, bewegliche Disci articulares / Menisken, Bandführung mit Spiel*
- *3 Rotations-Freiheitsgrade*
 - *Kugelgelenk: max Rotation aber keine Translation*
 - *Kopf: kugelförmig, konvex; Pfanne: kugelförmig, konkav*
 - *Schultergelenk, Humeroradialgelenk, Fingergrundgelenke, Hüftgelenk, Zehengrundgelenke*



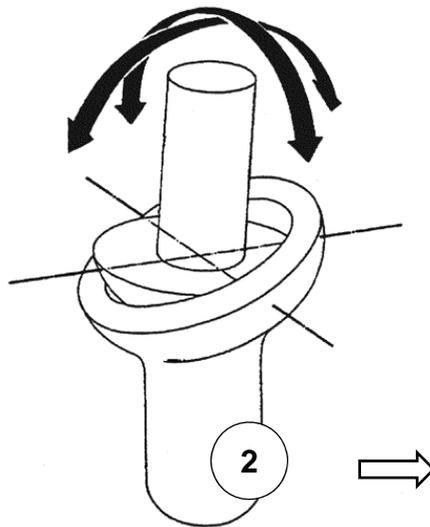
→ Translation
↻ Rotation



Diarthrosen mit 2 Rotationsfreiheitsgraden

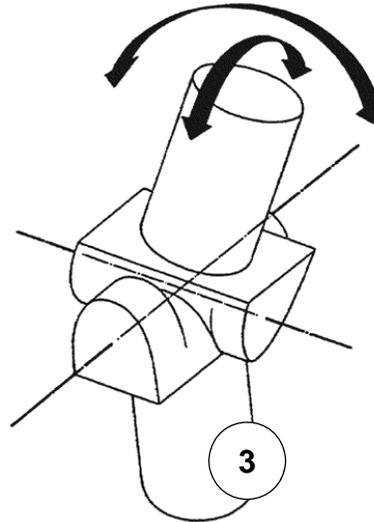
- *Eigelenk*

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



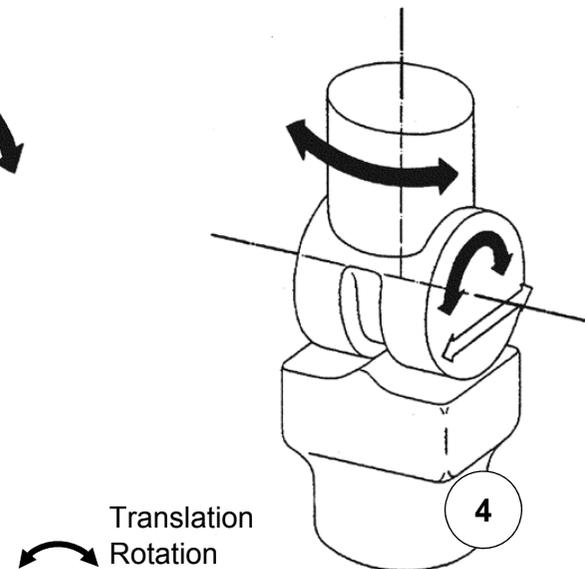
- *Sattelgelenk*

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



- *Kondylengelenk*

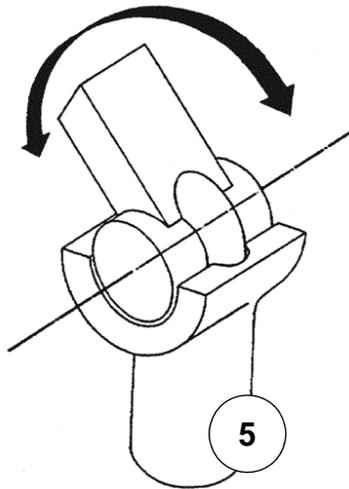
- *max. 1 FG Translation*
- *Condylus = Gelenkrolle, typisch 2 (bikondyläres Gelenk), Pfanne plan*
- *1 Kammer: Kniegelenk, 2 Kammern: Kiefer- und Atlantookzipitalgelenk*



Diarthrosen mit 1 Rotationsfreiheitsgrad

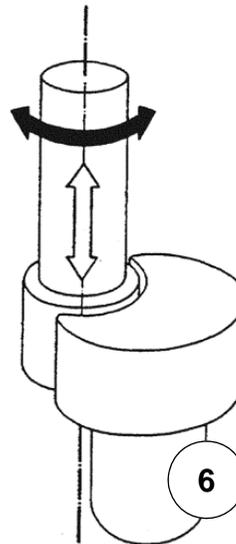
- *Scharniergelenk*

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



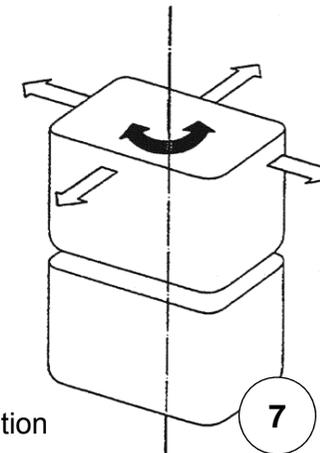
- *Rad- = Zapfengelenk*

- *Translation verhindert*
- *Kopf rad- oder zapfenförmig, Rotation um Längsachse*
- *proximales Radioulnargelenk, Atlantoaxialgelenk*



- *Planes Gelenk*

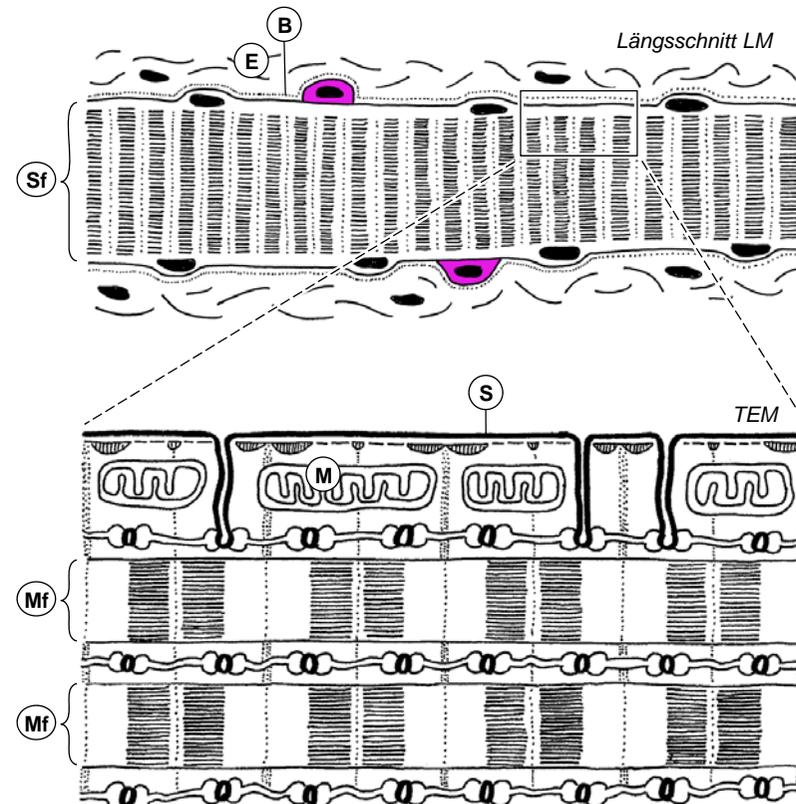
- *max. 2 FG Translation, Rotation oft blockiert*
- *± plane Gelenkfläche*
- *Femoropatellargelenk, Facettengelenke; Amphiarthrosen: Hand- und Fusswurzel, Iliosakralgelenk*



Skelettmuskelfaser

- *Entwicklung bis 1. Jahr*
 - *Myoblasten aus Somite / Myotom (Spinalnerven →) und Schlundbogen-Mesenchym (Hirnnerven →): Proliferation, Migration*
 - *muskelspezifische Transkriptionsfaktoren (MyoD, Myf5, Myogenin, MFR4) → Differenzierung*
 - *Fusion zu Myotuben (Synzytium), Aufbau von Myofibrillen*
- *Morphologie*
 - *Faser 10-100 µm x bis 10 cm, 50/mm Kerne peripher unter Sarkolemm*
 - *85% Sarkoplasma → Myofibrillen → Querstreifung (ab Ende 3. SS Monat)*
- *Satellitenzellen*
 - *ruhende Myoblasten, zwischen Sarkolemm und Basallamina, 1% der Zellkerne, ca. 800/mm³*
 - *Muskelhypertrophie, Faserreparatur*

Sf	Skelettmuskelfaser	E	Endomysium
Mf	Myofibrille	B	Basallamina
		S	Sarkolemm
		●	Zellkerne
		M	Mitochondrien
			
	Satellitenzelle		



Myofibrille

- *Sarkomer*

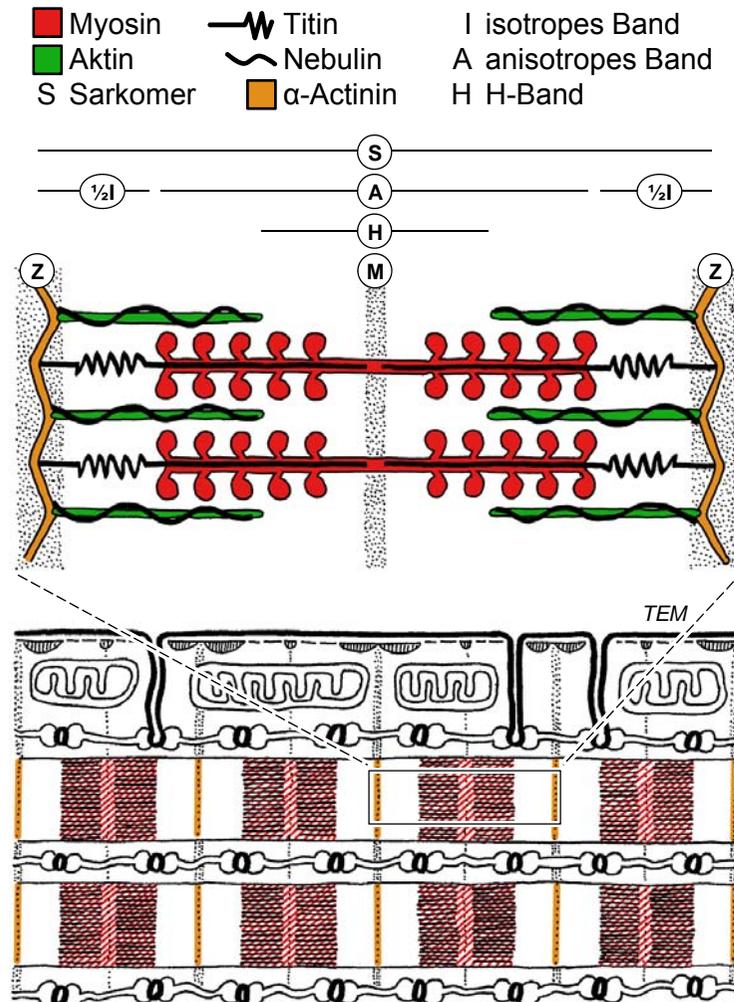
- *repetierte Grundeinheit*
- *je 6 Aktinfilamente (7 nm x 1 µm) um 1 Myosinfilament (15 nm x 1.5 µm)*
- *Myosin: 300 Schwänze → Filament, Köpfe → Kontakt mit Aktin, moduliert durch Tropomyosin & Troponin C*
- *Aktin verankert in Z-Scheibe (α-Actinin, Cap Z), stabilisiert durch Nebulin*
- *Titin: 10% Muskelprotein, >30,000 AS, Rückstellfeder, Überdehnungsbremse*
- *Myosin querverbunden in M-Scheibe*

- *Myofibrille*

- *Durchmesser 0.5-1 µm*
- *2500-3500 / Faser, so lang wie diese*

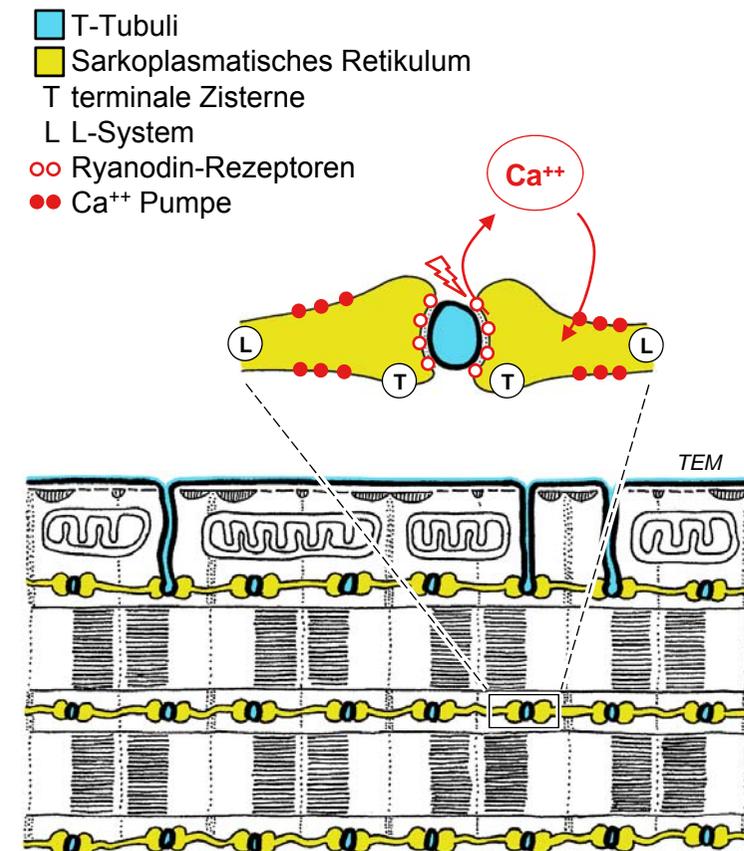
- *Kontraktion*

- *Aktin gegen Myosin verschoben, A-Band wird nicht schmaler*
- *max Verkürzung 40%, 3.3 → 2.0 µm*



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 ins Zellinnere*
- *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: 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/EZM, Plissieren des Sarkolemm bei Kontraktion*
- *perisarkomerisch*
 - *Schlingen um Myofibrillen, Brücken zwischen Fibrillen und zu Sarkolemm*
 - *Ausrichtung der Myofibrillen, intrazelluläre Kraftübertragung*
- *sarkomerisch (Myofibrille)*
 - *Zytoskelettproteine der Myofibrillen*
 - *Krafterzeugung für Kontraktion*
 - *terminale Kraftübertragung auf Basallamina/EZM durch Fokalkontakte*

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

