

ETH

Eidgenössische Technische Hochschule Zürich
Swiss Federal Institute of Technology Zurich



**Universität
Zürich** UZH

Allgemeine Anatomie II

Knochen, Knorpel, Gelenke

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

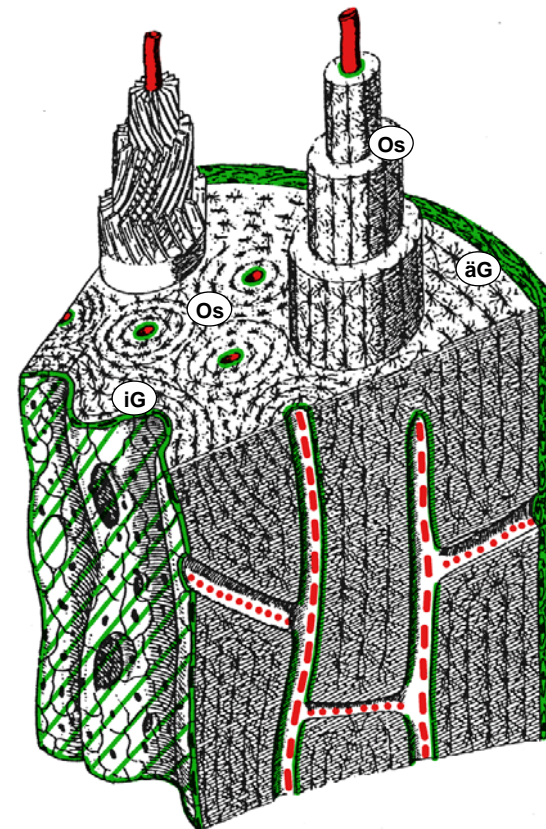
Di 18.02.2014

Mikroanatomie des Knochengewebes

- *Osteozyten-Netzwerk*
 - *Fortsätze in Kanälchen, Gap Junctions*
- *Geflechtknochen*
 - *Kollagenfibrillen 3D verflochten, Osteozyten zufällig verteilt, biomechanisch minderwertig*
 - *Vorkommen: Osteogenese, Frakturheilung (Kallus), Pars petrosa des Os temporale*
- *Lamellenknochen*
 - *3-5µm dicke Lamellen, Osteozyten dazwischen*
 - *Kollagenfibrillen in Lamelle parallel, Richtung wechselt von Lamelle zu Lamelle*
 - *längliche hexagonale Hydroxyapatitkristalle (45% Feuchtgewicht) parallel zu Fibrillen*
 - *Fibrillen → Zugfestigkeit, Kristalle → Druckfestigkeit, Verbund → Biegefestigkeit*
 - *Compacta: Osteone mit 5-20 Osteonlamellen und Havers-Kanal, Volkmann-Kanäle quer, innere und äussere Generallamellen*
 - *Spongiosa: flache Lamellen, keine Kanäle*

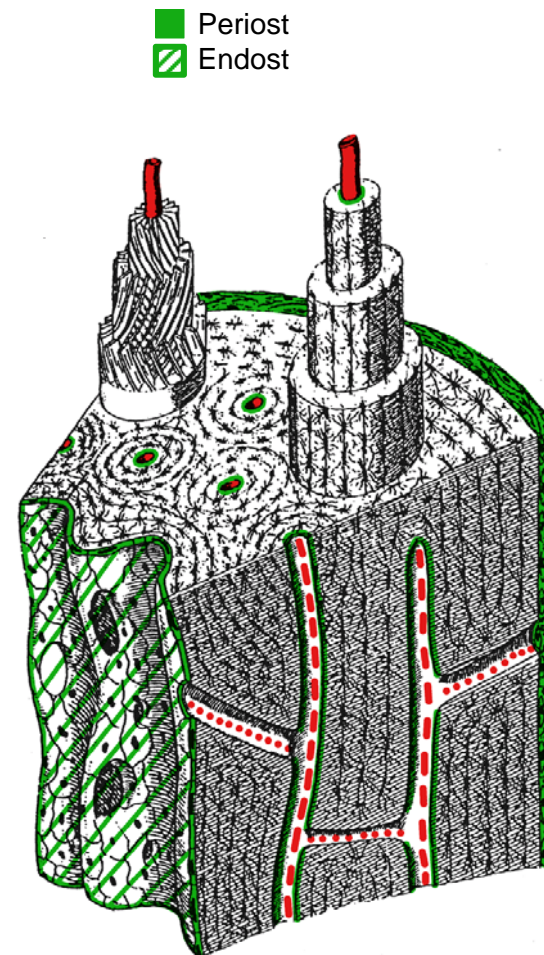
Osteon {
Os Osteonlamellen
--- Havers-Kanal
— Blutgefäss

iG innere Generallamelle
äG äussere Generallamelle
..... Volkmann-Kanal



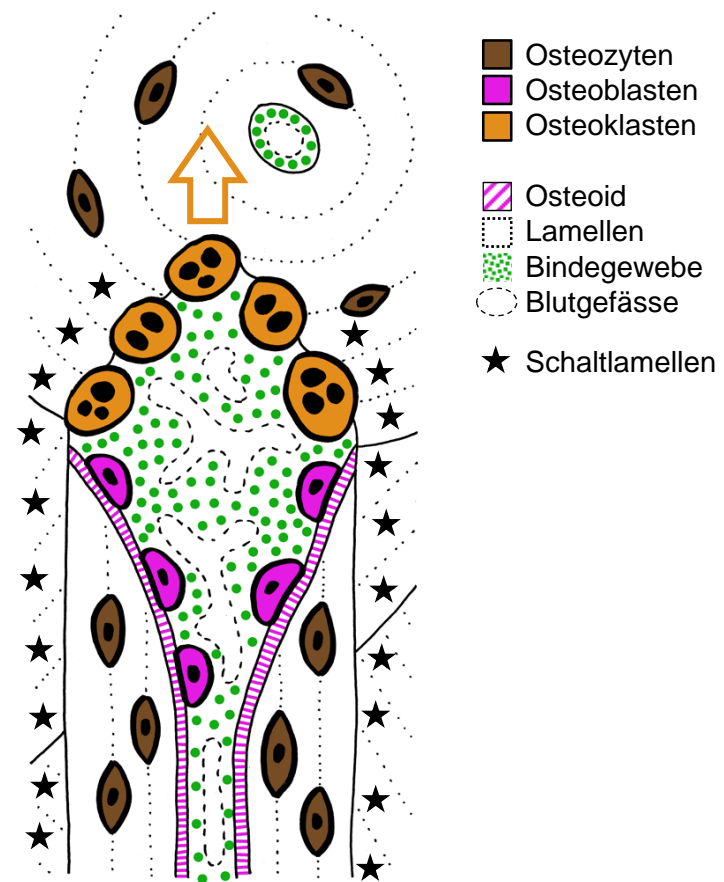
Periost und Endost

- *Periost*
 - *Oberfläche ausser Sehnen/Bandansätze*
 - *fehlt, wo Gelenkknorpel Knochen bedeckt*
 - *Faserschicht aussen: kollagenes Bindegewebe, Blutgefässe, reichlich Nervenfasern (Schmerzempfindlichkeit)*
 - *osteogenetische Schicht innen (Kambium): kontinuierliche Zell-Lage aus mesenchymalen Stammzellen, Osteoprogenitorzellen, Osteoblasten, sowie Osteoklasten*
- *Endost*
 - *Grenzschicht zwischen Knochengewebe und Knochenmark, Auskleidung Havers-Kanäle*
 - *dünne Schicht nicht mineralisierte Kollagenfibrillen, Zellschicht wie osteogenetische Schicht des Periosts*



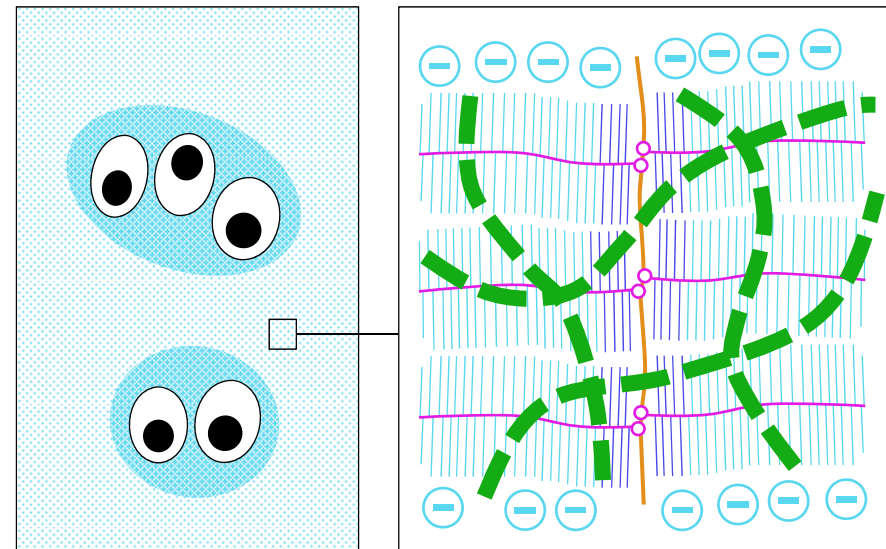
Knochenumbau

- *Knochenumbau*
 - *Abbau: Osteoklasten (H^+ Pumpe)*
 - *Aufbau: mesenchymale Stammzellen, Osteoprogenitorzellen, Osteoblasten*
 - *Materialauffrischung, Strukturanpassung, Kalzium-Mobilisation*
- *Kompakta*
 - *4% Austausch pro Jahr*
 - *Osteoklasten-Trupp → Tunnel für neues Osteon, Schaltlamellen übrig*
- *Spongiosa*
 - *28% Austausch pro Jahr*
 - *Osteoklasten → oberflächliche Lakunen*
- *Störungen*
 - *Osteoporose: ungenügende Masse*
 - *Osteomalazie: ungenügende Mineralisation*

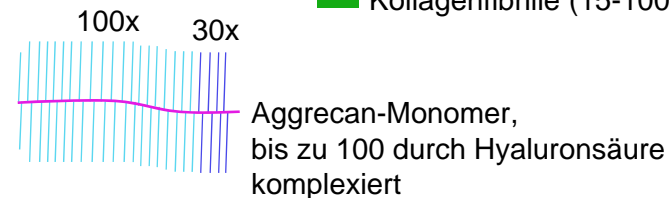


Knorpelgewebe

- *Chondrozyten*
 - *oval ohne lange Fortsätze*
 - *nur beim Kind teilungsfähig, kontrollieren Umsatz der Matrix*
- *Knorpelmatrix*
 - *Proteoglykane (PG): va. Aggrecan-Monomere, bis 4 µm grosse Komplexe durch Bindung an Hyaluronsäure*
 - *Kollagenfibrillen (II, IX, XI) maskiert durch PG, keine Faserbildung, territorial Bildung dichter Netze, interterritorial senkrecht zu Oberfläche*
 - *Elektrostatische Abstossung der polyanionischen PG, osmotischer Druck durch gefangene Kationen → H₂O-Speicherung (80%), Anspannung der Fibrillen. Entweichen bei Kompression → Druckelastizität*
- *Perichondrium*
 - *Faser- und chondrogenetische Schicht*

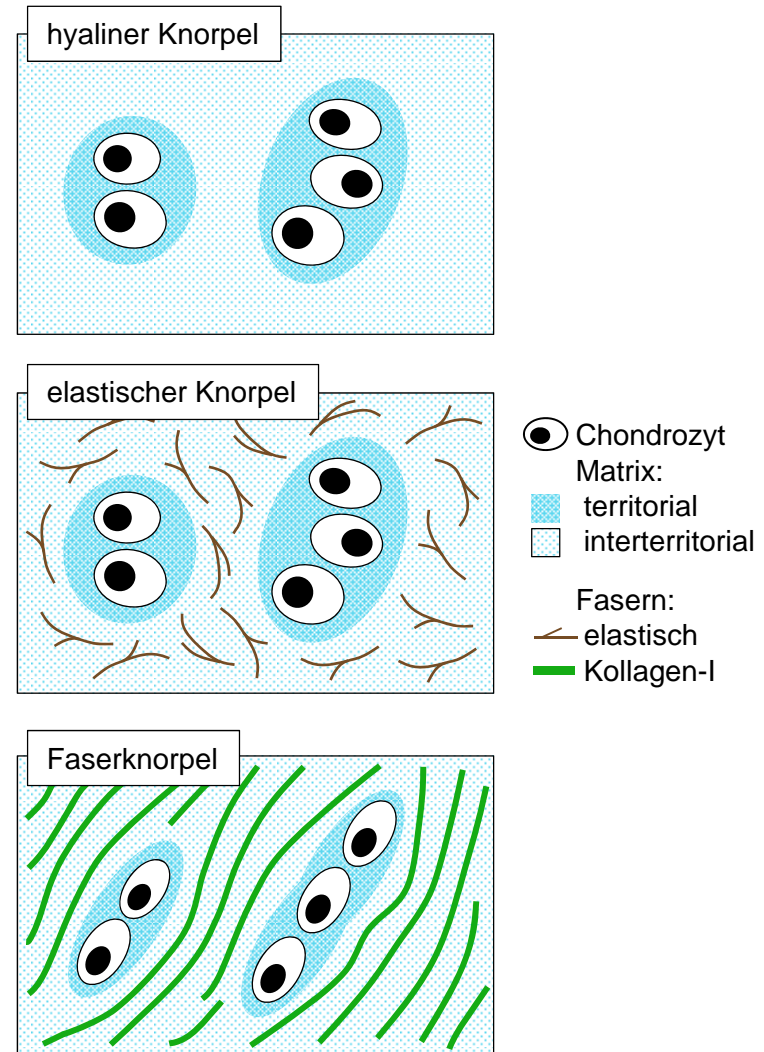


- Chondrozyt
- territoriale Matrix
- interterritoriale Matrix
- Hyaluronsäure
- Verbindungsprotein
- Kernprotein
- Chondroitin-Sulfat
- Keratan-Sulfat
- Kollagenfibrille (15-100 nm dick)



Knorpeltypen

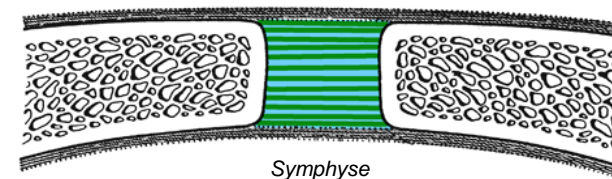
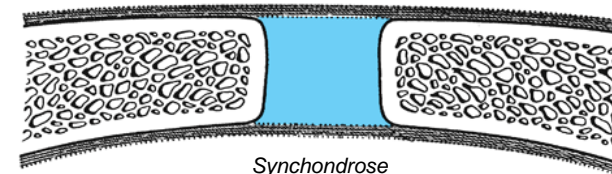
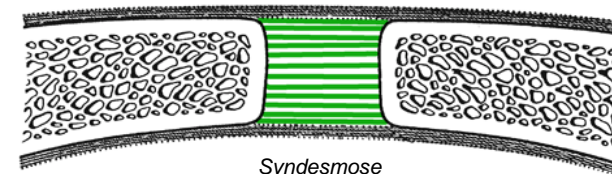
- *Hyaliner Knorpel*
 - *chondrale Osteogenese, Gelenknorpel, Rippen, Nase - Kehlkopf - Trachea - grosse & mittlere Bronchien*
 - *Grundform, wenig biegeelastisch, wenig zugfest*
- *Elastischer Knorpel*
 - *Epiglottis, kleine Bronchien, äusseres Ohr, Ohrtrumpete*
 - *demaskierte elastische Fasernetze in interterritorialer Matrix*
 - *erhöhte Biegeelastizität*
- *Faserknorpel*
 - *Discus intervertebralis, Menisken, Disci articulares (Sterno-Klavikular-Gelenk, Radio-Karpal-Gelenk, Kiefergelenk)*
 - *viele demaskierte Kollagenfasern in interterritorialer Matrix*
 - *erhöhte Zugfestigkeit*



Gelenke

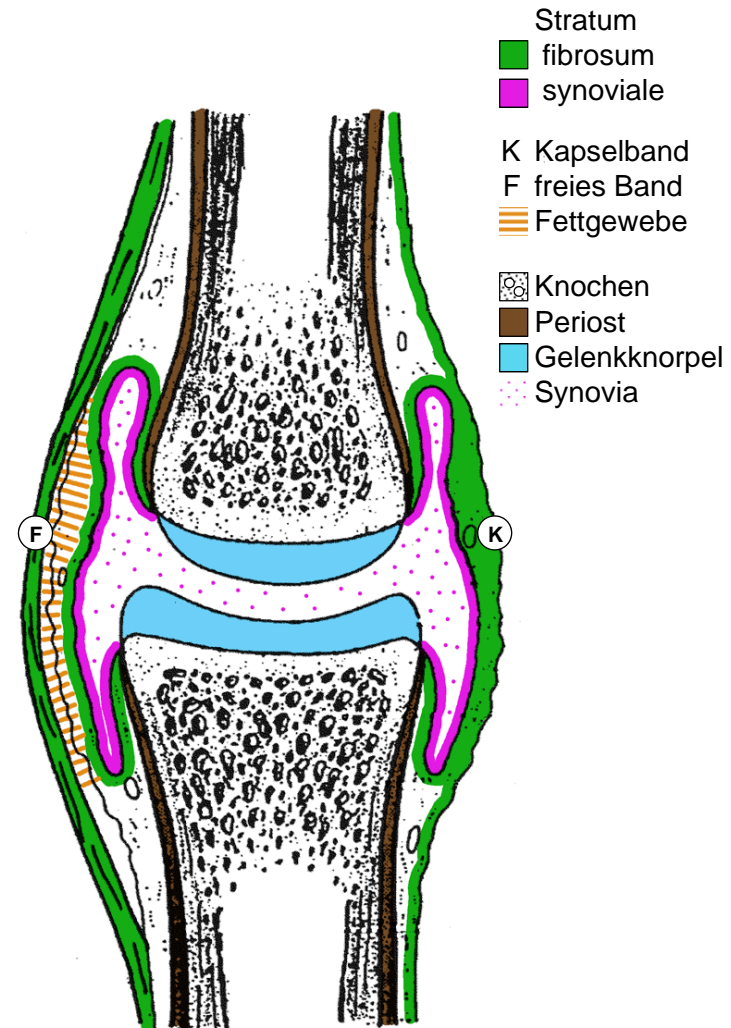
- *Diarthrose*
 - echtes Gelenk mit 1. Gelenkspalt, 2. Gelenkknorpel, 3. Synovialmembran
 - kann an Arthrose und Arthritis erkranken
- *Synarthrose (Haft)*
 - falsches Gelenk mit Gewebebrücke
 - Art. fibrosa (Bandhaft) = Syndesmose mit Bindegewebebrücke: Malleolengabel, Schädelnähte bei Jugendlichen, Zahnwurzel
 - Art. cartilaginea (Knorpelhaft): Synchrondrose (hyaliner Knorpel: Rippen, Sternum, Schädelbasis), Symphyse (Faserknorpel: Symphysis pubica, Discus intervertebralis)
 - Synostose (knöcherne Verbindung): Schädelnähte des Erwachsenen, Beckenknochen
- *Pathologie*
 - pathologische Gelenke: Hemiarthrose in Discus intervertebralis, Pseudoarthrose nach Fraktur
 - Gelenkversteifung: Ankylose, Chirurg: Arthrodesese

- straffes kollagenes Bindegewebe
- hyaliner Knorpel
- Faserknorpel



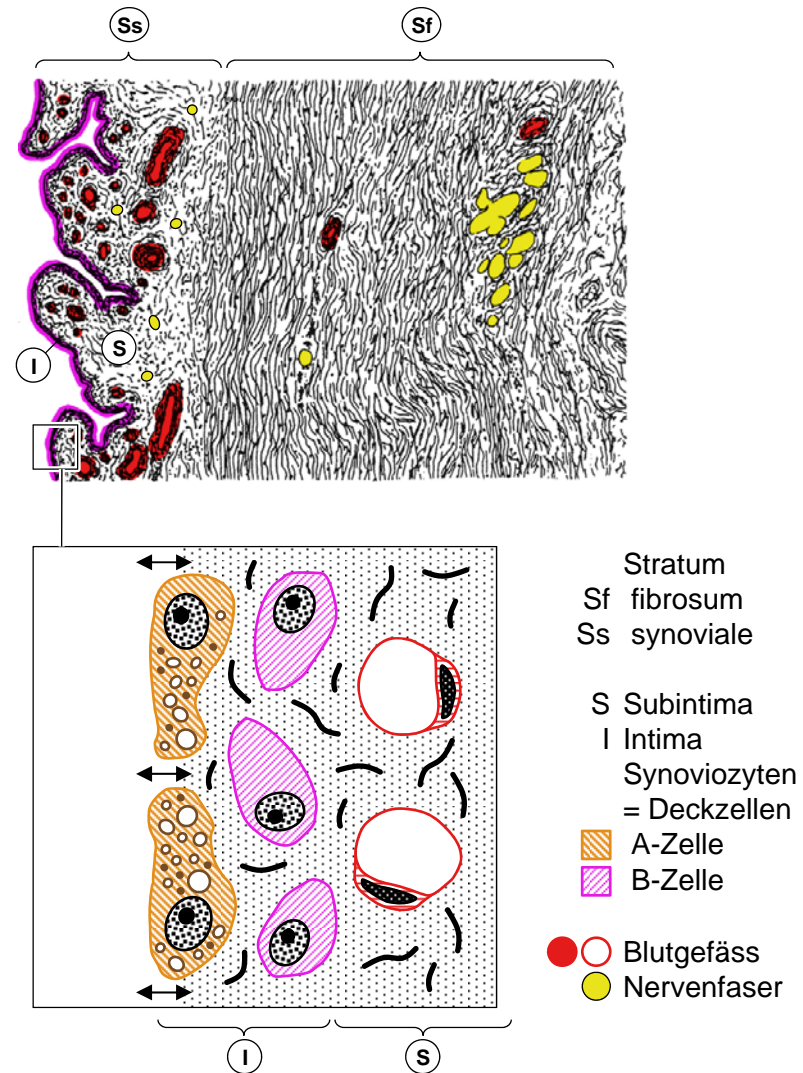
Diarthrosen

- **Gelenkkapsel**
 - *Stratum fibrosum* aussen, *Stratum synoviale* und *Gelenkknorpel* begrenzen Gelenkhöhle
- **Gelenksicherung / -Führung**
 - *passiv: knöcherner Führung, Bandführung (Kapselband, freies Band)*
 - *aktiv: Muskelführung (ev. durch Training kompensatorisch verstärkbar)*
 - *Amphiarthrose: echtes Gelenk, maximale passive Führung, minimaler Beweglichkeit*
- **Pathologie**
 - *Arthrose: Degeneration des Gelenkknorpels, 2° Knochendestruktion, Osteophyten*
 - *Arthritis: Gelenkentzündung ausgehend von Synovialmembran: rheumatisch (autoimmun), infektiös (eitrig, Borreliose nach Zeckenbiss)*
 - *Luxation = Auskugelung*
 - *Distorsion = Verstauchung, Überdehnung oder Ruptur von Kapsel und Bandapparat*



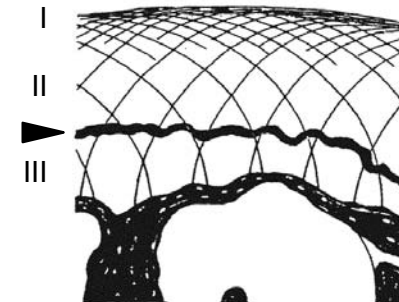
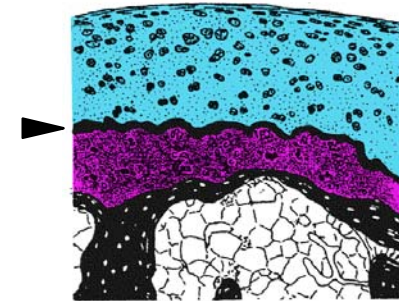
Gelenkkapsel

- *Stratum fibrosum*
 - gefässarmes straffes kollagenes Bindegewebe
- *Stratum synoviale*
 - *Subintima*: gefässreiches feinfibrilläres Bindegewebe, Falten und Zotten
 - *Intima*: lockere nicht-epitheliale Deckzellen, keine Basallamina:
A-Zellen = Makrophagen,
B-Zellen = Fibroblasten mit viel rER
- *Innervation*
 - Mechano- und Nozizeptoren
- *Synovia*
 - Gelenkschmiere: 1-3 ml, klar, bernsteinfarben, viskös
 - Fortsetzung interstitieller Flüssigkeit plus Hyaluronsäure aus B-Zellen
 - mechanische und Ernährungsfunktion



Gelenkknorpel

- *Schichtung*
 - *hyaliner Knorpel ohne Perichondrium, Ernährung via Knochen und Synovia*
 - *basophile Grenzlinie (tidemark)*
 - *mineralisierte Knorpelschicht (0.1 mm)*
 - *gesamte Dicke 1-4 mm, Patella 8 mm*
- *Mechanik*
 - *Stossdämpfer, Druckverteilung, Ausgleich imperfekter Gelenksgeometrie*
 - *bogenförmiger Verlauf der bis 100 nm dicken Fibrillen, tangentiale Fibrillen bevorzugt trajektorieell ausgerichtet (Zugkraftlinien) → Knorpelspaltlinien*
 - *periphere tangentiale Fibrillen strahlen in Synovialmembran ein, radiäre in den Knochen*
 - *Knorpel mit Kortikalis der Epiphyse verzahnt*
 - *stufenweiser Übergang der Materialeigenschaften*



I Tangentialzone
II Übergangszone
III Radiärzone

■ hyaliner Knorpel
▲ Grenzlinie
■ mineralisierter Knorpel
■ Knochen