
Allgemeine Histologie

Binde- und Stützgewebe

David P. Wolfer

Institut für Bewegungswissenschaften und Sport, D-HEST, ETH Zürich

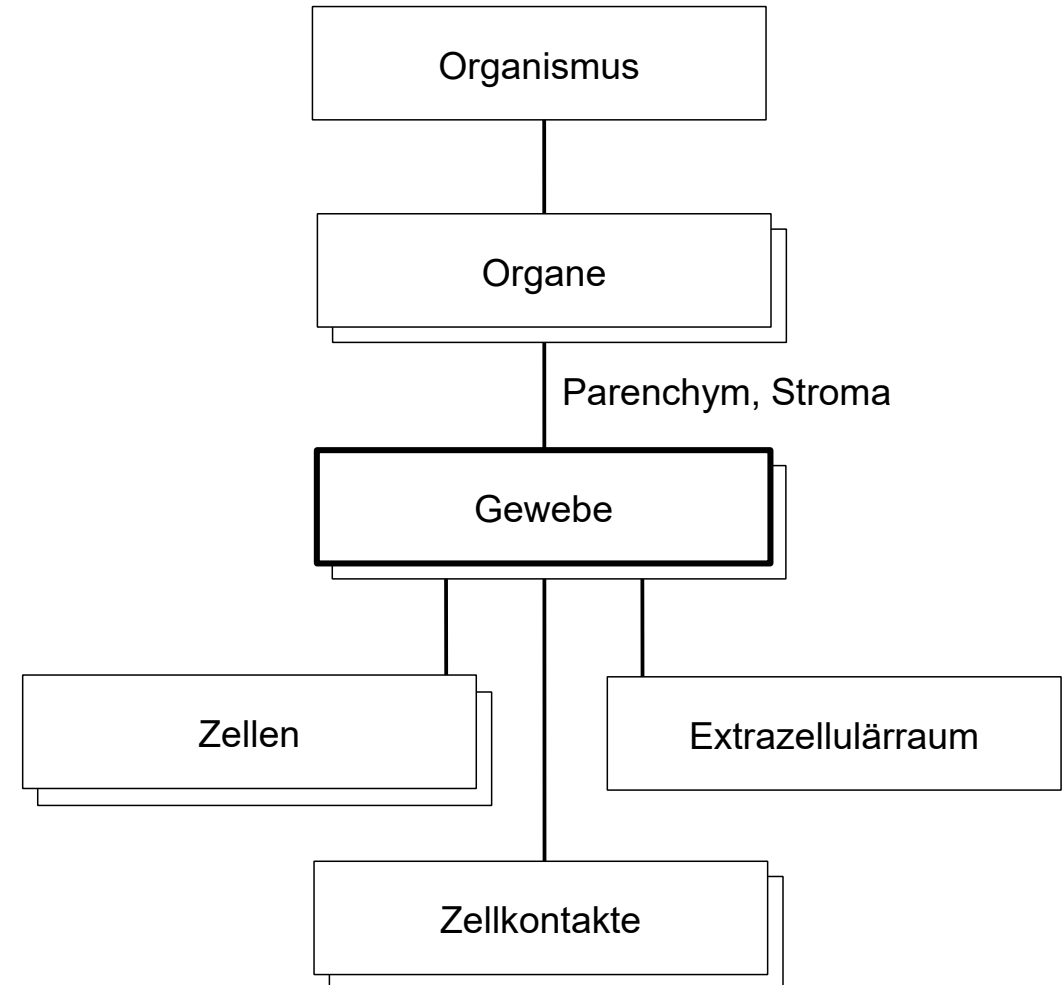
Anatomisches Institut, Medizinische Fakultät, Universität Zürich

376-0151-00 Anatomie und Physiologie I

Do 21.09.2023 10:15-12:00

Gewebe

- Mehrzelliger Organismus
 - Aufgabenteilung, Spezialisierung der Zellen
- Gewebe = Verband sesshafter Zellen
 - gleichsinnige Differenzierung und Spezialisierung auf gemeinsame Funktion → Funktionsgemeinschaft
 - Zellen nicht immer gleich aussehend: Subspezialisierung, Lebenszyklus
 - Zusammenhalt und Kommunikation zwischen Zellen: Extrazellulärraum (extrazelluläre Matrix), Zellkontakte
- Organe bestehen aus mehreren Geweben
 - Parenchym: organspezifisch und funktionstragend, unterscheidet sich stark von Organ zu Organ
 - Stroma (meist Bindegewebe): mechanisches Gerüst, Organisator der Struktur und Form, Versorgung (Raum für Blutgefäße, Lymphgefäße und Nervenfasern), Abwehr. Gemeinsame Funktion: Stroma verschiedener Organe relativ ähnlich
 - strukturelle und funktionelle Hierarchie: Organismus - Organe - Gewebe - Zellen



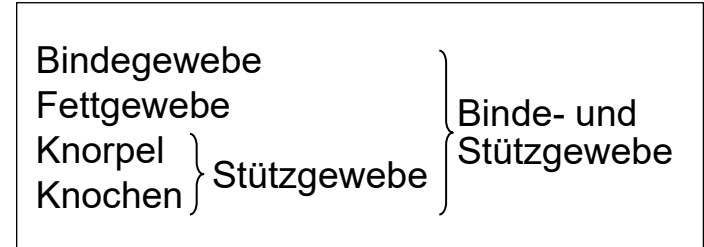
Gewebefamilien / Grundgewebe

- Grosse Gewebevielfalt durch Zelldifferenzierung und Spezialisierung
 - Zusammenfassung zu 4 Grundgewebe mit gemeinsamen Eigenschaften
 - unterscheidbar durch Funktion, Zellform, Anteil Extrazellulärraum
 - alle Grundgewebe weiter in Subtypen unterteilbar
 - Organe enthalten mindestens 2, meistens alle 4 Grundgewebe

	Anteil EZR	Funktionen
Binde- und Stützgewebe	+ bis +++	Struktur, Versorgung, Speicherung, Abwehr, Stroma - Parenchym von Fett, Knochen, Knorpel
Epithelgewebe	(+)	Oberflächen, Drüsen, Rezeptoren, Parenchym innerer Organe
Muskelgewebe	(+) bis +	Kontraktion, Parenchym des Muskels
Nervengewebe	(+)	Übermittlung, Verarbeitung und Speicherung von Informationen, Parenchym des Nervensystems

Binde- und Stützgewebe, gemeinsame Eigenschaften

- **Fixe Zellen (obligatorisch)**
 - lokale Entstehung aus Vorläuferzellen, ev. Vermehrung durch Teilung
 - **Freie Zellen (optional)**
 - frei ein/auswandernde Zellen des Immunsystems, Vorläufer im Knochenmark
 - residente Makrophagen: Einwanderung im Embryo, lokale Vermehrung unabhängig vom Knochenmark (Alveolarmakrophagen, von Kupffer-Zellen, Langerhans-Zellen, Nierenmakrophagen, Osteoklasten, Chondroklasten, Mikrogliazellen, Synovialzellen)
 - **Extrazelluläre Matrix**
 - überwiegender Volumenanteil, Bildung und Unterhalt durch fixe Zellen
 - ungeformte und geformte (Fasern, ev. Hydroxyapatitkristalle) Bestandteile
 - **Fasern**
 - kollagen: unverzweigt, zugfest, Wellenform, Scherengitter
 - elastisch*: verzweigt, 150% dehnbar, Netz- und Membranbildung
 - **Ungeformte EZM-Bestandteile**
 - Proteoglykane*: Wasserbindung → Gewebeturgor, Viskosität, vernetzen Fasern
 - Adhäsionsproteine: Zusammenhalt EZM und Verbindung mit Zellen
- * Alterung: Abnahme der Proteoglykane und elastischen Fasern



Zellen

fix, sesshaft
frei, mobil

Unterhalt EZM
Abwehr

extrazelluläre Matrix EZM

Kollagenfasern
elastische Fasern
Hydroxyapatit

geformt

Proteoglykane
Adhäsionsproteine

ungeformt

Kollagen, Kollagenfasern

- Prokollagen
 - intrazellulär: Synthese von Prokollagen (3 Proteinuntereinheiten → 300 nm lange stabförmige Tripelhelix) und posttranslationelle Stabilisierung (benötigt Vitamin C, bei Mangel Skorbut)
 - Exozytose, extrazellulär: Abspaltung Propeptide, lösliches Prokollagen → unlösliches Kollagen mit «sticky ends»
- Kollagenfibrille (EM)
 - Kollagenmoleküle versetzt aggregiert: Querstreifung im TEM, Ø 20-300 nm
 - kovalente Vernetzung der Kollagenmoleküle erhöht Zugfestigkeit
- Kollagenfaser (LM)
 - Fibrillen lagern sich bei Bedarf zu Bündeln = Fasern zusammen, Ø 1-20 µm
- Proteinfamilie: 28 Kollagentypen, wichtigste:
 - fibrillär (bildet Fibrillen, ev. Fasern):
 - Typ I (>90%, Fasern: kollagenes Bindegewebe, Fibrillen + Hydroxyapatit: Knochen),
 - Typ II (Fibrillen: Knorpel, Glaskörper),
 - Typ III (retikuläre Fasern: retikuläres Bindegewebe, Fettgewebe; Fibrillen: Basalmembran)
 - nicht fibrillär (bildet keine Fibrillen): Typ IV (Komponente der Basallamina)
 - nur ultrakurze Ankerfibrillen: Typ VII (Verbindung Oberhaut ↔ Lederhaut)



Bindegewebe

- Zellen
 - fix: Fibrozyten = Fibroblasten: Gewebe- und Organorganisatoren, teilungsfähig: Stammzellen für Regeneration, Narben- und Ersatzgewebe
 - frei: wenig bis viel je nach Bindegewebetyp, vermehrt bei Entzündung
- Kollagenes Bindegewebe
 - Kollagen Typ I Fasern, variable Menge elastische Fasern
 - locker («zellreich», viele freie Zellen, feine Fasern) → Versorgungs- und Abwehrfunktion im Vordergrund: Organfeingerüst, Lamina propria in Schleimhäuten, Verschiebeschichten, Gefäß-Nerven-Strassen
 - straff («zellarm», dicke Fasern) → hauptsächlich mechanische Funktion:
 - geflechtartig: Organkapsel, Lederhaut, harte Hirnhaut, Sklera (Augapfel)
 - parallelfasrig: Sehnen, Bänder
- Retikuläres Bindegewebe
 - retikuläre Fasern (durch Silberreaktion färbbar): Kollagen Typ III
 - Fibroblasten heissen (fibroblastische) Retikulumzellen, viele freie Zellen
 - nur Knochenmark und sekundäre lymphatische Organe, nicht im Thymus
- Elastisches Bindegewebe
 - elastische Fasern +++, Kollagen Typ I Fasern
 - Nackenband, Wirbelbogenbänder, Kehlkopf, Luftröhre, Lunge

Bindegewebe	} Binde- und Stützgewebe
Fettgewebe	
Knorpel	
Knochen	

} Stützgewebe

Zellen

fix, sesshaft frei, mobil

Fibrozyten + bis +++

extrazelluläre Matrix EZM

Kollagenfasern elastische Fasern Hydroxyapatit
--

Typ I / III - bis +++ nein

Proteoglykane Adhäsionsproteine

+
+

Fettgewebe

- Zellen

- fix: Adipozyten, nicht teilungsfähig, Ersatz aus Vorläuferzellen, gross, lassen relativ wenig Extrazellulärraum übrig (Ausnahme!)
- frei: selten, vermehrt bei Entzündung

- Weisses Fettgewebe

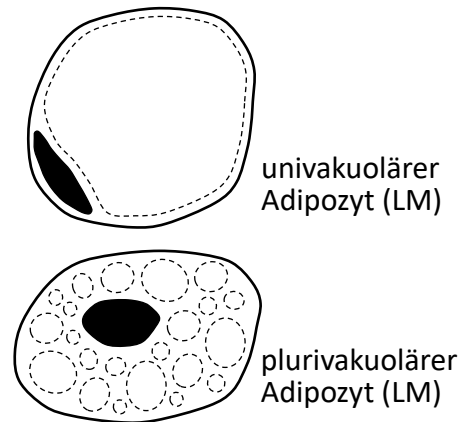
- univakuoläre Adipozyten, umgeben von retikulären Fasernetzen (Kollagen III)
- Fettgewebeläppchen umgeben durch kollagenes Bindegewebe (Stroma)
- Speicherfett: je nach Kalorienbilanz auf/abgebaut (Unterhaut, Bauchhöhle)
- Baufett: Strukturfunktion, nicht abgebaut (Fusssohle, Hohlhand, Augenhöhle, Fettkapsel der Niere, Gelenke, Kehlkopf, Ersatzgewebe)

- Braunes Fettgewebe

- plurivakuoläre Adipozyten, gemeinsame Vorläufer mit Muskelzellen, Säuglinge bis Erwachsene
- UCP1 (uncoupling protein 1) in Mitochondrien: zitterfreie Bildung von Wärme statt ATP

- Beiges Fettgewebe

- UCP1 in Subpopulation von univakuolären Adipozyten induzierbar, flexibles Umschalten zwischen Wärmebildung und Speicherung



Bindegewebe	} Binde- und Stützgewebe
Fettgewebe	
Knorpel } Stützgewebe Knochen }	

Zellen

fix, sesshaft frei, mobil

Adipozyten selten

extrazelluläre Matrix EZM

Kollagenfasern elastische Fasern Hydroxyapatit
--

Typ III nein nein

Proteoglykane Adhäsionsproteine

wenig EZM wenig EZM

Knorpelgewebe

- **Fixe Zellen**

- Chondrozyten isoliert in Höhlen der EZM
- Teilung oder Neubildung aus Vorläufern nur bis Ende Wachstum (Pubertät)
- Knorpel des Erwachsenen, insbesondere Gelenkknorpel nicht regenerierbar
- innerhalb Knorpelgewebe keine Bewegungsmöglichkeit für freie Zellen

- **Hyaliner Knorpel**

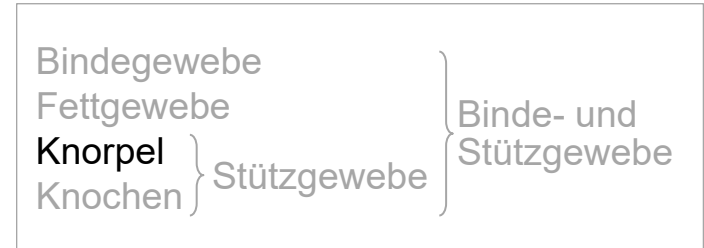
- Kollagen Typ-II Fibrillen maskiert durch Proteoglykane → EZM im LM strukturlos
- druckelastisch: +++ Proteoglykane + Kollagenfibrillen fangen Wasser ein
- Skelettentwicklung Embryo bis Pubertät (chondrale Osteogenese)
- Vorkommen beim Erwachsenen: Bewegungsapparat: (Gelenkknorpel, Rippenknorpel), Atemwege (Nase, Larynxskelett, Trachea, Bronchien)

- **Elastischer Knorpel**

- Typ-II Fibrillen, zusätzlich unmaskierte elastische Fasern
- druck- & biegeelastisch
- Auricula (äusseres Ohr), Epiglottis (Kehledeckel), kleine Bronchien

- **Faserknorpel**

- Typ-II Fibrillen, zusätzlich unmaskierte Kollagen Typ-I Fasern
- druckelastisch & zugfest
- Gelenkscheiben, Menisken, Faserring der Zwischenwirbelscheiben



Zellen

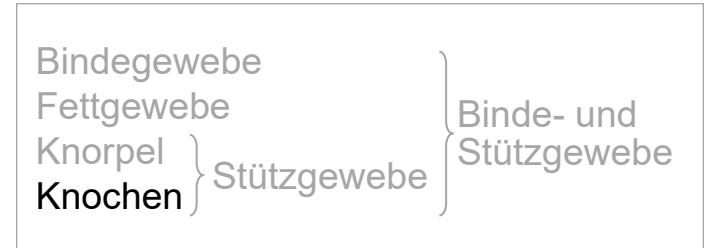
fix, sesshaft frei, mobil	Chondrozyten -
------------------------------	-------------------

extrazelluläre Matrix EZM

Kollagen elastische Fasern Hydroxyapatit	Typ II oder I+II - bis +++ (Osteogenese)
Proteoglykane Adhäsionsproteine	+++ +++

Knochengewebe

- **Fixe Zellen**
 - Osteozyten, nicht teilungsfähig, Fortsätze + Gap Junctions → Netzwerk
 - zeitlebens Ersatz aus Vorläuferzellen: Turnover, Frakturheilung
 - innerhalb Knochengewebe keine Bewegungsmöglichkeit für freie Zellen
- **Mineralisation**
 - nadelförmige Hydroxyapatit-Kristalle (Kalzium-Hydroxyl-Phosphat), in und zwischen Kollagen Typ-I Fibrillen (keine eigentlichen Fasern), zug- und druckfester Verbundwerkstoff
 - Hydroxyapatit-Kristalle zuletzt beigefügt: noch nicht mineralisierte Vorstufe der extrazellulären Matrix des Knochengewebes = Osteoid
- **Geflechtknochen**
 - extrazelluläre Matrix noch unorganisiert, Kollagenfibrillen geflechtartig angeordnet, mechanisch minderwertig
 - neugebildeter Knochen im Wachstum und bei Frakturheilung, Felsenbein der Schädelbasis lebenslang
- **Lamellenknochen**
 - Lamellen mit parallel verlaufenden Kollagenfibrillen, Richtung von Lamelle zu Lamelle wechselnd, maximale Festigkeit
 - Produkt des Knochenumbaus, vorherrschend im reifen Skelett



Zellen

fix, sesshaft
frei, mobil

Osteozyten
-

extrazelluläre Matrix EZM

Kollagen
elastische Fasern
Hydroxyapatit

Typ I
nein
+++

Proteoglykane
Adhäsionsproteine

++
++

Entstehung, Wachstum und Ersatz der Binde- und Stützgewebe

①② Stammzellen → Vorläuferzellen

- ① gemeinsamer Ausgangspunkt = mesenchymale Stammzellen: asymmetrische Teilung, → Selbsterneuerung + Bildung von Vorläuferzellen für fixe Zellen
- ② Vorläuferzellen: symmetrische Teilung → keine Selbsterneuerung, verbraucht durch Differenzierung zu Fibroblasten, Adipozyten, Chondrozyten, Osteozyten
 - Embryo: Mesenchym = embryonales «Bindegewebe» aus mesenchymalen Stammzellen, Zellfortsätze, EZM strukturlos ohne Fasern
 - Erwachsener: Fibroblasten im reifen Bindegewebe und in der bindegewebigen Knochenhaut übernehmen Stammzellfunktion

③ Teilung bereits differenzierter Zellen

- nur Fibroblasten und während Wachstum (Embryo bis Pubertät) Chondrozyten.
- Lebenslanger Knochenaufbau & -Umbau
 - Osteoblasten: Vorläufer der Osteozyten, bilden Osteoid, nicht teilungsfähig
 - Osteozyten: Mineralisation der EZM, eingemauert und nicht teilungsfähig
 - Osteoklasten: Abbau mineralisierter EZM von Oberfläche aus
- Osteogenese = Entstehung von Skelettteilen im Embryo
 - direkt = desmal: aus Mesenchymverdichtung (Clavicula, Scapula, Schädelkalotte)
 - indirekt = chondral: erst Anlage aus hyalinem Knorpelgewebe, dann Ersatz durch Knochengewebe (meiste Knochen, höhere Wachstumsraten)

- 1 asymmetrische Zellteilung
 - 2 Zellnachschub via Vorläuferzellen
 - 3 Selbsterneuerung durch Zellteilung
- nur bis Abschluss Wachstum

