

Knochen und Ossifikation

Knochenstruktur

Knochen

Organ aus vielen Gewebearten:

Knochengewebe, blutbildendes Gewebe, Knorpel, straffes Bindegewebe, Fettgewebe, Blutgefäße, Nerven

Knochengewebe

Verband von Knochenzellen mit Zwischenzellsubstanz (Matrix)

Wasser - Mineralien - Kollagen

Leichtbauweise: Zug - Druck - Torsion

Elastizität

Härte

Makroskopische Knochenstruktur

Substantia compacta / corticalis

Substantia spongiosa

Röhrenknochen, Ossa longa:

Diaphyse, Compacta

Epiphyse, Spongiosa

Metaphyse, Spongiosa

Epiphysenfuge

Blutgefäßversorgung

Arteria nutritia

mit Rami prox. / dist.

im Canalis nutritius

Aa. metaphysiales

Aa. epiphysiales

Aa. periostales

Intensive Blutversorgung

Biologische Plastizität des Knochens beruht auf seiner Vaskularisation

Erhebliche Blutverluste bei Knochenwunden

Mikroskopische Knochenstruktur

Matrix

Anorganische Matrix (75%)

Hydroxyl-Apatit-Kristalle

Kalziumphosphat 85 %

Kalziumkarbonat 10 %

Magnesiumphosphat 1,5 %

Kalziumfluorid 0,3 %

(bone seeking ions)

Organische Matrix - Osteoid (25%)

Kollagenfasern (Typ I)

Glykosaminreiche Grundsubstanz (Glykosaminoglykane, Proteoglykane,

Lipide, Peptide...)

Knochenzellen

Osteoprogenitorzellen

Abstammung: Stammzellen, persistieren nach der Geburt

Lage: im Periost und Endost

Funktion: Mitosen/Proliferation zu Osteoblasten

Osteoblasten

Abstammung: aus Osteoprogenitorzellen

Lage: an der Oberfläche von Knochenbälkchen

Funktion: produzieren nicht-mineralisierte organische Knochenmatrix,
Rezeptoren für Vitamin D3

Osteozyten

Abstammung: Osteoblasten

Lage: in Lacunae, von verkalkter Grundsubstanz umgeben

Funktion: „Erhaltungsstoffwechsel des Knochens“

Osteoklasten (Chondroklasten)

Abstammung: Fusion von Monozyten aus dem Blut

Lage: Howship-Lakunen

Funktion: Auflösung des Knochengewebes (Säure, Enzyme)

Phagozytose des Knochengewebes, Rezeptoren für Calcitonin

Matrix und Zellen im reifen Knochen

Lamellenknochen

Kollagenfaserbündel als konzentrische Lamellen in verkalkter Matrix

Osteon (griech. Knochen)

Speziallamellen

Havers-Kanal (Gefäße, Nerven)

Volkman-Kanal

Kittlinie

Schaltlamellen

Innere/äußere Grundlamellen

Periost

Lage: äußere Oberfläche, nicht an Gelenkflächen

Aufbau: Str. osteogenicum (Osteoprogenitorzellen)

Sharpey Fasern (kollagene Faserbündel zur Compacta)

Str. fibrosum (Fibroblasten, Gefäße)

Innervation: sensible Nervenfasern, Lamellenkörperchen

Funktion: Frakturheilung (Schonung des Periosts bei OP)

Endost

Lage: innere Oberfläche der Compacta, auf Spongiosa

Morphologie: Osteoprogenitorzellen

Funktion: Frakturheilung

Ossifikation - Knochenbildung

Ossifikationskerne der Röhrenknochen

primäre: Diaphyse

sekundäre: Epiphyse, Apophysen

Ossifikation der Röhrenknochen: chondral

1. perichondral

2. enchondral

Hyalines Knorpelmodell wird schrittweise durch Knochen ersetzt

Entwicklung von Osteoprogenitorzellen zu Osteoblasten

Bildung von primitivem Geflechtknochen

Perichondrale Ossifikation

Schaft des Röhrenknochens (Knorpelmodell)

Perichondrium/Periost \Rightarrow Osteoprogenitorzellen, Osteoblasten \Rightarrow Osteoid,

Mineralisierung, Osteozyten, Geflechtknochen

Enchondrale Ossifikation

Diaphyse des Röhrenknochens (Knorpelmodell)

Säulenförmige Anordnung der Chondrozyten, Hypertrophie der Chondrozyten,

Reduktion der Interzellulärsubstanz auf Septen, Verkalkung der Septen,

Degeneration der Chondrozyten \Rightarrow Angiogenese - Blutgefäße \Rightarrow

Chondroklasten aus dem Blut (Monozyten), Wachstumsfaktoren aus dem Blut,

Osteoprogenitorzellen aus Perichondrium/Periost, Osteoblasten \Rightarrow Osteoid,

Mineralisierung, Osteozyten, Geflechtknochen

Geflechtknochen

unreifes Knochengewebe

geflechtartige Anordnung der kollagenen Fibrillen

Ausdifferenzierung zum Lamellenknochen

lamelläre Anordnung der kollagenen Fibrillen

Wachstum des Knochens

Dickenwachstum

Neubildung und appositionelles Wachstum an äußerer Oberfläche

Perichondrale Ossifikation

Abbau durch Osteoklasten an innerer Oberfläche

Längenwachstum

Knorpelzellproliferation in der Epiphysenfuge

Enchondrale Ossifikation

Abschluss des Wachstums - Epiphysenfugenschluss

Linea epiphysealis

„Epiphysenfugennarbe“

Typischer Zeitpunkt

Knochenumbau - Remodeling

Regulation von Knochenauf- und -abbau

Wachstumsfaktoren

Transforming Growth Factor beta (TGFb)

Bone Morphogenetic Proteins (BMPs)

Insulin-like Growth Factor (IGF-1)

Fibroblast Growth Factor (FGF)

Platelet-derived Growth Factor (PDGF)

Vascular Endothelial Growth Factor (VEGF)

Einsatz von Wachstumsfaktoren in der Therapie

Aktivierung/Inhibierung von Osteoblasten bzw. -klasten

Mobilisierung von osteogenetischen Stammzellen

Beschleunigung der Frakturheilung

Osteoinduktion bei Wachstumsstörungen

Therapie osteolytischer bzw. osteoblastischer Tumoren bzw. Metastasen